

Tartalom

ELŐSZÓ	317
FÓKUSZ	
FENNTARTHATÓSÁG, ENERGIA, ELLÁTÁSBIZTONSÁG	
MATOLCSY GYÖRGY: A gazdasági, a társadalmi, a pénzügyi és a környezeti fenntarthatósági szempontok megjelenése a Magyar Nemzeti Bank gyakorlatában	319
NÉMETH MÁRTON: A megújuló energia termelési és tárolási lehetőségei, valamint ezek gazdasági hatásai Magyarországon	338
GIDAY ANDRÁS, FRITSCH LÁSZLÓ: A földgáz Közép- és Délkelet-Európában: egységesülő piac és új kihívások	361
BOGNÁR FERENC, BÖCSKEI ELVIRA: A vállalati karbonsemlegesség elérésének lehetséges támogató modellje	381
PIRICZ NOÉMI, RÉVÉSZ BALÁZS: A működő smart grid tanulságai egy magyar önkormányzati példán keresztül	398
VOKONY ISTVÁN, SINKOVICS BÁLINT, SÓRÉS PÉTER MÁRK, DIVÉNYI DÁNIEL, SZALMÁNÉ CSETE MÁRIA: A gázmotoros áramszolgáltatás üzleti lehetőségei az egészségügyi szektorban	414
MÁLITS PÉTER, EL-MEOUCH NEDIM MÁRTON, DRABAN CZ ÁRON: A pénzügyi szereplők éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdjének és a realizálódó kockázatoknak lehetséges reálgazdasági következményei	431
TANULMÁNYOK	
LENKA HUDÁKOVÁ STAŠOVÁ: A közigazgatásban végzett ellenőrzési tevékenységek értékelése az ellenőrzési típusokra összpontosítva. A V4 országainak közsférájában alkalmazott gyakorlat	448
ELEONÓRA MATOUŠKOVÁ: A szlovák gazdaság és a többi visegrádi négy ország gazdasági ciklusainak összehasonlítása	463
SZERZŐI ÚTMUTATÓ	482

PÉNZÜGYI SZEMLE

Közpénzügyi szakfolyóirat, megjelenik negyedévenként

Alapító, laptulajdonos: Pénzügyminisztérium 1954. májustól,
Állami Számvevőszék 2005. júliustól

A Pénzügyi Szemle célja, hogy hiteles képet adjon a pénzügyi rendszerről, valamint – a legfontosabb pénzügyi összefüggések tükrében – a közszféra és a nemzetgazdaság működésének főbb vonásairól, a felzárkózási, jövőépítési törekvésekről és a kapcsolódó szakmai vitákról. Célunk továbbá, hogy a lapban közölt tudományos eredmények minél inkább hasznosuljanak, vagyis támogatassák a pénzügyi kultúra terjesztését, a pénzügyi-gazdaságpolitikai döntések megalapozottságát, valamint járuljanak hozzá a „jó kormányzáshoz”.

A félévszázados hagyományokra visszatekintő, megújult, bővülő tartalommal, állandó rovatrenddel, korszerű tipográfiával, egy kötetben magyar és angol nyelven megjelenő közpénzügyi szakfolyóirat az Állami Számvevőszék gondozásában, szerkesztésében negyedévente jelenik meg.

A Pénzügyi Szemle szívesen fogad tanulmányokat magyar és/vagy angol nyelven azzal a megjegyzéssel, hogy a szerkesztőbizottság a nemzetközi érdeklődésre számot tartó cikkeket ugyanabban a számban mindkét nyelven közli.

A lap elsősorban olyan cikkeket közöl, amelyek monetáris és fiskális politikákat elemeznek elméleti vagy empirikus szempontból. Hasonlóan várunk hazai vagy nemzetközi adatbázis alapján végzett gyakorlati pénzügyi-számviteli elemzéseket. Teret adunk új pénzügyi innovációk, derivatívák, vállalati és nemzetgazdasági pénzügyi elszámolási technikák bemutatásának, a pénzügyi befektetések, különböző értékpapírok és hitelek hozam- és kockázatszámításainak, valamint az olyan cikkeknek, amelyek makroökonómiai keretek között vizsgálják a pénzügyi szektor (hitelpiac, tőzsde stb.) alakulását, ennek társadalmi vagy gazdaságpszichológiai összefüggéseit. A Pénzügyi Szemle szeretné bővíteni a hazai pénzügyi ismeretek körét a legmodernebb elméletek közlésével. Ezért a pénzügyi matematika területéről is vár önálló cikkeket vagy a nemzetközi frontvonalba tartozó, legújabb alkalmazott technikákat ismertető tanulmányokat. Ezt kívánják elősegíteni a legújabb könyvekről írt recenziók is.

A kéziratokat a szemle@asz.hu címre kérjük küldeni.

További információk a folyóirat elektronikus címén:
www.penzugyiszemle.hu

A SZERKESZTŐBIZOTTSÁG TAGJAI

Jean-Raphaël Alventosa, Barcza György, Báger Gusztáv, Bánfi Tamás,
Bienerth Gusztáv, Bilal Mehmood, Chikán Attila, Csath Magdolna,
Deák-Zsótér Boglárka, Domokos László, Farkas Ádám, Gém Erzsébet, Giday András,
Halmai Péter, Huzdik Katalin, Kocziszky György, Kolozsi Pál Péter, Kovács Árpád,
Kutasi Gábor, Kuti Mónika, Lentner Csaba, Luksander Alexandra, Martus Bettina,
Matolcsy György, Jacek Mazur, Németh Erzsébet, Palócz Éva, Parragh Bianka,
Pál Tibor, Pulay Gyula Zoltán, Rigó Csaba Balázs, Sasvári Péter, Sándorné Kriszt Éva,
Simon József, Szapáry György, Szegedi Krisztina, Tatay Tibor, Varga Mihály,
Vargha Bálint Tamás, Veress József, Veresné Somosi Mariann, Warvasovszky Tihamér,
Windisch László (szerkesztőbizottság elnöke), Zéman Zoltán

A SZERKESZTŐSÉG

Németh Erzsébet (felelős szerkesztő),
Báger Gusztáv, Deák-Zsótér Boglárka, Giday András, Kolozsi Pál Péter,
Lentner Csaba, Pulay Gyula Zoltán, Sasvári Péter, Simon József (rovatvezetők),
Kolozsi Gábor (szerkesztő), Kardos Tamás (szöveggondozó),
Palló Éva (tördelőszerkesztő), Milanov Viktor (szerkesztőségi munkatárs)

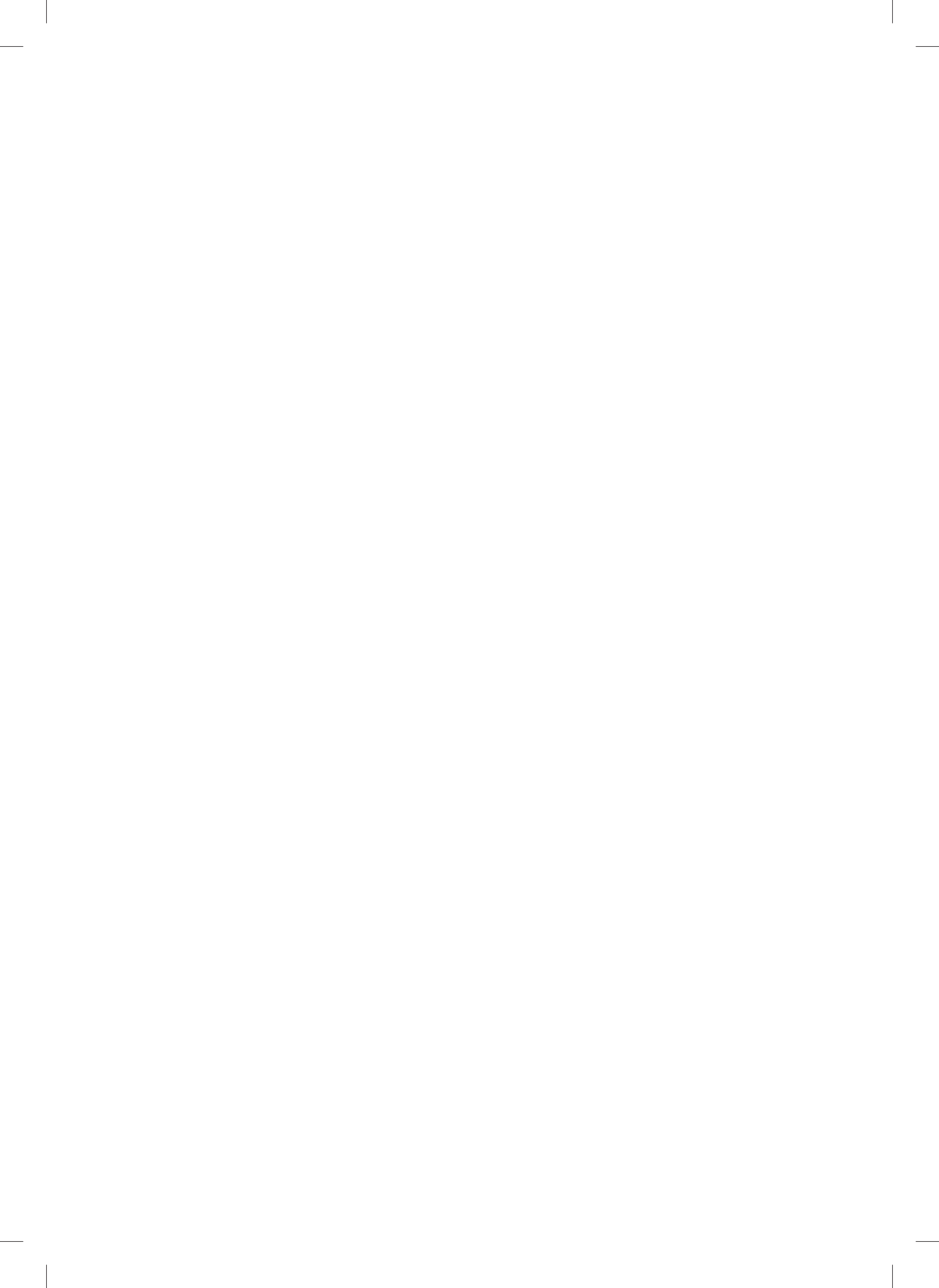
A Pénzügyi Szemle a szerkesztőbizottság tudományos minősítéssel rendelkező tagjai által lektorált cikkeket közöl. Az úgynevezett „kettős vak lektorálás” módszerét alkalmazzuk, vagyis a lektor számára a szerző, a szerző számára a lektor ismeretlen.

A Pénzügyi Szemlében publikált cikkeket az angol nyelvű Elsevier Scopus, Web of Science Emerging Sources Citation Index, EBSCO, ProQuest, CrossRef (DOI) tudományos adatbázisok, Research Papers in Economics (RePEc), EconBiz, Directory of Open Access Journals (DOAJ), SocioNet, Google Scholar, a kínai CNKI, illetve a magyar nyelvű MATARKA szemlézi.

Scimago Journal Rank (SJR): Q4
RePEc Impact Factor: 0,327

© A kiadványról kereskedelmi célú másolat készítése vagy más formában való felhasználása a kiadó engedélye nélkül tilos.

Pénzügyi Szemle – közpénzügyi szakfolyóirat ■ Szerkesztőség e-mail cím: szemle@asz.hu,
<https://www.penzugyiszemle.hu/penzugyi-szemle-folyoirat/>
■ Kiadja az Állami Számvevőszék, 1052 Budapest, Apáczai Cs. J. u. 10., tf: (1) 484 9100
■ Szakfordítás: Szituációs Nyelviskola Kft. ■ Nyomtatja: Állami Számvevőszék
■ HU ISSN 0031-496-X., www.asz.hu



E számunk szerzői

BOGNÁR FERENC

PhD, tudományos munkatárs,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Menedzsment
és Vállalkozásgazdaságtan Tanszék

BÖCSKEI ELVIRA

PhD, habil. egyetemi docens, tanszékvezető,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Pénzügyek Tanszék

DIVÉNYI DÁNIEL

PhD, egyetemi docens,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamos Energetika
Tanszék

DRABANCZ ÁRON

PhD-hallgató, elemző,
Budapest Corvinus Egyetem, Közgazdasági és Gazdaságinformatikai
Doktori Iskola; Magyar Nemzeti Bank

EL-MEOUCH NEDIM MÁRTON

PhD-hallgató, elemző,
Pécsi Tudományegyetem, Földtudományok Doktori Iskola; Magyar Nemzeti
Bank

FRITSCH LÁSZLÓ

vezérigazgató,
MVM CEEnergy Zrt.

GIDAY ANDRÁS

szerkesztőségi tag,
Pénzügyi szemle

LENKA HUDÁKOVÁ STAŠOVÁ

PhD, adjunktus,
Technical University of Košice, Pénzügyi Kar, Gazdaságtudományi Tanszék

MATOLCSY GYÖRGY

elnök,
Magyar Nemzeti Bank

- — **ELEONORA MATOUŠKOVÁ**
PhD, egyetemi adjunktus,
Pozsonyi Közgazdaságtudományi Egyetem, Közgazdaságtudományi Kar
- — **MÁLITS PÉTER**
consulting gyakornok,
EY, Budapesti Corvinus Egyetem
- — **NÉMETH MÁRTON**
PhD, tudományos munkatárs,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki
és Informatikai Kar, Elektronikus Eszközök Tanszék
- — **PIRICZ NOÉMI**
PhD, habilitált egyetemi docens,
Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar
- — **RÉVÉSZ BALÁZS**
PhD, egyetemi docens, intézetvezető,
Szegedi Tudományegyetem, Gazdaságtudományi Kar
- — **SINKOVITS BÁLINT**
tudományos munkatárs,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamos Energetika
Tanszék
- — **SŐRÉS PÉTER MÁRK**
tanársegéd,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamos Energetika
Tanszék
- — **SZALMÁNÉ CSETE MÁRIA**
PhD, egyetemi docens,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Környezetgazdaságtan
és Fenntartható Fejlődés Tanszék
- — **VOKONY ISTVÁN**
PhD, egyetemi docens,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamos Energetika
Tanszék

Tisztelt Olvasó!

A Pénzügyi Szemle szerkesztőbizottságának új elnökeként nagyra értékelem, hogy az Állami Számvevőszék gondozásában magyar és angol nyelven, negyedévente megjelenő, fél évszázados hagyományokra visszatekintő szakfolyóirat magas színvonalat képvisel a hazai és a nemzetközi tudományos világban, hiszen a benne megjelenő publikációk szakmai és tudományos körökben is széles körű érdeklődést váltanak ki, az írások nagy impakttal rendelkeznek, és jelentős idézetséget generálnak. A folyóiratban megjelenő tanulmányokat olyan meghatározó, nagy eléréssel és tekintéllyel bíró nemzetközi adatbázisok szemlézik, mint az angol nyelvű Elsevier Scopus, WoS, RePEc vagy a kínai nyelvű CNKI. A jövőben, mint ahogyan eddig is, az a kiemelt célunk, hogy a folyóirat jelenlegi tudományos minőségét és színvonalát megőrizzük és növeljük.

Frissen megjelent lapszámunk fókuszában a „Fenntarthatóság, energia, ellátásbiztonság” áll. A téma különösen aktuális 2022-ben, hiszen az energiaárak emelkedése és a piacok korábban soha nem látott volatilitása nemcsak a tudományos és pénzügyi világ érdeklődését és egyben aggodalmát váltja ki, de minden magyar és európai ember életének központi, megkerülhetetlen témájává lépett elő. Az új lapszám éppen ezért a fenntarthatóságot, az energetikát és az ellátásbiztonságot érintő aktuális kérdéseket minél több tudományterület szemszögéből vizsgálja meg. A tanulmányok szerzői közt találjuk a Magyar Nemzeti Bank elnökét, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem kutatóit, illetve a hazai energetikai szektor ismert szakértőit. Fontos, hogy a megjelenő tanulmányok ebben a rendkívül gyorsan és dinamikusan változó világban a lehető legaktuálisabb adatokat felhasználva a legújabb eredményeket mutassák be. Ez jellemzi most megjelent lapszámunkat is.

Az új lapszám fókuszrovatának első tanulmányában Matolcsy György rámutat, hogy a 21. század kihívásainak egyik központi eleme a fenntarthatóság, kiemelve, hogy a gazdasági, a társadalmi, a pénzügyi és a környezeti fenntarthatóság alapjaiban határozza meg a gazdasági rendszer működését. A Magyar Nemzeti Bank elnöke emellett ismerteti, milyen környezeti fenntarthatósági szempontok jelentek meg az e téren úttörőnek számító magyar jegybank gyakorlatában. Németh Márton írásában ismerteti a megújuló energia termelési és tárolási lehetőségeit, ezek gazdasági hatásait, illetve megtérülési mutatóit. Giday András és Fritsch László Közép- és Délkelet-Európa földgázfelhasználását, a térségbenli fogyasztás szintjét és szerkezetét vizsgálják, illetve elemzik az elmúlt másfél évtized hálózatfejlesztéseit, így például az LNG-kikötők építését. Bognár Ferenc és Böcskei Elvira a vállalati karbonsemlegesség elérésének lehetséges támogató modelljét mutatja be, míg Piricz Noémi és Révész Balázs a közeljövő modern intelligens áramhálózata, a smart grid működésének tapasztalatait elemzik. Vokony István és szerzőtársai a gázmotoros áramszolgáltatás üzleti lehetőségeit vizsgálják. Fókuszrovatunk utolsó cikkében Málits Péter és szerzőtársai rávilágítanak arra,

milyen reálgazdasági következményei lehetnek a pénzügyi szereplők éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdjének és a realizálódó kockázatoknak.

Tanulmányrovatunkban két írást mutatunk be. Eleonóra Matoušková összehasonlítja Szlovákia és a Visegrádi csoport többi országának gazdasági ciklusait a 2003 és 2021 közötti időszakban, Lenka Hudáková Stašová pedig a V4-országok számvevőszékei által a közigazgatásban 2005 és 2020 között végzett ellenőrzések eredményességét értékeli több szempontból.

Bízom benne, hogy a lapszámunkban közölt szakmai és tudományos eredmények minél inkább hasznosulnak, valamint támogatják a gazdaságpolitikai döntések megalapozottságát.

Windisch László,
a Pénzügyi Szemle
szerkesztőbizottságának elnöke

A gazdasági, a társadalmi, a pénzügyi és a környezeti fenntarthatósági szempontok megjelenése a Magyar Nemzeti Bank gyakorlatában

Matolcsy György

Magyar Nemzeti Bank

matolcsygy@mnb.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

A 21. század kihívásainak egyik központi eleme a fenntarthatóság. A gazdasági, a társadalmi, a pénzügyi és a környezeti fenntarthatóság is alapjaiban határozza meg a gazdasági rendszer működését, amiből adódóan az új jövőképek által irányított felzárkózásokat már csak a fenntarthatósági gondolat köré lehet szervezni. A fenntarthatóság terén zajló gondolati forradalom a jegybankokat is elérte, a Magyar Nemzeti Bank pedig az egyik első olyan jegybank volt, amely érdemi lépéseket tett a környezeti fenntarthatósági szempontok integrálására a bankrendszer szabályozási keretei, a tartalékkézelés, a monetáris politika, a fedezetkezelés, valamint az adatközzététel tekintetében is. Az MNB stratégiai dokumentumaiban rögzítette, hogy küldetésének tekinti az aktív részvételt az alacsony karbonkibocsátású gazdaságba való átmenetben.

KULCSSZAVAK: fenntarthatóság, felzárkózás, jegybank, monetáris politika

JEL-KÓDOK: Q01, E50, E58

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_1

A fenntarthatóság napjaink egyik megkerülhetetlen fogalma, amely az élet gyakorlatilag minden területét érinti, így a közgazdasági gondolkodásban és a gazdasági döntéshozatalban is érvényesülnie szükséges. A bizonytalanság korába léptünk, így másképp kell viszonyulnunk egymáshoz és a minket körülvevő világhoz is. A jövőnk tudás-, érték- és kultúra-alapú lesz, az új jövőképek által irányított felzárkózásokat pedig már csak a fenntarthatósági gondolat köré lehet szervezni (Matolcsy, 2022).

A 21. század aktuális kihívásait és megatrendjeit – mint például a globális felmelegedés, a környezeti erőforrások kimerítése, a digitalizáció, a geopolitikai feszültségek, a gazdasági növekedés lassulása – nem lehet a 20. század gondolataival és eszközeivel kezelni, új alapok és megközelítések szükségesek. Egy ország gazdasági-társadalmi berendezkedését akkor tartjuk fenntarthatónak, ha környezeti, társadalmi, pénzügyi és reálgazdasági erőforrásai is fenntarthatóan hasznosulnak a hosszú távú jólét elérése és fenntartása érdekében. Az ENSZ Környezetvédelmi és Fejlesztési Világbizottság 1987. évi jelentésének megállapítása szerint a jövőbeli generációk szükségletei kielégítésének ellehetetlenítése nélkül kell a jelen erőforrásait felhasználni, ezáltal biztosítva egy ország állampolgárainak hosszú távú jólétét (Brundtland, 1987).

A jelen tanulmányban a fenti alapvetések elfogadásával mutatom be a fenntarthatóság négy aspektusa – azaz a gazdasági, a társadalmi, a pénzügyi, valamint a környezeti fenntarthatóságot –, kiemelve mindezek hatását a gazdasági növekedésre és a gazdasági rendszer egészének működésére. Ezt követően ismertetem a környezeti fenntarthatósági szempontok megjelenését a Magyar Nemzeti Bank (MNB) gyakorlatában, ideértve a felügyeleti, a tartalékezelési, a monetáris politikai, a fedezetkezelési, valamint az adattételi intézkedéseket is. A tanulmányt összegző gondolatok zárják.

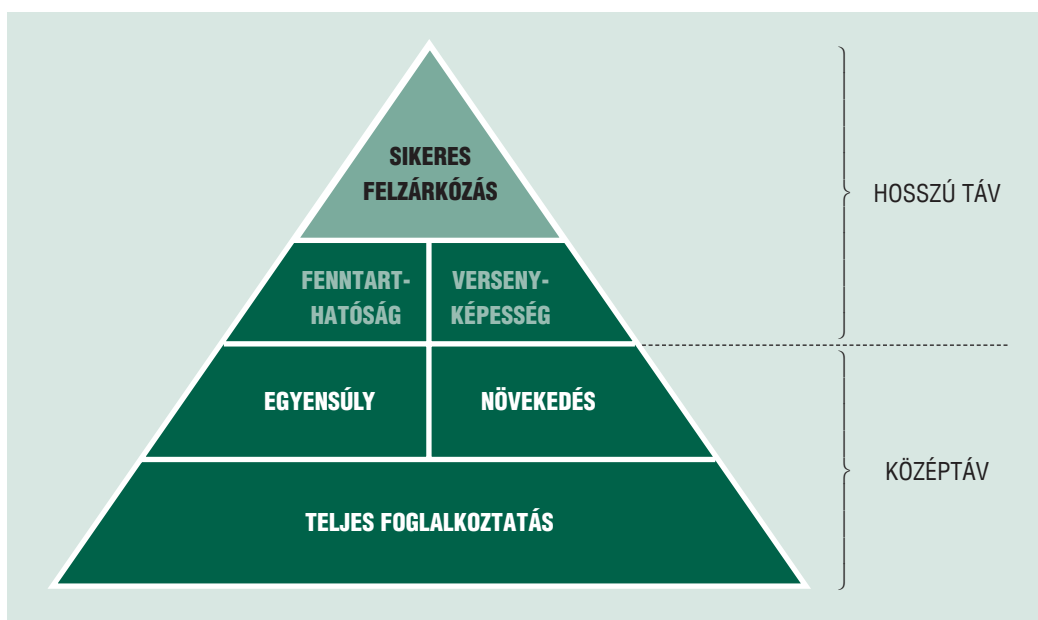
A FENNTARTHATÓSÁG ASPEKTUSAI ÉS JELENTŐSÉGÜK A GAZDASÁG MŰKÖDÉSÉBEN

Hazánk fenntartható felzárkózása érdekében az *egyensúly és növekedés* középtávú receptjét át kell mentenünk a *fenntarthatóság és versenyképesség* azonos elveken nyugvó hosszú távú receptjébe (1. ábra). Ehhez – az eddig elért eredmények megőrzése mellett – nélkülözhetetlen a korábbi mennyiségi (extenzív), de minőségi jegyekkel is rendelkező növekedési modelltől egy alapvetően minőségi (intenzív) modellre történő átállás. Magyarország fenntartható felzárkózását kívánja elősegíteni a Magyar Nemzeti Bank *Fenntartható egyensúly és felzárkózás* c. kiadványa is, mely 144 javaslatot tartalmaz 12 kulcsfontosságú területen (MNB, 2022a).

2010 és 2019 között a magyar GDP-növekedés háromnegyede a létszámnövekedésből és a beruházásokból származott (41 és 31%), miközben a technológia és hatékonyság javulásának hatása csak 28 százalék volt. A növekedés mennyiségi feltételei azonban korlátokba ütköznek, ugyanis a foglalkoztatás tovább már alig növelhető, és a beruházási ráta is az EU élmezőnyében van. Ezért a következő években a munkaerő és a tőke hatékonyságát kell növelni, azaz a termelékenységet és a technológiai fejlettséget. A termelékenység növelése kulcsfontosságú a magasabb fejlettségi szint elérésében (Eichengreen et al., 2011), amit többek között a minőségi oktatási rendszer, az innováció támogatása, a fejlett infrastruktúra és a megfelelő intézményi környezet is elősegít (Agénor – Canuto, 2012; Agénor, 2017).

Ahhoz, hogy felzárkózásunk folytatódjon, és gazdasági fejlettségünk 2030-ra elérje az Európai Unió átlagát, évente átlagosan mintegy 3,5 százalékos növekedési többletre van szükség az EU-hoz képest. Az EU átlagához viszonyított gazdasági fejlettségünknek a 2021. évi 75,9 százalékról évente 2,7 százalékponttal kell növekednie (MNB, 2022a). Ennek érdekében

HAZÁNK FENNTARTHATÓ FELZÁRKÓZÁSÁHOZ SZÜKSÉGES TÉNYEZŐK



Forrás: Báger (2021)

a fenntarthatóság és a versenyképesség erősítése nélkülözhetetlen a gazdasági, a társadalmi, a pénzügyi és a környezeti dimenziók terén is. Az MNB a 2022 tavaszán megjelent *Új fenntartható közgazdaságtan* c. vitairatban részletesen elemzi a fenntarthatóság dimenzióit, valamint felhívja a figyelmet a közgazdasági gondolkodás alapvető átalakítására, amelyre szükség van a fenntarthatósági fordulat érdekében (MNB, 2022b).

Gazdasági fenntarthatóság

A gazdasági értelemben vett fenntarthatóság egyik kulcstényezője a hatékonyság, a termelékenység, vagyis hogy egységnyi erőforrás felhasználásával mennyi érték állítható elő. A technológiai haladás és ezen keresztül a termelékenység bővülése fontos szerepet játszik a fenntartható növekedésben. A fejlett gazda-

ságokban ugyanakkor megfigyelhető, hogy a gazdasági növekedés lassulása mögött elsősorban a termelékenység növekedésének lassulása áll (Bergeaud et al., 2016). Előretekintve kérdés, hogy a lassuló termelékenységbővülés és gazdasági növekedés lesz-e meghatározó, vagy a technológiai hullámok új fejezetet nyithatnak a világgazdaság számára. A két forgatókönyv egyszerre is megvalósulhat: a „hagyományos” gazdaság vállalatai csökkenő hozadékkal szembesülnek, míg az innovációkat adaptáló cégek a technológia és a tudás folyamatos becsatornázásával képesek kiaknázni a növekvő hozadékban rejlő lehetőségeket (MNB, 2022b).

A fenntartható növekedés biztosítása érdekében nélkülözhetetlen a hazai vállalatok termelékenységének növelése és ezzel együtt a nagyvállalatok és a kkv-k közötti termelékenységi rés csökkentése. A vállalati dualitás jelentősen oldódott az elmúlt években, a magyar

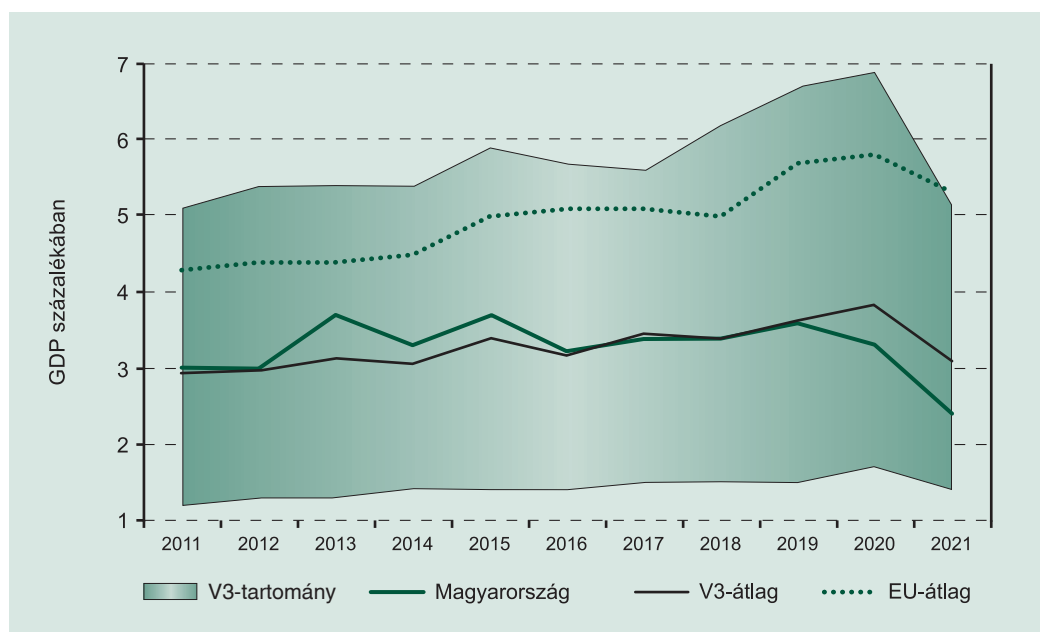
kkv-k relatív termelékenységé közeledett a bel-földi nagyvállalatokéhoz, termelékenységük azonban továbbra is a nagyvállalatok termelékenységének 60 százaléka alatt van. Emellett a kkv-k közül továbbra is csak kevés exportál (6%), valamint a szektor innovációs teljesítménye is elmarad az uniós átlagtól. Kedvező, hogy a hazai vállalati beruházási ráta az elmúlt években meghaladta az EU átlagát, az okosberuházások tekintetében azonban van tér a bővülésre (MNB, 2021a).

A fenntartható felzárkózás fontos alappillére a tartósan és fenntarthatóan magas beruházási ráta (Palotai–Virág, 2016). Történelmi tapasztalatok alapján azok az országok tudtak magasabb fejlettségi szintet elérni, ahol folyamatosan magasán alakult a beruházási ráta (legalább 25%), ugyanakkor nemcsak

a beruházások mennyisége, hanem azok szerkezete is meghatározó. A magyar beruházási ráta 2021-ben történelmi csúcsra, 27 százalékra emelkedett, és a második legmagasabb volt az Európai Unió tagállamai között, azonban az okosberuházások (az IKT-szektorba és immateriális javakba való beruházás) arányát tekintve hazánk az uniós rangsor végén található, az elmúlt években 3 százalék körüli értékkel (2. ábra). Az okosberuházások energia- és környezetkímélő módon növelik a GDP-t és a termelékenységet egyaránt, így jelentőségük növelése kiemelten fontos a fenntarthatóság érdekében. Szabó–Várnai (2021) szerint jellemzően azokban az országokban ment végbe gyors fejlődés, amelyekben a tőkeállomány emelkedésében nagyobb szerepet játszott az IKT-tőke növekedése.

2. ábra

OKOSBERUHÁZÁSOK A GDP ARÁNYÁBAN



Megjegyzés: Az okosberuházások az IKT-szektorba, valamint az intellektuális javakba való beruházásokat jelentik. Lengyelország esetében az IKT-beruházások arányára vonatkozó adat nem elérhető.

Forrás: Eurostat

A termelékenység bővüléséhez hozzájárulhat a K+F+I tevékenységek erősítése is, ami elősegítheti a fejlett, tudás- és innovációvezérelt növekedési modellre való átállást. Magyarország innovációs teljesítménye jelenleg elmarad az EU-átlagtól, így van tér az előrelépésre. Ehhez a K+F+I kiadások és a létszám további növelése mellett elengedhetetlen a digitalizáció és az automatizálás széles körű elterjedése. Hazánkban rendelkezésre áll a megfelelő digitális infrastruktúra, azonban kihasználásában még jelentős tartalékok rejlenek az állam, a vállalatok és a lakosság esetében egyaránt (MNB, 2021a). A digitális átállás érdekében különösen fontos az állam és a bankrendszer digitalizációja. Mind az állam, mind a pénzügyi szektor esetében jelentős előrelépések történtek az elmúlt években, azonban további fejlesztések szükségesek.

A fenntartható felzárkózást a vállalati szektor oldaláról támogathatja az exportaktivitás és a tőkekifektetések növelése. Az exportáló vállalatok arányának növelése mellett a versenyképesség és a fenntartható felzárkózás szempontjából az egyik legfőbb strukturális tényező az export hazai hozzáadott értékének növelése, aminek legfontosabb módja a tudásintenzív szolgáltatások használatának bővítése, valamint a tudásintenzív munkakörök teremtésének ösztönzése. Az export hazai hozzáadott értéke alapján hazánk a 4. legalacsonyabb az uniós rangsorban, így van tér a bővülésre. A tőkekifektetések erősítése nemcsak hazánk versenyképességét javítaná, hanem a külső egyensúlyt is, ami egyúttal a pénzügyi szuverenitás megőrzésének egyik pillére.

Társadalmi fenntarthatóság

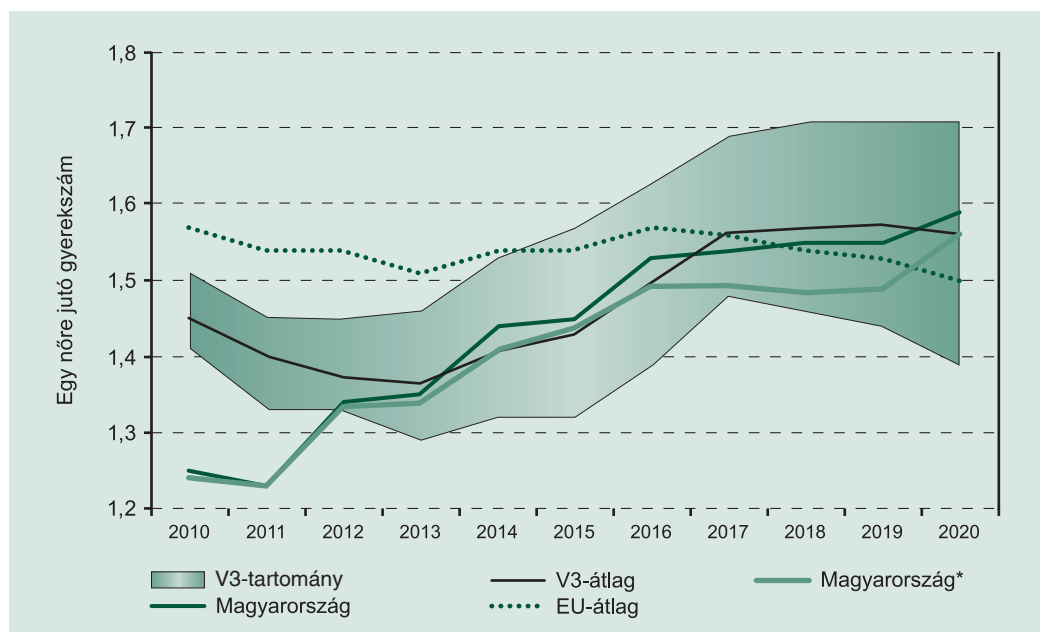
A fenntarthatóságnak a társadalmi folyamatok és mutatók körében is érvényesülnie kell. A kedvezőtlen demográfiai folyama-

tok, a nagy egyenlőtlenségek, a geopolitikai konfliktusok, a járványok vagy az új technológiákhoz való folyamatos alkalmazkodás globális szinten is kihívások elé állítják a társadalmakat.

Hazánkban – ahogy az uniós gazdaságok mindegyikében – az egyik legjelentősebb gazdasági-társadalmi kihívást a csökkenő és idősödő népesség jelenti. Előrejelzések szerint a demográfiai korlátok már a közeljövőben egyre effektívebbé válnak: a munkaképes korúak létszáma 2010 óta közel 540 ezerrel csökkent, és 2030-ig további 360 ezer fővel csökkenhet (MNB, 2022a). A sikeres gazdasági felzárkózás nehezen valósítható meg csökkenő és idősödő népesség mellett, az ugyanis a munkaerőpiaci folyamatokon keresztül a növekedés, valamint az ellátórendszerek fenntarthatóságát is nehezíti. A hazai demográfiai folyamatok javultak az elmúlt évtizedben, a termékenységi ráta pedig nálunk emelkedett a legnagyobb mértékben az Unióban. Fontos kiemelni azonban azt is, hogy az jelenleg így is csak 1,6 körül alakul, ami továbbra is alacsonyabb a változatlan népességszám biztosításához szükséges 2,1-es értéknél (3. ábra). A termékenységi ráta emelkedése a kedvezőtlen demográfiai trend megfordításának előfeltétele, és alapvető meghatározója a munkaerőpiacon aktív humán tőke mennyiségének.

Magyarországon az elmúlt években megvalósult a teljes foglalkoztatás, azonban a növekedés ezen extenzív forrása korlátozottá válik. A fenntartható felzárkózás érdekében a növekedés korábbi extenzív, magas foglalkoztatásra épülő eredményét meg kell őrizni, azonban az intenzív oldali növekedést, vagyis a munkatermelékenységet erősíteni szükséges. A magyar munkatermelékenység az egyik legalacsonyabb az Európai Unióban, ennek növelése pedig támogatná a tudás- és innovációvezérelt gazdasági modellre történő átállást. A munkatermelékenységet alapjaiban határozza meg a lakosság egészségi állapota és képzettsége, így e terüle-

A TELJES TERMÉKENYSÉGI RÁTA



Megjegyzés: * KSH-adat.

Forrás: Eurostat, KSH

tek fejlesztése nélkülözhetetlen a fenntartható növekedés érdekében. Az egészségi állapot egyik kulcsmutatója, az egészségesen várható évek száma az elmúlt évek növekedése ellenére továbbra is mindkét nem (nők: 63,5; férfiak: 61,6) esetében elmarad az EU átlagától (nők: 64,5; férfiak: 63,5). Az oktatási rendszer eredményességét tekintve a nemzetközi tesztek azt mutatják, hogy a magyar diákok az elvárt módon megtanulják a tananyagot, ugyanakkor a tanultakat kevésbé tudják megfelelő mértékben alkalmazni a munka világában. A tudásvezérelt növekedés szempontjából kulcsfontosságú tényezők közül az élethosszig tartó tanulásban való részvétel (6 százalék) és a felsőfokú végzettséggel rendelkezők aránya (33 százalék) hazánkban az alacsonyabbak közé tartozik az Unióban.

A fenntarthatóság fontos tényezője a jövedelmi és vagyoni egyenlőtlenségek mértéke.

A növekedés fenntarthatóságának egyik kulcsa ugyanis, hogy a gazdasági növekedés előnyeiből a társadalom széles csoportjai részesüljenek. Az egyenlőtlenség a piacgazdaság természetes velejárójának tekinthető, de túlzott mértéke rombolhatja a társadalmi kohéziót és mobilitást, a termelékenységet, valamint negatívan hathat a technológiai fejlődésre, így veszélyeztetheti a gazdasági növekedés fenntarthatóságát és inkluzív jellegét. Ezzel szemben a viszonylag mérsékelt egyenlőtlenségek kevésbé szülnék társadalmi ellentéteket, segítik a társadalmi mobilitás és a munkatermelékenység növelését, amelyek alapvető pillérei a hosszú távú gazdasági és társadalmi fejlődésnek (MNB, 2021a). A jövedelmi és vagyoni különbségek terén Magyarország hagyományosan az alacsonyabb egyenlőtlenségű országok közé tartozik globális és európai uniós összehasonlításban is.

Pénzügyi fenntarthatóság

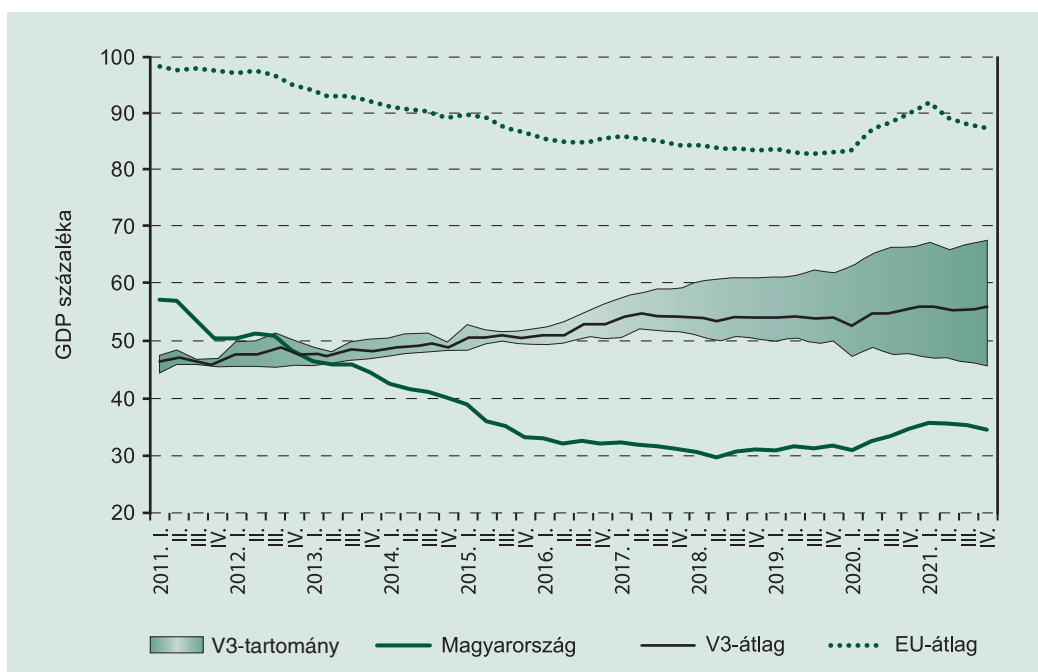
A pénzügyi fenntarthatóság nélkül nem valósulhat meg hazánk sikeres felzárkózása. Az állam, a vállalatok és a lakosság esetében is fontos a pénzügyi egyensúlyok megteremtése és megőrzése. Hazánk pénzügyi fenntarthatóságának egyik alappillére a bankrendszer, mely a pénzügyi források és eszközök közvetítőjeként kulcsfontosságú a kiegyensúlyozott növekedés szempontjából. A versenyképes és hatékony bankrendszer mellett a tőkepiac, a FinTech finanszírozás és az intézményi befektetők szerepe is kulcsfontosságú a fenntartható gazdasági ciklusokon átívelő stabil finanszírozásban és növekedésben.

A jólét hosszú távú fenntartásához pénzügyi stabilitásra, könnyen hozzáférhető és di-

verzifikált forrásokra, továbbá a technológiával lépést tartó pénzügyi megoldásokra van szükség. Az elmúlt években erősödött a hazai pénzügyi rendszer stabilitása, és megkezdődött digitalizációja, azonban több növekedési tartalék azonosítható a szektorban. Kedvező, hogy az elmúlt évek dinamikus és egészséges szerkezetű hitelbővülése megtörte a GDP-arányos hitelállomány csökkenését, azonban a mutató a jelenlegi 35 százalékos körüli értékével továbbra is jelentősen elmarad mind a régió, mind pedig az európai országok átlagától, ami érdemi tartalékot jelent a hitelezés további prudens bővülése szempontjából (4. ábra). A finanszírozás fenntarthatóságát több intézkedés is támogatta az elmúlt években: a vállalati hitelezéshez hozzájárultak a jegybanki programok (alacsony kamatkörnyezet, NHP-

4. ábra

A MAGÁNSZEKTOR HITELÁLLOMÁNYA A GDP ARÁNYÁBAN



Forrás: EKB

konstrukciók), míg a háztartási hitelezés esetében kedvező fordulatot jelentett a családtámogatási programok (pl. CSOK, babavárási hitel) bevezetése és a fogyasztóbarát termékek térnyerése. A bankrendszer esetében kihívást jelent, hogy a költségei és felárai nemzetközi összehasonlításban az elmúlt évek kedvező elmozdulása mellett is magasabbak az átlagnál, amiben szerepe lehet a szektor alacsony fokú digitális fejlettségének. Az elmúlt időszakban történtek előrelépések a digitalizáció terén, amihez a koronavírus-válság is hozzájárult, viszont további erőfeszítések szükségesek az innovatív megoldások és a FinTech ökoszisztéma erősítése terén (MNB, 2021a). A fenntartható finanszírozás biztosításához szükség van a tőkepiacok további fejlesztésére és a zöld pénzügyek jelentőségének növelésére is.

A makropénzügyi egyensúlyok alapvetőek a fenntartható növekedés szempontjából. A pénzügyi szektorban látott kedvező folyamatok mellett az elmúlt években hazánk makropénzügyi sérülékenysége is nagymértékben csökkent a belföldi finanszírozási bázis 2010 utáni tudatos erősítése következtében. Az államadósság 2019-ig történő csökkenése mellett kedvező fordulat volt, hogy az adósságon belül jelentősen csökkent a külföldi tulajdon aránya és a devizaarány is, amihez hozzájárult a lakosság állampapír-állományának jelentős bővülése. A koronavírus-járvány következtében nemzetközi szinten is megugró költségvetési hiány és államadósság, valamint az orosz-ukrán háború árnyékában bizonytalanabbá váló külső környezet mellett különösen fontos a háztartások magas megtakarítása, valamint az államadósság finanszírozása belső forrásokból.

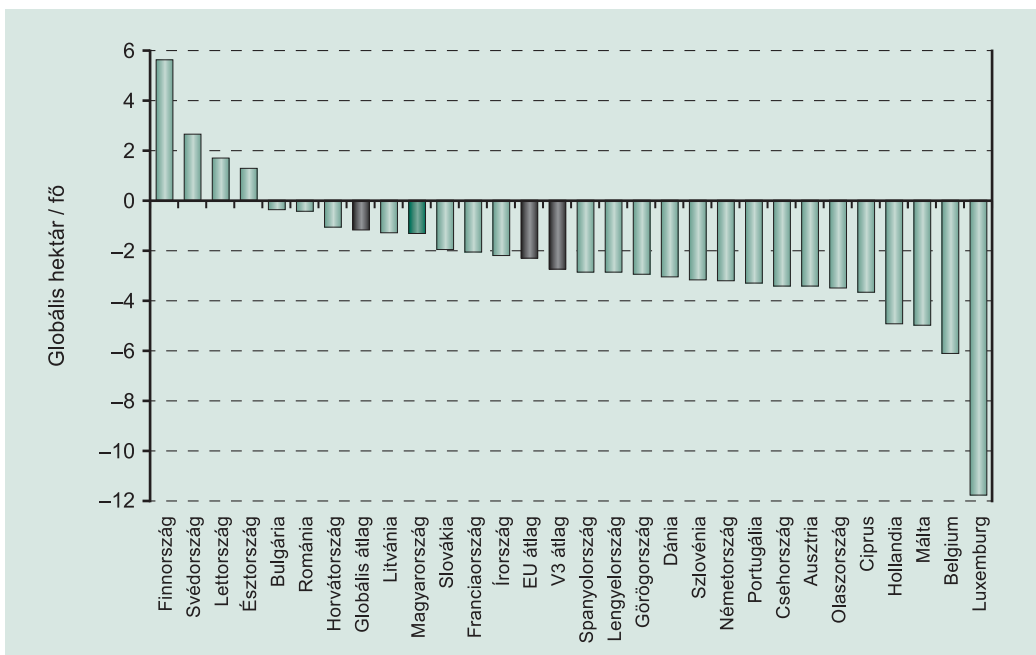
Környezeti fenntarthatóság

Zöld és körforgásos gazdasági átállás nélkül sem képzelhető el fenntartható felzárkózás. A társadalmi és gazdasági fejlődést szem előtt

tartva csak az lehet versenyképes, ami hosszú távon fenntartható – és fordítva. Ezért kiemelten fontos, hogy a rendelkezésre álló természeti erőforrásainkat – mint a víz, a levegő és a földterületek – ne kizsákmányoljuk, hanem hatékonyan, takarékosan gazdálkodjunk velük (MNB, 2021a). Ahogy számos történelmi példa is rámutatott, a környezeti erőforrások túlhasználása társadalmi katasztrófához vezethet, mint például a Római Birodalom vagy a Húsvét-sziget esetében. A Római Birodalomban az urbanizáció, az újabb mezőgazdasági területek kialakítása és a háborúk az erdők kipusztulásához vezettek, melyeket a szünyogok és így a malária melegágyává vált mocsarak váltottak fel (Sallares, 2007). A Húsvét-sziget esetében szintén a mezőgazdaság térnyerése és a hajóépítés vezetett az erdőirtásokhoz, majd az élelmiszer és az ivóvíz szűkössége miatt súlyos összecsapások alakultak ki a szigetlakók csoportjai között, végül az őslakosok társadalmá is összedőlt (Bahn – Flenley, 2016).

Az ökológiai fenntarthatóság egyik legfőbb mutatója, az ökológiai egyenleg alapján hazánk – az uniós országok többségéhez és a globális átlaghoz hasonlóan – deficittel rendelkezik, vagyis környezeti lábnyomunk meghaladja a rendelkezésre álló biokapacitásunkat (5. ábra). Az elmúlt évek kedvező fejleménye azonban, hogy a gazdaság energiaintenzitása és az egységnyi megtermelt termékre jutó széndioxid-kibocsátás is csökkent. Az egy főre jutó széndioxid-kibocsátás az elmúlt években összességében emelkedett, de jóval alacsonyabb, mint a 90-es években. Az egy főre és az egy termékre jutó kibocsátásunk az uniós átlag alatti értéket mutat, azonban energiaintenzitásunk, vagyis a kibocsátásra jutó energiateljesítményünk továbbra is érdemben magasabb az EU átlagánál, így még van tér a hatékonyság növelésére. A körforgásos gazdálkodásban pozitívum, hogy a hulladék újrahasznosítása vagy újrafeldolgozása terén hazánk az elmúlt két év-tizedben jelentős előrelépést ért el (30 száza-

AZ ÖKOLÓGIAI EGYENLEG (2018)



Forrás: Global Footprint Network

lék feletti arány), azonban további erőfeszítések szükségesek e téren.

A gazdaság energiamixe is jelentősen befolyásolja a fenntartható fejlődést, különösen igaz ez a jelenlegi háborús időkben, ami felértékelte az energiabiztonság fontosságát. A zöld, biztonságos és versenyképes energiamix kialakítását támogatják a környezetbarát és beföldön előállított energiaforrások, melyek nemcsak a zöld átállást segítik, hanem a nettó energiaimport arányának mérséklésével csökkenthetik az ország energiafüggőségét, és javítják a folyó fizetési mérlegét. Az elmúlt évtizedben átlagosan 60 százalék körül alakult hazánk energiaimportja, ami hasonló az uniós átlaghoz, de meghaladja a régiós átlagot. A megújuló energiaforrások használata a teljes energiahasználat arányában évekig stagnált Magyarországon, de a napenergia-kapacitás bővítése következtében 2020-ban 14 százalé-

ra nőtt, ami azonban alacsonyabb az EU és a visegrádi országok átlagánál. A napelemek tervezett kiépítése jó ütemben halad, ugyanakkor számottevő tartalékokat jelent a további környezetkímélő alternatív energiatípusok elterjedése. A megújulók mellett a másik környezetbarát és nagyfokú energiafüggetlenséget biztosító energiaforrást a nukleáris energia jelenti.

**KÖRNYEZETI FENNTARTHATÓSÁG
A MAGYAR NEMZETI BANK
GYAKORLATÁBAN**

A globális klímacélok elfogadását követően hamar egyértelművé vált, hogy azok eléréséhez elengedhetetlen a pénzügyi közvetítőrendszer aktív szerepvállalása. A pénzpiacoknak először is biztosítaniuk kell a finanszírozási csatornákat a tőkeallokációs mechanizmusokhoz, vala-

mint ezzel párhuzamosan a pénzügyi piac szereplőinek fel kell mérniük a klímaváltozáshoz kapcsolódó kockázatokat, és integrálniuk kell a környezeti értékek védelmének szempontjait mindennapi működésükbe (Carney, 2021). A jegybankoknak mint a pénzügyi rendszer és a gazdaságpolitika központi szereplőinek kiemelkedő a felelőssége. Ezt felismerve a Magyar Nemzeti Bank nemzetközi szinten is az elsők között kezdett el foglalkozni a környezeti fenntarthatóság kérdésével, amit célzott intézkedések formájában határozott tettek követték az elmúlt három évben.

A Zöld Program és a tartalékezelési szemléletváltás

A fenntarthatósági szempontok első ízben az MNB felügyeleti jogosítványaira támaszkodva kerültek beépítésre a jegybanki működésbe. A 2019-ben életre hívott Zöld Program középpontjában a pénzügyi rendszer stabilitását erősítő, valamint a zöld célokat támogatni képes kedvező finanszírozási környezet megteremtése áll. Kiemelten ilyennek tekinthető a világviszonylatban is úttörőnek számító zöld tőkekövetelmény-kedvezmény program. A tőkekövetelményekre vonatkozó szabályozások a banki hitelek tőke költségét befolyásolják, így az ebben nyújtott kedvezmény – kiemelten az MNB által bevezetett zöld fókuszú preferenciális megítélés – elősegítheti a zöld hitelcélok érvényesítését a banki profitabilitás csökkenése nélkül (Deák, 2021). A 2020. január 1-jén elindított eszköz keretében a bankok az általuk folyósított, energiahatékonysági feltételeknek megfelelő lakáscélú hitelek után tudnak kedvezményt igényelni. A kedvezményszámításba bevonható zöld eszközök köre később vállalati és önkormányzati kiterjesztéssel is bővült, ezzel a program széles körben tudja ösztönözni a hitelintézetek zöld kockázattudatosságát, valamint hozzájárul

az Európa-szerte középpontba kerülő zöld és barna eszközök közötti kockázati különbségek feltérképezéséhez.

A klímaváltozás fizikai és átállási kockázatokat jelent a pénzügyi rendszer szereplőinek számára, ezek pontos felmérése pedig elengedhetetlen a pénzügyi stabilitás megőrzésére vonatkozó mandátumuk biztosításához (Alogoskoufis et al., 2021a). Ezt szem előtt tartva a Zöld Program szerves elemeként jelent meg a klímakockázatok lehetséges rövid és hosszú távú hatásainak feltérképezése. A 2021 végén elkészített hosszú távú, 2050-ig kitekinthető klímastressz-teszt három scenárió mentén vizsgálta a kockázatok megvalósulásának hatását a nemteljesítő hitelállományra. Ennek eredményei világosan rámutatnak arra, hogy a zöld gazdasági átállás hiánya vagy elhúzódása egyes ágazatok esetében a hiteltörlesztési képesség nagymértékű romlását okozza, ami érdemi kockázatot jelent a hazai bankrendszer számára (Bokor, 2022).

A sikeres zöld forradalomhoz a hazai pénzügyi piacoknak minél nagyobb mértékben kell hozzájárulniuk az ökológiai kockázatok érzékeléséhez, felméréséhez, megelőzéséhez és kezeléséhez, valamint Magyarország klímapolitikai céljainak teljesítéséhez, miközben elengedhetetlen az is, hogy mindez a prudenciális elvárások maximális teljesítése mellett valósuljon meg. Az MNB által első ízben 2021-ben kiadott „zöld ajánlások” célja, hogy elvárásokat fogalmazzon meg a hazai hitelintézetek számára a környezeti kockázatok kezelésének és a fenntarthatósági tényezők integrálásának intézményi kereteiről (MNB, 2021b). A dokumentum átfogó javaslatokat nyújt a stratégiaalkotás, a vállalatirányítás, a kockázatkezelés és a nyilvánosságra hozatal területén, amelyek segítik megerősíteni a hitelintézetek ellenálló képességét a környezeti kockázatokkal szemben. Az ajánlásokat a banki szereplőkkel folytatott konzultációk, a jegybank által végzett felmérések, valamint az uniós szabályok változásai

alapján az MNB 2022 augusztusában megújította. Ennek keretében számos részterületen a korábbiaknál konkrétabb elvárásokat fogalmaztak meg a szükséges intézkedéseket, illetve a végrehajtásukat illetően.

A konkrét, alapvetően a pénzügyi intézményrendszerre szabott intézkedéseken túl kulcsfontosságú, hogy mindenki számára érthetővé váljon a környezeti fenntarthatóságnak a pénzügyi piacokon betöltött szerepe. Az MNB 2021-ben készítette el először Zöld Pénzügyi Jelentését, amely átfogó képet nyújt többek között a magyar gazdasági és pénzügyi rendszert érintő legfontosabb környezeti kockázatokról, a hazai zöld pénzügyi piacok fejlődéséről, valamint a releváns jegybanki intézkedésekről. Az éves gyakorisággal megjelenő kiadvány elsősorú kiindulópontja lehet a téma iránt érdeklődő piaci szereplőknek, nemzetközi szervezeteknek, valamint honfitársainknak; a transzparens tájékoztatás pedig a zöld tudatosság erősítésén keresztül közvetetten is előmozdíthatja környezeti értékeink védelmét. Előremutató eredményeket tudunk felmutatni a devizatartalék-kezelés terén is. A Monetáris Tanács döntése alapján 2019-ben kezdődött meg egy olyan dedikált kötvényportfólió kiépítése, amely csak zöld minősítéssel rendelkező értékpapírokat tartalmaz, tehát azok kibocsátása pozitív környezeti hatással jár együtt. A portfólióban euróban denominált kötvények találhatóak, amelyek földrajzi kiterjedése jól diverzifikált, míg a befektetések gerincét döntő hányadban szupranacionális intézmények és az Európai Unió országainak kibocsátói adják. Ezzel a kezdeményezéssel az MNB világszinten az első jegybankok között tudta érvényesíteni a zöld célok iránti elkötelezettségét a tartalékkezelésben (Scope, 2021).

A zöld kötvényportfólió kiépítése mellett a befektetésekkel generált pozitív környezeti hatások nyomon követésére is prioritásként tekint az MNB. Első alkalommal 2021-ben mértük meg és publikáltuk a portfólió kör-

nyezeti hatását, ennek legfontosabb megállapítása, hogy az újszerű jegybanki gyakorlat mintegy évi 55 ezer tonna szén-dioxid-kibocsátás elkerüléséhez járult hozzá (Elek et al., 2021). A következő évben megismétlődött felmérés szerint – elsősorban az egyes kibocsátók hatáselemzésének pozitív irányú változásából, illetve a portfólión belüli kötvények közötti átrendeződésből adódóan – a megspórolt szén-dioxid-kibocsátás 94 ezer tonnára emelkedett (Paulik – Tapaszi, 2022). Az elért eredmény nagyságrendjét mutatja, hogy ez az emisszió hozzávetőleg egy 19 ezer fős magyar település karbonlábnyomának vagy mintegy 35 ezer személyautó átlagos éves kibocsátásának felel meg. A rendszeres hatásvizsgálattal egyúttal az az MNB célkitűzése, hogy iránymutatásként szolgáljon a piaci szereplők számára, ami tovább erősítheti a legjobb gyakorlatok kialakulását és megszilárdítását.

Zöld célok megjelenése a jegybanktörvényben és a monetáris politikában

A globális felmelegedés nyomán egyre gyakoribbá váló szélsőséges környezeti jelenségek nemcsak a társadalmi és gazdasági életet érintik hátrányosan, de a pénzügyi stabilitás mellett hatással vannak az árstabilitásra és a fenntartható felzárkózásra is (Lagarde, 2021). A 21. század második évtizedére a jegybankok szerepe és felelőssége gyökeresen átalakult, a gazdaságpolitika egyik legfontosabb szereplőjeként pedig nem tehetik meg, hogy ne foglalkozzanak a karbonsemleges gazdasági modellre való átállás monetáris politikai aspektusaival. *Dikau és Volz* (2021) jegybanki mandátumokra fókuszáló gyűjtése alapján a vizsgált 135 jegybank, illetve monetáris közösség közül csupán 12 százalékuk esetében jelenik meg expliciten a környezeti fenntarthatóság célja, további 40 százalék esetében azonban – az általános gaz-

daságpolitika támogatására vonatkozó mandátumra támaszkodva – közvetetten is megvalósíthatók lennének ezek a célkitűzések.

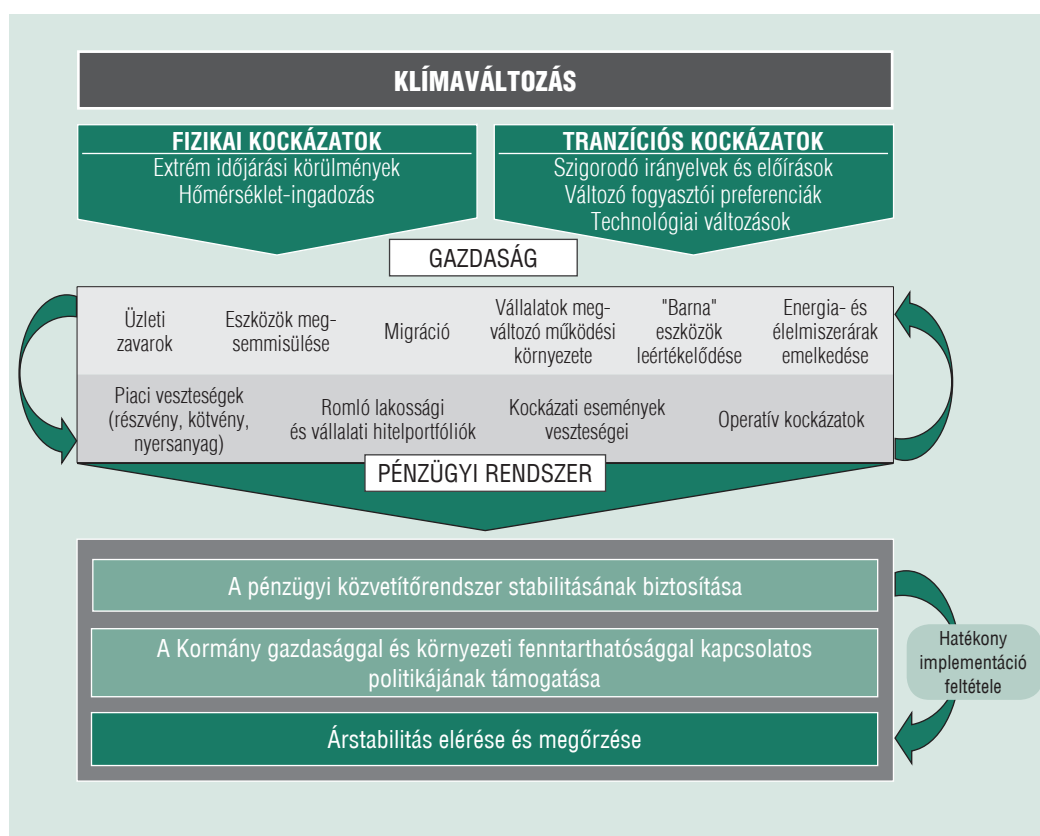
A magyar monetáris politika fejlődésének egyik mérföldköve, hogy az Országgyűlés 2021. május 28-i döntése alapján az MNB mandátuma kiegészült a kormány környezeti fenntarthatósággal kapcsolatos politikájának támogatásával (MNB, 2021c). Ezzel már nemcsak a természeti értékek megőrzésébe vetett hit, de a jegybanktörvényben rögzített célok elérése is cselekvésre sarkall. Más szóval, nem csupán lehetőségünk, de kötelezettségünk is cselekedni a zöld fordulat megvalósítása ér-

dekében. Nem lehet ugyanakkor eléggé hangsúlyozni, hogy a környezeti fenntarthatóságra vonatkozó mandátum kizárólag az elsődleges cél, vagyis az árstabilitás elérésének és fenntartásának veszélyeztetése nélkül valósítható meg. A zöld szempontok érvényesítése ezért természetesen nem jelent szakítást a jegybanki célhierarchiával, és elsősorban a zöld szempontok nagyobb fokú integrálását jelenti a döntéshozatal során (6. ábra).

Az új mandátum a monetáris politika számára is egyértelművé tette a környezeti értékek figyelembevételének szükségességét. Ennek az úttörő jegybanki szemléletmódnak az alapja-

6. ábra

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI AZ MNB ELSŐDLEGES ÉS MÁSODLAGOS CÉLJAIRA



Forrás: MNB (2021e)

it a 2021. július 6-án meghirdetett Zöld jegybanki eszköztár-stratégia fektette le (MNB, 2021d). A publikált stratégiai dokumentum egységes keretet adva mutatja be azokat a lehetséges irányokat, amelyek segítségével az MNB a monetáris politikai eszköztárába is át tudja ültetni a klímavédelem és a környezeti fenntarthatóság gondolatát. Hiszünk benne, hogy Magyarország fenntartható felzárkózásához elengedhetetlen a gazdaság zöld átállása, ennek pedig előfeltétele egy olyan pénzügyi közvetítőrendszer, amely széleskörűen figyelembe veszi és hatékonyan érvényesíti a releváns szempontokat. A stratégia elfogadásával az az MNB célja, hogy monetáris politikai eszközeivel is elősegítse a gazdasági transzformációt, a nemzetközi és hazai klímacélok elérését, egyúttal hozzájáruljon a fogyasztói és társadalmi szemléletformáláshoz és a legjobb nemzetközi gyakorlatok meghonosításához.

Jegybanki programok és zöld hitelezés

A Zöld jegybanki eszköztár-stratégiában lefektetett új irányvonal gyakorlati megvalósítása két úttörő kezdeményezés, az NHP Zöld Otthon Program és a Zöld Jelzáloglevél-vásárlási Program elindításával kezdődött el. Mindkettőnek az a célja, hogy közvetlen, illetve közvetett módon támogassa az energetikai szempontból modern lakóingatlanok építését és vásárlását.

Nem véletlen, hogy a monetáris politika az ingatlanpiac irányába tette meg az első zöld lépéseket. A lakóingatlan-állomány megújítása, valamint energiahatékonyságának javítása komplex módon lenne képes számos társadalmi, gazdasági és környezeti problémát megoldani (MEHI, 2021). Ráadásul az átalakuló geopolitikai erőterben kulcsfontosságú területé vált az energiagazdálkodás. Hazánkban az energiafelhasználás közel 30 százaléka adódik a háztartások fogyasztásából, aminek döntő ré-

sze, közel 60 százaléka a lakóingatlanok hűtéséből és fűtéséből fakad, és csupán 30 százaléka kapcsolódik a közlekedéshez (KSH, 2022). A jegybank szempontjából továbbá az úgynevezett zöld hipotézis is alátámasztja a lakáspiac korszerűsítésére irányuló törekvéseket. A hipotézis szerint az alacsonyabb fenntartási költségek miatt a zöld ingatlanokban élőknek magasabb a törlesztésre rendelkezésre álló jövedelmük, ami csökkenti a hitelek nemteljesítési valószínűségét, valamint a szigorodó szabályozói környezet és a fogyasztói attitűd változása miatt a zöld ingatlanok hosszú távon várhatóan értékállóbbak lesznek (MNB, 2019). Az MNB fokozott szerepvállalását indokolta végül az a tény is, hogy a kereskedelmi bankok a programok bevezetése előtt nem vették figyelembe az ingatlanok energetikai jellemzőit jelzáloghitelezési gyakorlatukban. Ezeket a lehetőségeket és kihívásokat szem előtt tartva az MNB kiemelt feladatként jelölte meg a megfelelő energiahatékonyságú ingatlanokra folyósított hitelek, vagyis a zöld jelzáloghitelezés támogatását.

A Zöld Otthon Program – a Növekedési Hitelprogram új szakaszaként – a zöld jelzáloghitelezés célzott ösztönzése érdekében indult el 2021 októberében. A program keretében a jegybank 0 százalékos kamatozású refinanszírozási hiteleket nyújt a kereskedelmi bankoknak, amelyek ezt a forrást felhasználva az MNB által előre meghatározott kedvező feltételekkel folyósíthatnak jelzáloghiteleket lakossági ügyfeleiknek. A hitelnyújtás kizárólag rendkívül magas energiahatékonyságú új lakások, családi házak építésére, valamint vásárlására valósulhat meg, így a jegybanki eszköz képes célzottan és hatékonyan hozzájárulni a korszerű új lakóingatlanok létrejöttéhez, ezzel együtt pedig a lakhatási körülmények javításához. A Zöld Otthon Program indulását követően gyorsan népszerűvé vált, amihez hozzájárulhatott az is, hogy az MNB lehetővé tette a családi otthonteremtési kedvezménnyel való

összekapcsolást. Az eszköz sikerét jelzi, hogy 2022 elejétől újra növekvő pályára állt az új lakás vásárlására vagy építésére folyósított hitelek volumene, amihez döntő mértékben járultak hozzá a programban folyósított hitelek (Kömlyös – Winkler, 2022).

Az MNB a Zöld Jelzáloglevél-vásárlási Program életre hívásával, ezzel együtt pedig a hazai zöld jelzáloglevél-piac megteremtésével közvetett módon is tudta támogatni a jelzálog-hitelezési folyamatokat. Zöld jelzáloglevél kibocsátására a bankoknak olyan jelzáloghitelek folyósítása esetében van lehetőségük, amelyeknek a fedezetül szolgáló ingatlanok megfelelő energiahatékonysági mutatókkal rendelkeznek. Ez a speciális értékpapír tehát megteremti annak a lehetőségét, hogy a befektetők magas minőségű, pozitív környezeti hatású eszközöket vásároljanak, ami a kibocsátók, vagyis a jelzálogbankok számára alacsonyabb forrásköltséget jelenthet. A vásárlási program keretében a hazai jelzálogbankok csak a legmagasabb nemzetközi standardoknak megfelelő értékpapírokkal vehettek részt, biztosítva ezzel a legjobb hazai gyakorlatok kialakulását, valamint egy likvid és transzparens alapokon nyugvó piac létrejöttét (Borkó et al., 2022). A vásárlási programot kiegészítve, kínálati oldalról az MNB a jelzáloghitel-finanszírozás megfelelési mutatójára (JMM) vonatkozó makroprudenciális szabályozásban biztosított kedvezménye is támogatta a hazai zöld jelzáloglevél-piac kialakulását. Ennek értelmében 2021-től a zöld jelzáloglevelek és refinanszírozási hitelek 150 százalékos súllyal vehetők figyelembe a JMM-számlálójában, így a JMM az eredeti pénzügyi stabilitási célok sérelme nélkül érdemi szabályozási ösztönzést képes adni a zöld jelzáloglevelek kibocsátásának (MNB, 2021e). A JMM-kedvezménynek szintén feltétele jelzáloglevelek esetén a nemzetközi standardoknak való megfelelés és annak harmadik minősítő fél általi tanúsítása. Összességében az MNB magas fokú elvárásaival

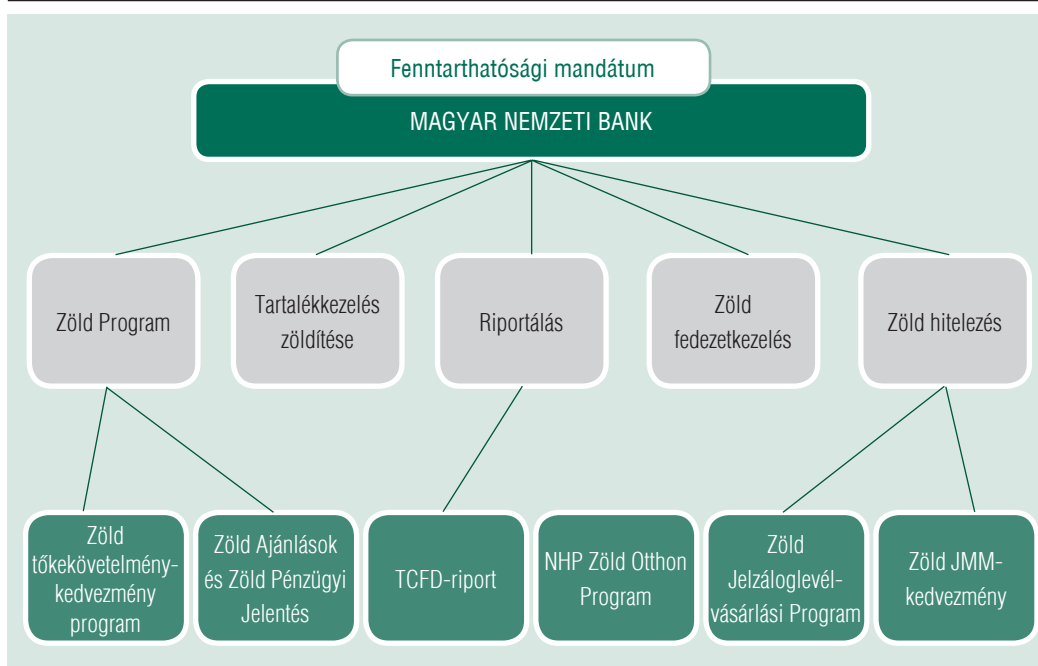
közvetetten, a végrehajtott vásárlásokkal és a JMM-szabályozásban nyújtott kedvezménnyel pedig közvetlenül tudta támogatni a hazai zöld jelzáloglevél-piac megszületését, illetve ezen keresztül a zöld jelzálog-hitelezési folyamatokat. Egyúttal az is látható, hogy a jelzálogbankok működésében egyre fontosabb elemként jelenik meg a környezeti fenntarthatóság kérdése, a kibocsátott zöld jelzáloglevelek piaci részaránya pedig már meghaladja a teljes európai piacon mérhető hasonló arányszámot (Bécsi et al., 2022). *(Lásd 7. ábra)*

Zöld szempontok megjelenése az MNB fedezetkezelési gyakorlatában

Az MNB a monetáris politikai eszköztár egyik központi elemében, a fedezetkezelési keretrendszerben is megkezdte a klímakockázati szempontok integrálását, a jegybankok körében az elsők között. A fedezetkezelés kiemelten fontos a bankrendszeri likviditás- és eszközmenedzsment szempontjából, így a keretrendszer átalakítása hatással van a bankrendszer szereplőinek belső és piaci gyakorlataira, támogatja a magyarországi zöld értékpapírpiac fejlődését, valamint hozzájárul a klímakockázatok jegybanki és bankrendszeri meghatározásához, optimális kezeléséhez.

A fenti célok elérése érdekében az MNB 2021 szeptemberétől a zöld kötvények fedezetként való befogadását preferenciális haircutértékek alkalmazásával valósítja meg. Ennek értelmében a preferenciális haircut 5 százalékpontos maximum mellett 20 százalékos haircutkedvezményt jelent a zöld kötvényekre vonatkozóan a hagyományos értékpapírokkal szemben. A haircutrendszer ilyen irányú finomhangolása segítheti a monetáris politikai célok elérését a források zöld projektekbe történő csatornázásának támogatásával, és ezek kapcsán kedvezőbb likviditási feltételeket teremthet a bankoknak (Kolozsi et

FŐBB JEGYBANKI ZÖLD KEZDEMÉNYEZÉSEK



Forrás: saját szerkesztés

al., 2021). Az MNB a jövőben is folyamatosan monitorozza a fedezetkezelési keretrendszer további zöld átalakításának lehetőségét, figyelemmel kísérve a legújabb nemzetközi jegybanki gyakorlatokat. Rövid távon a szabályozók, jegybankok fókuszában a zöld értékpapírpiac transzparenciájának fejlesztése kell, hogy álljon egy egységes, megbízható adaton alapuló sztenderdizált riportálási gyakorlat kialakításával.

Az adatok jelentősége a zöld fordulatban

A gazdaság sikeres zöld transzformációjának előfeltétele, hogy a pénzügyi piacok figyelembe vegyék és megfelelően értékeljék a klímaváltozáshoz kötődő kockázatokat. Megállapítható továbbá, hogy a befektetőknek, piaci

szereplőknek elemezni és értékelni kell tudniuk a fenntarthatósági szempontokat, és a kockázati modellekben, a hozamelvárásokban és a pénzügyi termékek áraiban meg kell jelenniük a klímakockázatoknak. Arról azonban már kevesebb szó esik, hogy ehhez hiteles, könnyen elérhető és ellenőrizhető adatokra van szükség, ami nélkül nem épülhet ki a szükséges befektetői bizalom, a hiánya pedig a zöldre mosás kockázatának növekedéséhez vezethet (Alogoskoufis et al., 2021).

Mérés nélkül nem képzelhető el a zöld fordulat, hiszen a környezeti fenntarthatóság alapvető feltétele a transzparencia mind a kiindulópont, mind pedig a megtett lépések hatásának visszamérése tekintetében. Ehhez nyújt megfelelő kereteket a G20-országok Pénzügyi Stabilitási Tanácsa által létrehozott, az éghajlatváltozással kapcsolatos pénzügyi közzétételekkel foglalkozó munkacsoport-

ja (Task Force on Climate-Related Financial Disclosures, TCFD) által kidolgozott komplex ajánláseggyüttes. A TCFD-ajánlások a szervezeti működés négy fő területére vonatkozóan – vállalatirányítás, stratégia, kockázatkezelés, mutatószámok és célkitűzések – adnak iránymutatást. Az ezek mentén elkészíthető, klímaváltozással kapcsolatos pénzügyi jelentés napjaink legjelentősebb közzétételi szabványává vált. Fontos megjegyezni, hogy a jelentéskészítés számottevő kihívásokkal jár, hiszen míg például a hagyományos értékpapírok esetében több évtizednyi tapasztalat, illetve kiforrott módszertan áll rendelkezésre, addig a zöld piacok fiatalok, méretük egyelőre kicsi, standardizáltságuk pedig sokszor heterogén képet mutat (Kolozi et al., 2022).

A pénzügyi szektor központi jelentőségéből adódóan a jegybankokra mint monetáris és pénzügyi felügyeleti hatóságra a közzétételi gyakorlatok tekintetben is kulcsszerep hárul. Ennek jegyében az MNB 2022 márciusában a jegybankok és a hazai pénzügyi szervezetek körében is elsők között készítette el a klímaváltozással kapcsolatos pénzügyi jelentését (MNB, 2022c). A jegybank TCFD-jelentésében a pénzügyi eszközportfóliók klímakockázati kitettségét az éghajlatváltozással összefüggő két fő kockázati kategória, az átállási és fizikai kockázatok mentén portfóliók szerinti bontásban vizsgálta. Ennek során a nemzetközi gyakorlatban elterjedt mutatók mellett egyes eszközkategóriákban saját becsléseket alkalmazott, valamint kitekintő elemzésekkel egészítette ki azokat. A klímakockázatok mérésekor az MNB a nemzetközi ajánlások mellett áttekintette és felhasználta a meglévő jegybanki példákat és gyakorlatokat, valamint figyelembe vette saját pénzügyi eszközportfólióinak sajátosságait is. A jelentés célja, hogy a magyar jegybank operatív működésével és pénzügyi eszközeivel kapcsolatos klímakockázatokat a lehető legszélesebb körben feltárja, mérje és átlátható módon pub-

likálja, ezáltal is iránymutatva a hazai pénzügyi szektor szereplőinek. A magyar pénzügyi rendszer zöldítésének kulcsfontosságú lépése az MNB klímakockázati jelentésének publikálása, amit éves gyakorisággal tervez a jegybank megjelentetni, ezzel is ösztönözve a hazai pénzügyi és állami rendszer szereplőit a gyakorlat követésére.

Az MNB a fedezetkezelésben is kiemelt figyelmet fordít a transzparenciára, ami közvetetten ösztönözheti a zöld jelzáloglevelek iránti keresletet. Az elfogadható fedezetek között jelentős részaránnyal és összetett struktúrával rendelkeznek a jelzáloglevelek, melyek esetében a kibocsátókkal szemben már korábban is elvárás volt a legfontosabb releváns paramétereket összefoglaló transzparenciariport közzététele. Az MNB 2022-ben – a kibocsátókkal történő egyeztetések kíséretében – tervezi a zöld jelzáloglevelek megjelenésével továbbfejleszteni ezt a riportot annak érdekében, hogy a befektetők még több és jobb minőségű információhoz juthassanak a jelzáloglevelek klímakockázati aspektusai kapcsán.

ÖSSZEGZŐ GONDOLATOK

Magyarország tartós fejlődéséhez és sikeres felzárkózásához is nélkülözhetetlen a fenntarthatóság biztosítása a jövőben. Hazánk a Trianon utáni 100 év legsikeresebb évtizedét tudhatja maga mögött: a 2010 és 2019 közötti időszakban egyszerre valósult meg az egyensúly és a növekedés, így hazánk egyensúlyi növekedési pályára állt (Matolcsy, 2020). A sikeres évtizedet a 2010-es fiskális, majd a 2013-as monetáris politikai fordulat alapozta meg, amivel összhangba került a gazdaságpolitika két fő ága. A 2010-es években elért eredmények stabil alapot biztosítottak a koronavírus-válság idején is, hiszen az uniós átlaghoz viszonyított felzárkózásunk a pandémia alatt is folytatódott. Hazánk gazdasági felzárkózását

azonban az elmúlt évszázad egyik legnehezebb évtizedében kell folytatni. Jelenleg globális járvány- és energiaválsággal kombinált háborús évtizedben vagyunk, ami a kialakult nemzetközi kapcsolattrendszer és globalizáció szakadásaihoz vezethet. A háború mellett a klímaváltozás következményei is egyre égetőbbek, mivel a globális felmelegedés többek között vízhiányt, élelmiszerhiányt és egészségügyi kihívásokat okoz, amelyek tovább erősíthetik a globális migrációt. A jelenlegi nehézségek és kihívások azonban egyúttal lehetőségeket is jelentenek, és a nemzetközi versenyben csak az maradhat talpon, aki ezekhez alkalmazkodva képes a stabilitás fenntartása mellett megújítani gazdaságát, és átállni egy fenntartható, digitális és zöld termelésre.

A fenntartható alapokra építő zöld jegybanki fordulat alapjait lefektettük, a célzott jegybanki programok és kezdeményezések pedig csak az első lépéseit jelentik egy hosszú útnak. Ma már nem lehet kérdés, hogy a klímaváltozás elleni harc a gazdaságpolitikai döntéshozók és központi bankok aktív szerepvállalását követeli meg. Az MNB küldetésének tekinti, hogy a jegybankok között is élen járva és példát mutatva legyen aktív részese az alacsony karbonkibocsátású gazdaságba való átmenetnek. Ezt szem előtt tartva az MNB a jövőben is kiemelt prioritásként kezeli, hogy szerepet vállaljon a klímavédelem terén, hozzájárulva ezzel környezeti értékeink megőrzéséhez és Magyarország fenntartható gazdasági felzárkózásához. ■

IRODALOM

AGÉNOR, P.-R. (2017). Caught in the Middle? The Economics of Middle-Income Traps. *Journal of Economic Surveys*, 31(3), 3, pp. 771–791, <https://doi.org/10.1111/joes.12175>

AGÉNOR, P.-R. – CANUTO, O. (2012). Middle-Income Growth Traps. Policy Research Working Paper No. 6210, World Bank, <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6210>

ALOGOSKOUFIS, S., CARBONE, S., COUSSENS, W., FAHR, S., GIUZIO, M., KUIK, F., PARISI, L., SALAKHOVA, D., SPAGGIARI, M. (2021a). Climate-related risks to financial stability. *European Central Bank: Financial Stability Review*, https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202105_02~d05518fc6b.en.html

ALOGOSKOUFIS, S., CARBONE, S., COUSSENS, W., FAHR, S., GIUZIO, M., KUIK, F., PARISI, L., SALAKHOVA, D., SPAGGIARI, M. (2021b). Climate-related risks to financial stability. *European Central*

Bank: Financial Stability Review, https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202105_02~d05518fc6b.en.html

BAHN, P. – FLENLEY, J. (2016). *A Húsvét-sziget rejtélye*, Budapest, General Press Kiadó

BÁGER, G. (2021). *György Matolcsy's Monetary Policies in the 2010s*, <https://hungarianreview.com/article/gyorgy-matolcsysmonetary-policies-in-the-2010s/>

BERGEAUD, A., CETTE, G., LECAT, R. (2016). Productivity trends from 1890 to 2012 in advanced countries. *The Review of Income and Wealth*, 62(3), pp. 420–444, <https://doi.org/10.1111/roiw.12185>

BÉCSI, A., VARGA, M., LÓGA, M., KOLOZSI, P. P. (2022). First steps – the nascent green bond ecosystem in Hungary. *Cognitive Sustainability*, 1(1), <https://doi.org/10.55343/cogsust.11>

- BORKÓ, T., HERBERT, E., HORVÁTH, I. B. (2022). Egy új piaci szegmens létrejötte: A hazai zöld jelzáloglevél-piac jegybanki ösztönzése, A Magyar Nemzeti Bank tanulmánykötete a zöld monetáris politikai eszköztár első évéről, 90–102. oldal, <https://www.mnb.hu/letoltes/monetaris-politika-a-fenntarthatosag-jegyben-a-magyar-nemzeti-bank-tanulmanykotete-a-zold-monetaris-politikai-eszkoztar-első-everol.pdf>
- BOKOR, L. (2022). Bankok figyelmébe: erősen szóródik a hazai ágazatok éghajlatváltozással szembeni stresszállósága, 2022. 02. 11., Portfolio.hu, <https://www.portfolio.hu/uzlet/20220211/bankok-figyelmebe-erosen-szorodik-a-hazai-agazatok-eghajlatvaltozassal-szembeni-stresszallosaga-526271>
- BRUNDTLAND, G. H. (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva, UN-Dokument A/42/427, <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>
- CARNEY, M. (2021). Clean and Green Finance. A new sustainable financial system can secure a net zero future for the world. *Finance & Development*, IMF, pp. 20–22, <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2021/09/pdf/mark-carney-net-zero-climatechange.pdf>
- DEÁK, V. (2021). MNB Zöld Program, *Polgári Szemle*, 17(4–6), 104–115. oldal, <https://doi.org/10.24307/psz.2021.1208>
- DIKAU, S., VOLZ, U. (2021). Central bank mandates, sustainability objectives and the promotion of green finance, *Ecological Economics*, 184, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107022>
- EICHENGREEN B., PARK, D., SHIN, K. (2011). When Fast Growing Economies Slow Down: International Evidence and Implications for China. NBER Working Papers 16919, <https://doi.org/10.3386/w16919>
- ELEK, F. A., TAPASZTI, A., WINDISCH, K. (2021). *MNB zöldkötvény portfólió – egy kisvárosnyi pozitív környezeti hatás*, 2021. február 21, <https://www.mnb.hu/letoltes/elek-flora-adrienn-tapaszti-attila-windisch-katalin-mnb-zoldkotveny-portfolio-egy-kisvarosnyi-pozitiv-kornyezeti-hatas.pdf>
- PAULIK, É., TAPASZTI, A. (2022). *Tovább a zöld úton: jelentősen emelkedett az MNB zöldkötvényportfóliójának pozitív környezeti hatása*, 2022. március 24., Világgazdaság online, <https://www.vg.hu/mnb/2022/03/tovabb-a-zold-uton-jelentosen-emelkedett-az-mnb-zoldkotveny-portfoliojanak-pozitiv-kornyezeti-hatasa>
- KOLOZSI, P. P., MANASSES, G., STRAUBINGER, A. (2021). Zöld fedezetkezeléssel is segíti a fenntarthatósági fordulatot az MNB, Megjelent: 2021. november 25, <https://www.mnb.hu/letoltes/kolozsi-pal-manasses-gergely-straubinger-andras-zold-fedezetkezelessel-is-segiti-a-fenntarthatosagi-fordulatot-az-mnb.pdf>
- KOLOZSI, P. P., LADÁNYI, S., STRAUBINGER, A. (2022). Pénzügyi eszközök klímakockázatának mérése – Módszertani kihívások és jegybanki gyakorlat. *Hitelintézési Szemle*, 21(1), 113–140. oldal, <https://doi.org/10.25201/HSZ.21.1.113>
- KOMLÓSSY, L., WINKLER, S. (2022). *A zöld lakáshitel-piac ösztönzése: az NHP Zöld Otthon Program, Monetáris politika a fenntarthatóság jegyében, A Magyar Nemzeti Bank tanulmánykötete a zöld monetáris politikai eszköztár első évéről*. 133–144. oldal, <https://www.mnb.hu/letoltes/monetaris-politika-a-fenntarthatosag-jegyben-a-magyar-nemzeti-bank-tanulmanykotete-a-zold-monetaris-politikai-eszkoztar-első-everol.pdf>
- LAGARDE, C. (2021). Climate change and central banks – analysing, advising and acting, Speech at the International Climate Change Conference, Venice, 11 July 2021, <https://www.bis.org/review/r210712b.pdf>

MATOLCSY, Gy. (2020). *Egyensúly és növekedés 2010–2019 – Sereghajtóból újra éllovas*. Magyar Nemzeti Bank, Budapest

MATOLCSY, Gy. (2022). Új fenntartható közgazdaság (tézisek). Magyar Nemzeti Bank. Új közgazdaságtan a fenntarthatóságért

SALLARES, R. (2007). Ecology. In: Scheidel, Walter – Morris, I. – Saller, R. P. (eds.). *The Cambridge Economic History of the Greco-Roman World*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 15–37.

SZABÓ, E., VÁRNAI, T. (2021). *Az „okos” tőke szerepe a fejlődésben*, <https://www.mnb.hu/letoltes/varnai-timea-szabo-eszter-az-okos-toke-szerepe-a-fejlodesben.pdf>

PALOTAI, D., VIRÁG, B. (2016). *Versenyképesség és növekedés*. Válasz Könyvkiadó, Budapest

KSH (2022). Zöldgazdaság, Központi Statisztikai Hivatal, 2022. 03. 31., https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/zoldgazdasag/2019/zoldgazdasag_2019.pdf

MEHI (2021). Hazai felújítási hullám – A magyarországi lakóépületállomány energiahatékonysági korszerűsítésben rejlő lehetőségek, egyes támogatási eszközök széles körű hatásainak vizsgálata. Magyar Energhatékonsági Intézet, https://mehi.hu/wp-content/uploads/2021/03/mehi_hazai_felujitasi_hullam_tanulmany_2021_v3_0.pdf

MNB (2019). Lakossági zöld hitelezés Magyarországon, Háttéranyag az MNB döntéseiről és tervezett intézkedéseiről, Megjelent: 2019. december 16., <https://www.mnb.hu/letoltes/lakossagi-zold-hitelezes-magyarorszag.pdf>

MNB (2021a). Versenyképességi jelentés 2021, <https://www.mnb.hu/letoltes/versenyke-pesse-gi-jelente-s-hun-2021-1018.pdf>

MNB (2021b). Megjelent az MNB új, pénzügyi intézményeknek szóló Zöld Ajánlása, Sajtóközlemény, Megjelent: 2021. április 21., <https://www.mnb.hu/sajtoszoba/sajtokozlomenyek/2021-evi-sajtokozlomenyek/megjelent-az-mnb-uj-penzugyi-intezmenyeknek-szolo-zold-ajanlasi>

MNB (2021c). Az Országgyűlés fenntarthatósági mandátummal ruházta fel az MNB-t, Sajtóközlemény, 2021. június 2. <https://www.mnb.hu/sajtoszoba/sajtokozlomenyek/2021-evi-sajtokozlomenyek/az-orszaggyules-fenntarthatosagi-mandatummal-ruhazta-fel-az-mnb-t>

MNB (2021d). Fenntarthatóság és jegybanki politika – Zöld szempontok az MNB monetáris politikai eszköztárában, 2021. július 6., <https://www.mnb.hu/letoltes/zold-eszkoztar-strategia-publikacio-2021-hun-0706-2.pdf>

MNB (2021e). Makroprudenciális jelentés 2021, <https://www.mnb.hu/letoltes/makroprudencia-lis-jelente-s-2021-hun.pdf>

MNB (2022a). Fenntartható egyensúly és felzárkózás (144 javaslat), <https://www.mnb.hu/letoltes/fenntarthato-egyensuly-es-felzarkozas-144-javaslat-20220519.pdf>

MNB (2022b). Új fenntartható közgazdaságtan – Globális vitairat, <https://www.mnb.hu/web/sw/static/file/uj-fenntarthato-kozigazdasagtan-single.pdf>

MNB (2022c). Az MNB klímaváltozással kapcsolatos pénzügyi jelentése, <https://www.mnb.hu/letoltes/tcfd-jelente-s-2022-hu.pdf>

Scope (2021). Greening the CEE-3 central banks: mandates and credit risk implications, Scope Ratings, Megjelent: 2021. március 4., <https://www.scooperatings.com/ScopeRatingsApi/api/downloadstudy?id=8b16d8f3-0d8c-463b-bb1d-b62ecbc4f6aa>

A megújuló energia termelési és tárolási lehetőségei, valamint ezek gazdasági hatásai Magyarországon

Németh Márton

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

nemeth.marton@vik.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

A Magyarország számára legfontosabb megújulóenergia-termelési eszközöket tekinti át e tanulmány a magyarországi alkalmazásuk megtérülésének és potenciáljának figyelembevételével. Elemzi a napelem, a szélturbinák, a geotermikus erőművek, illetve a biomassza-erőművek megtérülési mutatóit. A szerző megállapítja, hogy magyar viszonylatban a napelemes termelés valóban a leggazdaságosabb megújulóenergia-előállítási módszer, ám további terjedését gátolja a piaci visszahatás, a hálózati problémák, továbbá az időjárás-függőség. E problémáknak egyik lehetséges megoldása a villamos energia tárolása. A tárolási módok közül áttekinjtük a konvencionális megoldásokat, amelyek többé-kevésbé piacérettek; ezek a szivattyús tározós erőmű, az akkumulátor, a hidrogén-előállítás és a hőerőművel kombinált hőtároló. Ahhoz, hogy e tárolási módszerek megtérülését vizsgálni tudjuk, készítettünk egy egyszerű számítógépes szimulátort, amely képes meghatározni a tárolók használatából eredő közvetőleges jövedelmet a volatilisen változó árak mellett. A magyar adatokból kiindulva szimulációk segítségével meghatároztuk a különböző energiatárolók gazdasági mutatóit. A számítások eredménye alapján gazdaságilag javasolható legalább egy szivattyús tározós erőmű üzembe helyezése, vagy hőtároló kialakítása a Paks 2. atomerőműhöz kapcsolódóan.

KULCSSZAVAK: megújulóenergia-termelés, energiatárolás, költségelemzés

JEL-KÓDOK: Q21, Q42

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_2

A karbonsemleges energiatermelés a jelenlegi és a következő évtized egyik legnagyobb feladata. Ezt mutatja az Európai Parlament és Tanács 2018/2001 irányelve (Tanács, 2018), miszerint az EU teljes energiafogyasztásának 32 százalékát megújuló energiaforrásokkal kell fedezni, és az energiahatékonyság növelésével együtt a szén-dioxid-kibocsátást 40 százalékkal kell csökkenteni az 1990-es állapothoz képest. Ennek megújításaként jelent meg az európai zöld megállapodás (Bizottság, 2020), amely szerint a szén-dioxid-szint csökkentésének új célja 2030-ra legalább 55 százalékos mértékű. Az EU-s direktíva, valamint a zöld megállapodás alapján minden tagországnak saját energiastratégiát kellett alkotnia, amit Magyarország is megtett. Az ITM által kiadott Nemzeti energiastratégiában a kormány az 1990-es évhez képest 40 százalékos csökkenést vetít előre az üvegházhatású gázok kibocsátásában, aminek alapszámait az országgyűlés a 2020/LXIV. törvénybe foglalta.

A Klíma- és Természetvédelmi Akcióterv szerint Magyarország villamosenergia-termelése 90 százalékban karbonsemleges lesz, és a napelemek beépített kapacitása 6400 MW-ra (csúcsteljesítménye megfelel 3 paksi erőműnek) növekszik 2030-ra. A 2040-re vonatkozó tervek között szerepel a napenergia részesedésének további növelése 12 000 MW csúcsteljesítményig. A magyar energiapolitikai szándék jelenleg elsősorban a napelemes kapacitás felfuttatását tűzte ki célul. Így ugyan elérhető a villamosenergia-termelésben a 30 százalékos, majd 2040-re a körülbelül 40 százalékos megújuló részarány, ám a termelés időjárásfüggése mindenképpen komoly kockázatot és költségeket jelent. Ahogy az időjárásfüggő megújuló energia részaránya emelkedik, úgy kell gondoskodni alacsony kihasználtságú tartalék erőművekről és az energia tárolásáról. Ha a karbonmentes erőművi termelés (időjárásfüggő és -független megújulók és az atom-

erőművek) meghaladja a felhasználást, akkor a fölösleget exportálni, a termelést csökkenteni, vagy az energiát tárolni kell. Mivel a napelemes kapacitás nemcsak Magyarországon, hanem a környező országokban is jelentősen növekedni fog, a kényszerű termelés kiesés és az export pénzügyi szempontból várhatóan hasonló veszteségeket okoz majd. A probléma enyhíthető egyrészt az időjárásfüggő megújuló energiaforrások minél szélesebb diverzifikációjával (akár határon túlnyúlóan is), másrészt a tárolás megoldásával. Először a hazánkban nagyobb mennyiségben elérhető megújuló energiaforrásokat vesszük sorra, elsősorban annak árára, fenntarthatóságára és energiabiztonsági szerepére koncentrálna. Keressük a választ arra a kérdésre, hogy milyen módon növelhető gazdaságosan a megújuló energia részaránya Magyarországon. A válasz a fenntartható energiatermelés kulcsa, másrészt amíg ezt esetleg nem sikerül elérni, segíthet a gazdasági ösztönzők kialakításában úgy, hogy az minél kevesebb közpénzt igényeljen.

A gazdaságos technológiák azonosításához sorba vesszük a megújuló energiatermelési módokat, megbecsüljük a nemzetközi és a magyar tapasztalatok alapján azok főbb gazdasági mutatóit, majd ugyanezt elvégezzük a tárolási lehetőségekre vonatkoztatva is. A tanulmánynak nem célja, hogy a jövőbeli árakat megbecsülje, csak a jelenlegi döntési lehetőségeket és azok vizsgálatát tartalmazza.

A MEGÚJULÓ ENERGIA LEHETŐSÉGEINEK ÁTTEKINTÉSE MAGYARORSZÁGON

Módszerek

A megújulóenergia-termelés gazdasági mérőszámainak meghatározása egyes esetekben viszonylag könnyű, mert a megépült erőművek száma statisztikailag évről évre eléri a pon-

tos elemzéshez szükséges szintet. Más esetekben ehhez kevés a beruházások száma. Ha a helyi statisztika nem érhető el, a nemzetközi tapasztalatokat, statisztikát használjuk a költségbecsléshez. A becsléssel vagy statisztikából megállapítandó mérőszámok: a tőkeköltség (CAPEX), a működési költség (OPEX) és az élettartam (esetleg alkatrészek szerinti bontásban). A megújuló energia gazdasági elemzésében a leggyakoribb mérőszám az ún. élettartamra vonatkozó fajlagos energiaköltség (LCOE – levelised cost of electricity); ennek számítási módja:

$$LCOE = \frac{CAPEX + \sum_{t=1}^{t=LT} OPEX_t}{\sum_{t=1}^{t=LT} (1+d)^t} \cdot \frac{\sum_{t=1}^{t=LT} E_t}{\sum_{t=1}^{t=LT} (1+d)^t}$$

ahol LT az élettartam, aminek minden évre összegezzük a kifejezéseket, E_t a t évben termelt energia mennyisége (kWh), d pedig a hozam elvárt kamatlába, amit legjobban a súlyozott átlag tőkeköltséggel lehet becsülni. Ez a megközelítés azonban hibás, mert a tőkeköltségen felül (ellentétben más befektetésekkel) itt jelentős amortizációs költséggel is számolni kell, vagyis az élettartam után feltételezzük, hogy a befektetett eszközök megsemmisülnek. A súlyozott tőkeköltség általában üzleti titoknak minősül, ezért nagyon nehéz becsülni, de az AURES EU-s projekt keretében sikerült felmérni a mértékét (Roth et al., 2021); a számított kamatlábakat ebből a tanulmányból kinyerhetjük. Az avulási költségeket lineárisan számoljuk, és az OPEX-be építjük be.

Az LCOE kiszámításával megkapjuk azt az átvételi árat, amivel a befektetők profitja az elvárt szintet eléri. A LCOE feletti eladási (Magyarországon átvételi) ár extraprofitot eredményez, így az átvételi árral a megújuló energiapiacot fűteni vagy lassítani lehet.

Napenergia

A napenergia használható közvetlenül elektromos energia termelésére (fotovoltaikus eszköz) vagy hőhasznosításra (naphő). Az utóbbi később átalakítható elektromos energiává, ezt nevezzük naphőerőműnek. Magyarország éghajlati viszonyai a naphő elektromos felhasználását nem teszik lehetővé, ezért Magyarország elektromosenergia-termelésében a napelemes termelés a főszerep. A napelem aktuális termelése a felületére jutó fényenergiától függ, ezért termelése idő- és időjárásfüggő. Összehasonlításképpen egy 1 kW csúcsteljesítményű napelem (1 kWp) termelési görbéjét mutatjuk be télen az 1. ábrán, illetve nyáron a 2. ábrán. Olyan termelési görbéket kerestünk, ahol az időjárási viszonyok ideálisak. A napi termelés a téli napfordulókor 3 kWh volt, a nyári napforduló környékén 6 kWh.

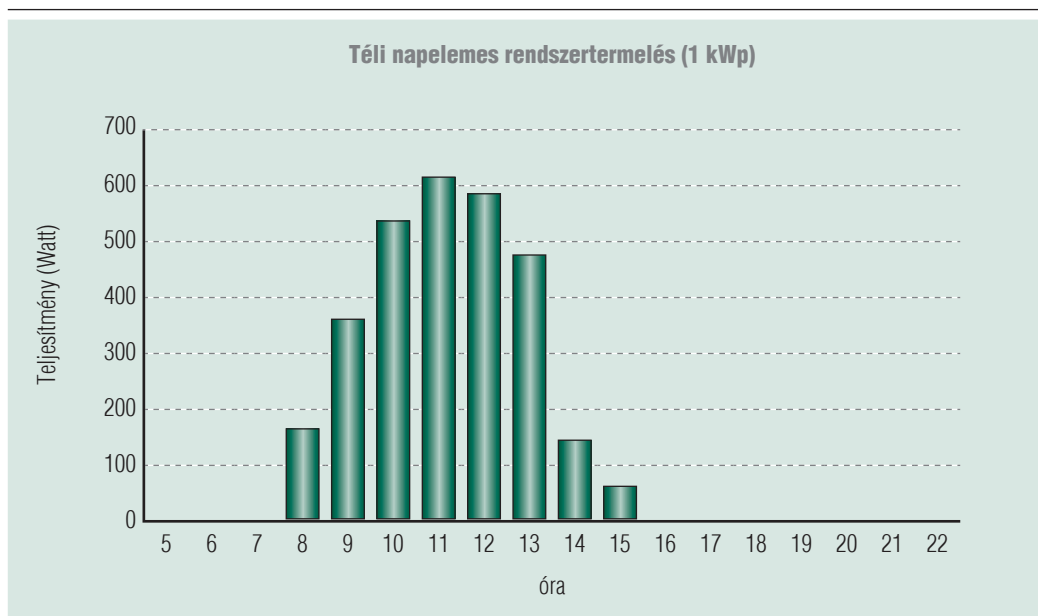
A napelem termelése (10 százalék fölött) télen 7–8, nyáron 11–12 órára korlátozódik. Bizonytalanságot jelent az időjárásfüggés, felhős időben a napelem termelése a napos időhöz képest néhány századára is eshet. A havi termelés becsülhető a PVGIS rendszert használva (Rusen, 2020). A szimulált termelési adatok ideális (déli irány, 35 fokos dőlés) beépítés esetén a 3. ábrán láthatók, megadva a becsült szórást is. Az éves energiatermelés 1200 kWh-nak adódik (Budapest). Definiáljuk a kihasználtság mérőfokát az éves átlagos teljesítmény és a névleges teljesítmény hányadosaként. Ha ezt kiszámoljuk napelemekre, akkor 13 százaléknak adódik.

Egy naperőmű költségeiben az alábbi fő elemekkel számolhatunk:

- Napelempanel (energiatermelő egység),
- Tartószerkezet,
- Inverter (az energia hálózatra táplálását szolgálja),
- Csatlakozási költségek,
- Földterület,
- Építmények, kerítés.

1. ábra

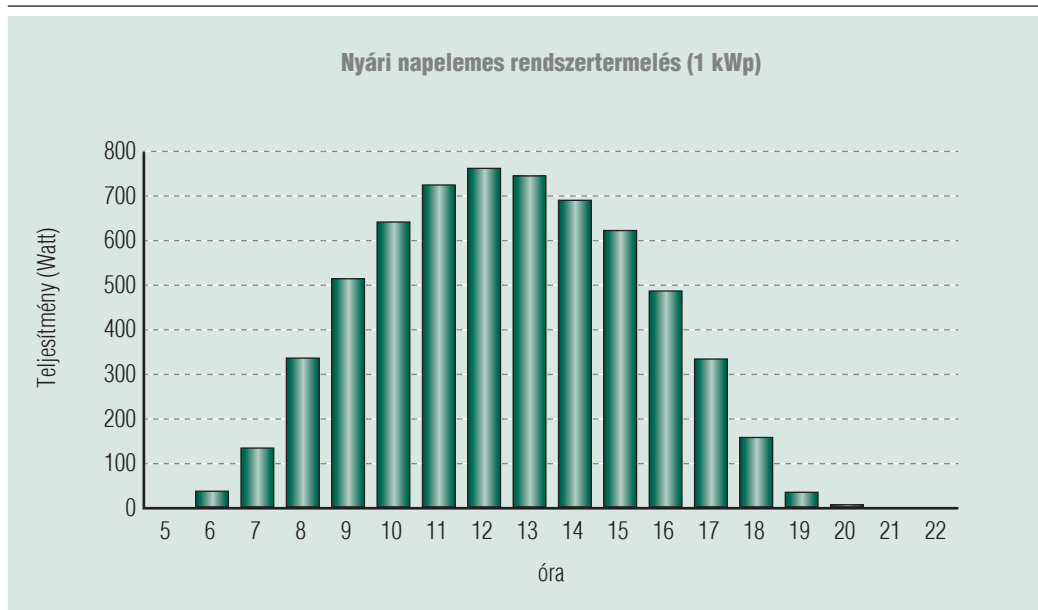
**EGY 1 KW NÉVLEGES TELJESÍTMÉNYŰ NAPELEM TERMELÉSE 2014. 12. 21-ÉN,
TISZTA IDŐBEN (PVGIS, 2022)**



Forrás: saját szerkesztés

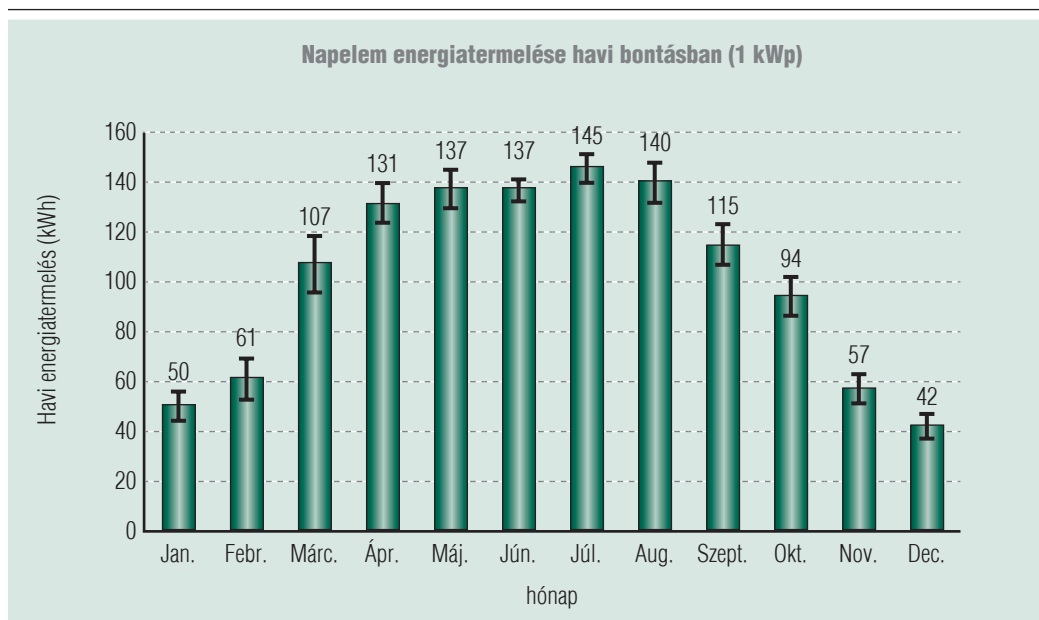
2. ábra

**EGY 1 KW NÉVLEGES TELJESÍTMÉNYŰ NAPELEM TERMELÉSE 2013. 06. 13-ÁN,
TISZTA IDŐBEN (PVGIS, 2022)**



Forrás: saját szerkesztés

A NAPELEMES ENERGIATERMELÉS ÉVES BECSÜLT ÉRTÉKE 1 KW CSÚCSTELJESÍTMÉNYŰ NAPELEMES RENDSZER ESETÉN



Forrás: saját szerkesztés

A 2022-es piaci viszonyok alapján a monokristályos napelempanelék ára legalább 240 €/kWp. A tartószervezet további mintegy 80 €/kWp, az inverter ára körülbelül 70 € kilowattónként. Ezenfelül kb. 60 € kW-onként elszámolható a vezetékekre, kiegészítőkre, szerelésre, az adminisztrációra és tervezésre. Erőművi méret esetén a profitmaximalizálás érdekében a napelemek számát mintegy 30–40 százalékkal megnövelik (ez a panel és a tartó árában jelentkezik), mivel így a kapacitáskihasználást magasabb szinten lehet tartani, miközben a többi összetevő ára nem változik. A költségelemeket az 1. táblázat tartalmazza.

A csupasz naperőműnek körülbelül 540–600 €/kWp a bekerülési költsége. Ehhez adódik a transzformátorok, csatlakozóvezetékek és kiegészítők bekerülési és telepítési költsége, a területbérlés, amiből nagyjából 0,022 ha/kWp szükséges, továbbá a különböző kiszolgálóegységek, valamint az útépítés költsége. A napele-

mes rendszer költsége erőművi méretben (5–10 MW) körülbelül 700–850 €/kW (IRENA, 2021). A naperőművek elhelyezése kiemelt fontosságú, mert ideális esetben nemcsak megközelíthetőnek kell lennie közúton, de a közelben alkalmas távvezetéknek is lennie kell, tipikusan 1 km-en belül. Fontos, hogy a vezetékre csatlakoztatható legyen a tervezett teljesítmény. Ebből a szempontból az ideális helyek száma egyre fogy. Az EON által kiadott térképek alapján pl. az észak- és dél-dunántúli területeken a már megvalósított és az engedélyezett kiserőművek miatt a nem zárolt terület nagyjából a teljes terület 10 százalékára csökkent (EON, 2022). Ennek oka, hogy egyre kevesebb az alkalmas hálózati erőforrás.

A karbantartás és adminisztráció költsége évente nagyjából 10 €/kW. Az avulásnál figyelembe kell venni a várható élettartamot, ami az inverternél 10 év (10%), egyéb összetevőknél 25–30 év, valamint a napelemek teljesítmény-

A NAPELEMES RENDSZER ÖSSZETEVŐI

Költségelem	Ár (€/kWp)	Forrás
Napelemmodul	190–280	PV-magazine, 2021, ellenőrizve: (Alibaba, 2022)
Tartószerkezet	50–110	IRENA, 2021, ellenőrizve: (Alibaba marketplace, 2022)
Inverter	60–80	IRENA, 2021, ellenőrizve: (Europe solarshop webshop, 2022)
Karbantartás és adminisztráció, telepítés	75–100	IRENA, 2021
Csatlakozási költségek	20–120	IRENA, 2021, ellenőrizve: ENERTECH Hungária Kft. (általános információ telefonos megkeresésre)

Forrás: saját szerkesztés

csökkenését (0,5–1 százalék évente) (Skoczek, 2009). Összességében 3,3 százalékos avulási rátát feltételezve, a tőkeköltseget a megadott forrás alapján 5 százaléknak tekintve az LCOE érték 5 eurócent/kWh. Ez körülbelül 18 Ft/kWh, ami kicsit magasabb, mint a METÁR-tenderen kialakult átvételi árak. Ebből arra a következtetésre juthatunk, hogy a napenergiás befektetést garantált átvételi árral kiemelkedően alacsony kockázatúnak ítéli meg a piac. Ez visszajelzés továbbá arra, hogy a METÁR megfelelően működik.

Az előbbi példa egy 2–10 MW teljesítményű, rögzített elrendezésű napelemparkot feltételezett. Jelenleg a napelemmel gazdaságosan beépíthető terület (szabad távezeték-kapacitás) szűkül, így a kapacitáskihasználási arányt növelni tudó megoldások egyre jobban elterjednek. Az ilyen napelemes rendszerek hozama akár 60 százalékkal is magasabb lehet, miközben a csúcsteljesítmény nem változik. Ilyen megoldás a napelemek számának növelése, de a K–NY-i irányú elrendezés és a napkövetés is. Ezeknek a technológiáknak az alkalmazásával (többletbebefektetés és karbantartási költségek

mellett) többlethozam érhető el, miközben a megújuló teljesítmény időben jobb elosztásban jelentkezik. A bekerülési költségek közül a napelemmodulok, a tartószerkezet, a telepítés és a kiegészítők ára növekszik, ezek átszámítása után mind a napkövető, mind a K–NY-i tájolás megtérülési mutatói hasonlóak a fix déli telepítés megtérülési mutatóihoz. Ezek telepítése elsősorban ott javasolt, ahol a terület, de még inkább a csatlakoztatható csúcsteljesítmény korlátozott. Az utóbbi évek METÁR-tendenciái alapján látszik, hogy egyre inkább elterjednek, ahogy a megfelelő telepítési helyszínek fogyatkoznak.

A napelemek alkalmazásánál nem szabad elfelejteni, hogy azok közvetlenül olyan hálózatra táplálnak, amelyen fogyasztók is vannak, akiket sem minőségi sem ellátásbiztonsági kár nem érhet. A napelemek termelésével – mivel azok általában a közép- vagy kisméretű feszültségű, azaz egyedileg nem szabályozható hálózatra táplálnak – számolni kell a feszültség szint változásával. Amíg ez a változás tűréshatáron belül marad, nincs szükség hálózatfejlesztésre, de ez határt szab a napelemes erőművek terjedé-

sének. Várhatóan a nagyfeszültségű hálózatra új alállomásokot kell létesíteni, vagy bővíteni, erősíteni kell őket. A hálózat erősítésének költsége körülbelül 20–30 €/kW-ra tehető, de ez a napelem-kapacitással növekszik (Holweger, 2022), ami az LCOE költséget körülbelül 0,2 centtel növeli.

A napelemes energiatermelés további költsége, hogy megfelelő teljesítményű, nem időjárásfüggő erőművet kell rendszerben tartani, hogy az energiaellátás folyamatos legyen. Ezek nem lehetnek tartalék erőművek, hiszen minden nap termelniük kell, de a kapacitáskihasználtságuk csökken, ami a termelt áram fajlagos költségeit növeli. A kihasználatlan kapacitás ára attól függ, hogy milyen erőműtípust választunk példának. Mivel Magyarország energiastratégiája ilyen célra a földgázalapú termelést részesíti előnyben, két kombinált ciklusú gázturbina esettanulmányán keresztül becsüljük meg ennek költségét. Az EIA (U.S. Energy Information Administration) által közölt esettanulmányok alapján (Sargent & Lundy, L.L.C. to U.S. Energy Information and Administration, 2019) a gázturbina bekerülési költsége kb. 900 €/kW, termeléstől független éves költsége 13 €/kW. Éves szinten, 2,5 százalékos amortizációval számolva 1 kW teljesítmény rendszerben tartásának költsége 35 €. A napelemek kapacitáskihasználtsága 13–19 százalék (technológiától és túlméretezéstől függően), így a gázerőmű termelés kieséséből adódó hálózati költség 4–6 € kW-onként évente. Ez LCOE-értékként kifejezve 1–1,5 cent a naperőmű által megtermelt kWh-nként. A napelemek látens támogatási igénye legalább 1,2–0,7 eurócent minden megtermelt kWh-ra, ami kb. 25 százalékos támogatást jelent. Ez minden időjárásfüggő megújuló energiaforrásra, így a szélre is igaz. A gázerőművek szükségessége nemcsak abban áll, hogy az időjárás miatt kieső termelést pótolni tudják, de gyors reakcióidejüknek köszönhetően ezzel a villamos hálózat stabilitása is biztosítva van. A gázerőművek ki-

váltására tárolókat is alkalmazhatunk. Terv szerinti pótlás esetén, pl. éjszaka a teljesítmény természetesen más erőművekből is származhat (pl. biomassa), de a hagyományos fosszilis energia-hordozókkal előállított elektromos áram fajlagosan nagyobb üvegházhatásúgáz-kibocsátást és környezetszennyezést jelent.

Szélergia

Magyarországon új szélergia-termelő egységet a jogi korlátozások miatt 2010 óta nem adtak át. Magyarország energiastratégiája nem is számol különösebben a lehetőséggel, ugyanis a teljesítménykapacitás kihasználása (21–26%) alacsonyabb a nemzetközi átlagnál (36%) (IRENA, 2021). 2010-ben még csak 27 százalék volt a globális átlag, amitől a magyar erőművek kevésbé tértek el, így vizsgálni kell, hogy a szélerőművek technológiai szintjének növelése vajon nem emelte-e meg a kapacitáskihasználási arányt magyar viszonylatban is. A kapacitáskihasználási arány növekedése mögött a szélturbinák lapátátmérőjének növekedése (2010: 80 m, 2020: 120 m), illetve a magasság növekedése (2010: 120 m, 2020: 200 m) áll. Az energiastratégia másik megfontolása a szélergia-hasznosítás ellen, hogy az nem szabályozható. Ez a modern, viharvédelemmel ellátott turbinák esetében nem igaz (Amrane et al., 2021), mert már rendelkeznek azokkal az eszközökkel, melyek az ideálistól eltérő helyzetbe hozzák a turbina lapátjait.

A továbbiakban megvizsgáljuk, mekkora költséggel telepíthetők szélturbinák, illetve hogy milyen energiaárat lehetne elérni az alkalmazásukkal. 2020-ban Európában a szélerőmű létesítésének költsége átlagosan 1300 € volt névleges kW-onként. Ez a naperőművekhez hasonlóan minden olyan költséget fedez, ami nem tartozik a hálózatfejlesztéshez. Konzervatív becslés szerint a kapacitáskihasználás megfelel az elmúlt évek átlagának (23,3%), hi-

szen a legjobb területek foglaltak, ám a technológia sokat fejlődött. Az éves karbantartási és felújítási kiadások 35–50 €-ba kerülnek névleges kW-onként. A szélturbinák élettartama tipikusan 20 év, (Ziegler et al., 2018), ami sok esetben meghosszabbítható, így 5 százalékos amortizációval számolunk. A számított LCOE érték 8,5 eurócent/kWh. Összevetve a napelemes energiatermelés esetén várható villamosenergia-árral, a szélenergia által termelt villamos energia lényegesen drágább, miközben időjárásfüggő tulajdonsága továbbra is fennáll. A szélenergiára számolt LCOE jóval magasabb, mint a nyugat-európai országokban tapasztalt érték. Ennek oka kettős: egyrészt nem vettük figyelembe a technológia fejlődésével járó kapacitáskihasználás növekményét (pl. Németországban a 2010-es 25 százalékról 2020-ra 35 százalékra nőtt), másrészt a tőkeköltség (4%) jóval magasabb a nyugat-európai tipikus tőkeköltségnél (1%). A szél-erőművek telepítése mellett a legfontosabb érv az, hogy kapacitáskihasználási arányuk magasabb, mint a naperőműveké, és a tapasztalatok alapján leginkább a téli időszakban aktívak, így valamelyest kiegyensúlyozhatják a napelemes termelés évszakfüggő változásait. Ha a további tanulmányokból kiderül, hogy a kapacitáskihasználási arány jelentősen meghaladja az eddig ismerteket, akkor a szél-erőmű-telepítés gazdaságilag megtérülő beruházás lehet, ami nagyobbbrészt úgy növeli a megújuló termelés részarányát, hogy közben a ritka egyidejű termelés miatt nem súlyosbítja a hálózati problémákat.

Geotermikus erőművek

A geotermikus energia szempontjából Magyarország helyzete jónak mondható, ám annak felszínre hozása drága és kockázatos vállalkozás. A geotermikus villamosenergia-termelő erőművekből két típus terjedt el, a közvet-

len gőztermelő és a hőcserélős. Az első esetben nagy hőmérsékletre (190 °C) van szükség az áramfejlesztéshez, de a jó hatásfok eléréséhez még ennél is magasabb hőmérséklet szükséges. Ehhez Magyarországon legalább 3–4 km mélységből kellene a vizet felhozni, aminek fúrás költsége legalább 3–5 milliárd forint (két lyuk esetén), ráadásul ilyen mélységekben a fúrás sikeressége fokozottan kétséges. Hagyományosan a geotermikus villamosenergia-termeléshez olyan vízadó réteget kell keresni, ami megfelelő mélységű a nagyobb hőmérséklet eléréséhez, és elegendően nagy felületű a folyamatos nagyenergiás termeléshez. Ehhez a terület feltérképezése és próbafúrások szükségesek. A kisebb hőmérsékletű források esetében a villamosenergia-termelés nem vizes közegben történik, onnan csak a hőelvértelt valósítják meg egy hőcserélőn keresztül. Ilyen erőművek már gazdaságosan üzemeltethetők 120 °C víz-hőmérséklettel is. Nagy előnyük, hogy a fúrólyuk mélysége így nem haladja meg a 2 km-t, és a hatásfokuk kb. 15 százalék lehet (Altun & Kilic, 2020).

Nálunk jobb helyzetű régiók esetében a villamosenergia-termelésre létrehozott geotermikus erőművek költségei 2020-ban 2000–4000 €/kWp között mozogtak. A Magyarországon várható 4000–6000 €/kWp költség (hőcserélős erőművel) önmagában még nem feltétlen akadálya egy ilyen jellegű beruházásnak, de a kivitelezéssel kapcsolatos bizonytalanságok miatt a beruházás messze nem tekinthető kockázatmentesnek (Subir, 2016). A bizonytalanság ebben az esetben a fúrás sikerességén túl a kinyerhető vízhozammal, illetve a hőmérséklettel kapcsolatos. Ezért pl. a német kormány 0,25 €/kWh támogatást ad geotermikus erőművekhez annak ellenére, hogy egy sikeres projekt megtérülési mutatói enélkül is jók. A geotermikus erőművek üzemideje nem végtelen, mert a vízhőmérséklet idővel csökken; ennek oka, hogy általában nem elégséges a vízadó réteg hűtőanyagpótlása. A tapasztalatok

szerint a hatásfok 25–50 év alatt olyan szintre esik, amit már nem éri meg áramtermelésre hasznosítani (Budisulistyo et al., 2017). Az ilyen erőművek ugyan megújuló energiaforrást használnak, de hosszú távon nem feltétlenül fenntartható az üzemeltetésük.

A hőcserélős erőművek kockázatai kisebbek, mert a fúrás mélysége jóval kisebb is lehet. Az egyetlen Magyarország területén üzemelő, elektromos energiát termelő geotermikus erőmű a turai, ami ugyancsak hőcserélős típusú. Összköltsége 5,5 milliárd forint volt, kapacitása 2,7 MW, vagyis kb. 2 millió forint kW-onként. 90 százalékos kapacitáskihasználás mellett a kitermelt energia 7800 kWh 30 éves élettartammal és a világátlag 100 €/kW/év fenntartási költségekkel számolva, így azt várhatjuk, hogy a kinyert villamos energia ára még a napelemekénél is alacsonyabb lesz. A nagy kockázat miatt az ilyen projektek finanszírozási költsége nagyon magas (Wall, 2017), WACC = 12–20 százalék. 15 százalékkal számolva az LCOE érték 11 eurócentnek adódik egy kWh-ra. A geotermikusenergia-termelés további előnye, hogy nem időjárásfüggő, gyakorlatilag egy átlagos erőmű rendelkezésre állásának megfelelő a kapacitáskihasználása. Ezenfelül jól szabályozható, és egyéb célra alkalmas mennyiségű (lakossági vagy ipari) hőenergiát is termel. A geotermikus energia hasznosítása azért lehet prioritás, mert nem szükséges sem tartalék kapacitást fenntartani, sem túltermelés esetére tárolókapacitást létrehozni. Ebben az értelemben az előállított energia ára már jelenleg is kedvezőnek mondható, a kockázatok eliminálása közösségi érdek. A kockázatok legnagyobb részét a fúrás megelőző előkészületek és a fúrás teszi ki. A kockázat csökkenthető, ha a kezdeti lépések (pl. felmérés, feltáró fúrások) már rendelkezésre állnak, vagy ezeket egy kockázati közösség vagy az állam szolgáltatja. Magyarországon a földtani rétegek a szénhidrogén-kitermelés miatt viszonylag jól dokumentáltak, a fúrási adatok hozzáférhetőek.

Biomassza

A biomassza fogalma rengeteg energiahordozót takar – pl. energetikai célú növénytermesztés, tűzifa, mezőgazdasági melléktermékek, szennyvízből kinyerhető éghető gáz és szerves vegyületekből felszabaduló éghető gáz a szeméttelpeken. A melléktermékek felhasználása, különös tekintettel a metántartalmú gázelegyekre, gyakorlatilag kötelező feladat. A biomassza-termelés a későbbi energetikai célú hasznosítás érdekében több szempontból megfontolandó. A növénytermesztés energetikai hatékonysága 1–2 százalék körül mozog (napelem 20–22 százalék), az így nyert tüzelőanyag hagyományos hőerőgépekkel való felhasználása 15–32 százalékos hatásfokú. Kiemelt előny, hogy a rendelkezésre állás 90 százalék is lehet, a biomassza tárolható, és kiváló alapanyag bioüzemanyagok és biogáz előállítására is. A biomassza-alapú elektromosáramtermelés 2021-ben Magyarországon 282 MW beépített kapacitáson folyt (MAVIR, 2021), amiből 1988 GWh (MEKH, 2022) elektromos energiát állítottak elő. A megújuló energiaforrások közül Magyarországon a biomassza adja a legnagyobb részt, ez több mint 80 százalékban fűtőanyagként hasznosul. A biomassza-erőművek költségbecslésénél az egyik legfontosabb tényező a bekerülési költség, amely a nemzetközi tapasztalatok alapján 1500–5000 €/kW között mozgott (IRENA, 2021). A méretgazdaságosság ebben az esetben döntő, a nagyobb erőművek építése és üzemeltetése is fajlagosan olcsóbb. A számításhoz az európai átlag 3500 €/kW bekerülési értéket használjuk. Az erőmű tervezett élettartama legalább 40 év, állandó költsége a bekerülési költség 2–6 százaléka, ahol ismét a méretgazdaságosság dominál. A tüzelőanyag-költség előállított kWh-onként 1–6 eurócent, amiben nagy arányt képvisel a szállítási díj. Az 5 százalék tökeköltséggel kalkulált elektromos áram előállításának ára 6–11 eurócent/kWh, ami 22–38 Ft/kWh-nak

felel meg. A legutóbbi METÁR-tenderen az átvételi ár 38,15 Ft volt. Fontos megjegyezni, hogy a biomassza tüzelőanyagú erőművek hatékonysága alapvetően alacsony, a technikától és a biomassza anyagától függően 15–30 százalék között mozog az elektromos energia előállítása tekintetében. Alacsony bekerülési költség érhető el, ha már nem működő barnakőszén- és ligniterőműveket átállítanak biomasszaüzemre, azonban ezeknek a hatásfoka alacsony. Kihasználva azt a tényt, hogy a biomassza egyes esetekben könnyen gázosítható, vagyis megfelelő hőmérsékleten éghető gázalakul, kombinált ciklusú erőművek építhetők, amelyeknek a hatásfoka 35–45 százalék is lehet (Soltani et al., 2013). Lehetőség van a ciklus megszakítására is, így biogáz állítható elő, amiben az energia akár hosszú távon is raktározható.

A biomassza-potenciál, illetve a -kitermelés fenntartható szintjének becslése kifejezetten bizonytalan eredményt ad, ám a legtöbb becslés szerint ma kb. a teljes fenntartható potenciál felét használjuk ki (Dinya, 2010).

A biomassza kiváló kiindulási pont biogáz, illetve bioüzemanyag gyártásához, ezért a felhasználását elsősorban ott kell ösztönözni. Ha a villamosenergia-ellátás szempontjából tekintünk a biomasszára, akkor ez egy olyan kvázi-karbonsemleges energiaforrás, ami alkalmas az energiaellátás egyenletlenségeinek elsimítására. Ehhez fontos, hogy minél nagyobb hatásfokú, illetve gyors reagálású erőműveket használjunk.

A MAGYARORSZÁGI MEGÚJULÓVILLAMOSENERGIA- ELLÁTÁS LEHETŐSÉGEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Olyan megújuló energiaforrásokat vizsgáltunk, amelyekben Magyarországon jelentős növekedés érhető el. Megállapítottuk, hogy legol-

csóbban napelemekkel lehet villamos energiát előállítani, azonban az időjárásfüggő természetük miatt nem lehet kizárólag erre támaszkodni. A további karbonsemleges technológiák alkalmazásán felül az elektromos elosztóhálózat jelentős fejlesztése és az energiatárolás megoldása is szükséges. A 2. táblázatban összefoglaljuk a tanulmányozott megújuló energiaforrások tulajdonságait.

A legfőbb megújuló energiaforrások fenntarthatósági kérdései

A napelemek alkalmazásánál a környezeti szempontból legfontosabb kérdés a napelemcellák gyártása és újrahasznosítása, mivel a tartószerkezet és a kiszolgáló egységek hagyományos anyagokból épülnek fel (réz, üveg, alumínium, vas), amelyeknek az újrahasználat vagy a hasznosítása meg van oldva. A szilícium alapanyagú cellák gyártása azonban erősen környezetkárosító: nagy mennyiségű energia, víz és nagy tisztaságú alapanyagok szükségesek hozzá. Az előállítás és szállítás során különböző üvegházhatású, savas esőt okozó, illetve mérgező gázok és oldatok keletkeznek. Ezenkívül az előállítással jelentős mennyiségű veszélyes (oldott) hulladék keletkezik, pl. higany, ólom, aceton, toluol stb. Ezek ártalmatlanítása jelentős erőfeszítést igényel, ami komoly versenyelőnyhöz juttatja azokat a vállalatokat, amelyek nem tartják be az előírásokat, vagy azokat az országokat, ahol az előírások kevésbé szigorúak. A gyártás során keletkező környezeti ártalmak csökkentése érdekében a legfontosabb az újrahasznosítás megoldása. Az EU ide vonatkozó irányelve szerint a napelemeket be kell gyűjteni, és újra kell hasznosítani, ám jelenleg ez elsősorban az alapanyagokra bontást jelenti. Az alapanyagokra bontás azonban nem a leginkább környezetkímélő megoldás, mert a napelem degradációja elsősorban a bevonatokon keletkezik. Ez egy olyan laminált rétegrend,

A TANULMÁNYOZOTT MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK TULAJDONSÁGAI

	LCOE (Ft/kWh)	Kockázat	Hálózati költség	Kiaknázási korlátok
Napelem	16–20	Alacsony	Magas	Korlátlan
Szélturbina	28–33	Alacsony	Magas	Mérsékeltlen korlátozott
Geotermikus	38–50	Magas	Alacsony	Korlátozott
Biomassza	22–38	Alacsony	Alacsony	Korlátozott

Forrás: saját szerkesztés

amely a fényt az aktív zónába juttatja, másodszorban pedig az elektromos kontaktokon jelentkezik. A bevonatok eltávolítása kémiai, termikus és mechanikai tisztítással történik, ami újabb környezeti terhelést jelent. Jelenleg nem ismert pontosan a napelemek degradációjának minden aspektusa, de más félvezetőipari tapasztalat alapján (LED) valószínű, hogy a hatékonyság csökkenésében a hőmérséklet, a páratartalom, a beérkező UV-sugárzás mennyisége, illetve az összes átfolyt áram játszik kulcsszerepet. Ezzel kapcsolatban további kutatás szükséges. Ha az előző megfontolások igazak, akkor a napelemcellák élettartama bizonyos körülmények között (pl. hideg és száraz éghajlaton) jóval 25–30 év fölé emelkedik. A környezeti ártalmak csökkentéséhez a következő lépésekkel lehet eljutni:

▶ A napelemek leszerelése csak jelentős teljesítménycsökkenés esetén engedhető meg;

▶ A leszerelt modulok celláit és kötéseit minősíteni kell. Amit lehet, változtatás nélkül, vagy minimális változtatással (pl. újraforrasztással) újra fel kell használni;

▶ A megmaradt hulladékot kezelni vagy újrahasznosítani szükséges.

A keletkező felújított napelemek forgalomképesek, bár életidejük várhatóan elmarad az új napelemekétől.

Ha szélerőművekről van szó, a körkörös gazdálkodás legnagyobb kihívása a szél-erőművek lapátjának anyaga, ami tipikusan

szén- vagy üvegszálás kompozit. A többi elem újrahasznosítása megoldható. A lapát anyagának újrahasznosítása mechanikai vagy kémiai úton történik. Az előbbi esetében őrléssel olyan granulátum hozható létre, ami mechanikailag hasonló tulajdonságú, mint az eredeti anyag; ez adalékanyagként hasznosítható aszfalt- vagy betonszerkezetekhez. A kémiai eljárás során magas hőmérsékleten a szál-erősített műanyag alkotórészeit nyerik ki, azonban ez gyengébb minőségű anyagot ad, és további jelentős energiabefektetést is igényel. A hőmérséklet emelésével az alkotórészek további bomlásával éghető gázok nyerhetők. Jelenleg a legelterjedtebb eljárás a hulladéklerakókban való elhelyezés.

A geotermikus energia fenntarthatósága több szempont mérlegelését igényli. Az egyik a környezeti hatások, ami főleg a gáz halmazállapotú anyagok kibocsátását jelenti (elsősorban kén-hidrogén és kén-oxidok), ezek visszasajtolása a keletkező légbuborék miatt nem lehetséges. A további környezeti hatások technológiafüggők. Az energiatermelés szempontjából az erőművek általában olyan anyagokból épülnek fel, amelyeknek meg van oldva az újrahasznosítása. Az alacsony hőmérsékletű erőművekben a munkaközeg szivárgása okozhat problémát, mivel ezek általában erősebb üvegházhatású gázok (mint a klímaberendezésekben). A hagyományos kitermelés és visszasajtolás általában nem jelent különösebb kockázatot, de

újabbban a rétegrepesztéses eljárás (HDR-Hot Dry Rock) is elterjedt. Ennek a lényege, hogy egymástól akár kilométerekre elhelyezett kutak között rétegrepesztéses eljárással megfelelő utat törnek a víznek, ami felveszi a kőzet hőjét. Ennek az eljárásnak a kockázat-haszon elemzése ellentmondásos.

A geotermikus energia fenntarthatóságával kapcsolatos további probléma, hogy gazdasági megfontolásból több hőt vesz ki a rendszerből, mint amennyi pótlódik. Ezért a nap- és szélenergiával ellentétben a kinyerhető teljesítmény idővel csökken, a regenerációs idő pedig a projektek élettartamán is jóval túlmutat.

A biomassza fenntarthatósága elsősorban a felelős és megújuló erdőgazdálkodáson múlik. Magyarország megújuló biomassza-potenciáljáról, ahogy az előző fejezetekben is szerepelt, ellentmondásos tanulmányok jelentek meg. További környezetvédelmi és fenntarthatósági kérdéseket jelent a tökéletlen égés során keletkező gázok semlegesítése, ami a faelgázosításos eljárással jelentősen csökkenthető, ráadásul ez együtt jár a határfok növekedésével is.

Energiatárolási lehetőségek

Energiatárolási lehetőségeken olyan műszaki megoldásokat értünk, amelyek alkalmasak az energia rövidebb-hosszabb idejű tárolására (órás, hónapos időtáv). Ezekből szinte minden héten újabb és újabb koncepciók születnek, de az életképességük sokszor kérdéses. Kiszámítjuk, milyen kapacitású tárolóra lesz szükség az időjárásfüggő megújulók gazdaságosabb kihasználása érdekében a 2030-as (6400 MW beépített naperőműves teljesítmény) és 2040-es (12 000 MW napelemes teljesítmény) évről. A sokféle energiatárolási megoldás közül a jelenleg standardként kezelt szivattyús tározós erőművet, az akkumulátort, a zöldhidrogén-előállítás, illetve az olvadtó-tárolót vesszük górcső alá.

Módszerek

Az időjárásfüggő megújulóenergia-termelés egyik jelentős kérdése, hogyan lehet a megtermelt többletenergiát eltárolni későbbi felhasználásra. Magyarország energiastratégiája elsősorban a napelemes rendszerek bővítésére tesz javaslatot, és az ott megadott jövőbeli értékekkel számolunk. Megvizsgáljuk, mekkora tárolási kapacitás lehet szükséges a napelemes kapacitás 6400 MW-ra, illetve 12 000 MW-ra bővítése esetén. Ehhez a 2021-es termelési és fogyasztási adatokat (MAVIR) vesszük figyelembe. Feltételezzük, hogy megfelelő skálázással szimulálni tudjuk a 2030-as és 2040-es energiatermelést. Az előállított termelési és fogyasztási adatokkal egyszerű szimulációt végzünk, hogy megtudjuk, mekkora tárolókapacitás milyen hatásfokkal használható ki.

Magyarország 2030-ra mintegy 6400 MW beépített napelemes kapacitással fog rendelkezni, ezenfelül a Paksi Atomerőmű régi blokkjai még 2000 MW beépített kapacitással és a tervek szerint 2030-ra az új blokkok is összesen 2400 MW kapacitással termelnek. A napelemes kapacitás egy része erőművi, más része háztartási méretű. A háztartási méretű napelemes rendszerek termelése általában eltér az erőművi termeléstől, mert ezeknél az erőműveknél a napelem-kapacitás általában nem vagy nem sokkal haladja meg az inverter teljesítményét, azaz a rendszer névleges kapacitását. Ezért ezeknek a rendszereknek a hozama körülbelül 1100 kWh beépített kW-onként évente, szemben az erőművi előállítással, ahol ez 1400–1600 kWh. Mivel a háztartási méretű napelemes rendszerek nem állnak elosztói megfigyelés alatt, a leadott teljesítmény időso-ra nem áll rendelkezésre, ennek megfelelően a MAVIR adatai között sem szerepelnek. Ugyanakkor ezek az erőművek csökkentik a rendszerterhelést, vagyis a látszólagos fogyasztást.

Feltételezéseink szerint 2030-ra a napelemes kapacitások várhatóan mintegy harma-

da lesz háztartási méretű kiserőmű, a jelenlegi struktúrát követve (jelenleg a Nemzeti energiastratégia 2030-ra előrejelzett 800 MW-os kiserőművi kapacitását már elértük). A becslésünk az eddigi trendek követésén alapul.

A napelemes elektromosáram-termelés becsléséhez az alábbi képletet használhatjuk:

$$P_{2030}(t) = \frac{P_{2021}(t)}{1500} \times (4266 + 2133 \times \frac{1100}{1500}),$$

ahol $P_{2030}(t)$ a napelemes termelés várható idő-sora 2030-ban, amit úgy becsülhetünk, hogy a 2021-es termelést [$P_{2021}(t)$] elosztjuk az éves átlag 1500 MW erőművi beépített teljesítménnyel, majd ezt a feltételezett 2030-as 6400 MW beépített kapacitással 2:1 arányban osztjuk. A háztartásokra jutó 1/3 részt korrigáljuk az 1100/1500-as szorzóval, amivel meghatároztuk a háztartási méretű napelemek termelését.

Mindeközben a mértékadó fogyasztást is korrigálni kell, hiszen abban a háztartási napelemes termelés már nem szerepelhet. A módszer alapvetően az lenne, hogy a háztartási méretű naperőművi becsült termelést a megfelelő szorzószámmal hozzáadjuk a mért fogyasztási adatokhoz. Ez azonban a 2021-es háztartásinapelem-boom miatt nem volna helyes, ezért elvileg a 2020-as adatokat használhatnánk, de a pandémia miatti torzító hatások miatt ez sem volna szerencsés. Ezért a 2019-es adatokat használjuk az akkori háztartási méretű naperőművek akkori átlagos teljesítményével (405 MW) korrigálva.

Az atomerőművek teljesítményének becslésére egyrészt a 2021-es termelési adatokat használjuk Paks 1. esetén, másrészt a két új blokk esetén évi 3 hét tervezett karbantartással a tavaszi és őszi időszakban, illetve összesen 10 nap 50 százalékos teljesítménycsökkenéssel számolunk véletlenszerű időszakokban.

A biomassza-erőművek teljesítményének időbeli becslését úgy végeztük, hogy teljesít-

ményük éppen akkora, amekkora a termelés és a fogyasztás különbsége egészen addig, amíg a várható 280 MW névleges termelési kapacitást el nem éri. Ilyen értelemben a biomasszát már eleve energiatárolónak tekintjük. Minden más megújuló energiatermelő egység termelését a 2021-es évnél megfelelően állítottuk be.

A szimulálni kívánt energiatároló egységek modellezésénél öt főbb tulajdonságot veszünk figyelembe: a hatásos kapacitást, a betárolási hatékonyságot, a kitérési veszteséget, a kapacitás és a maximális teljesítmény arányát, valamint azt, hogy ha nem történik hálózati esemény, a tároló mennyi energiát veszít (vagy üzemeltetése mennyi energiát emészt fel).

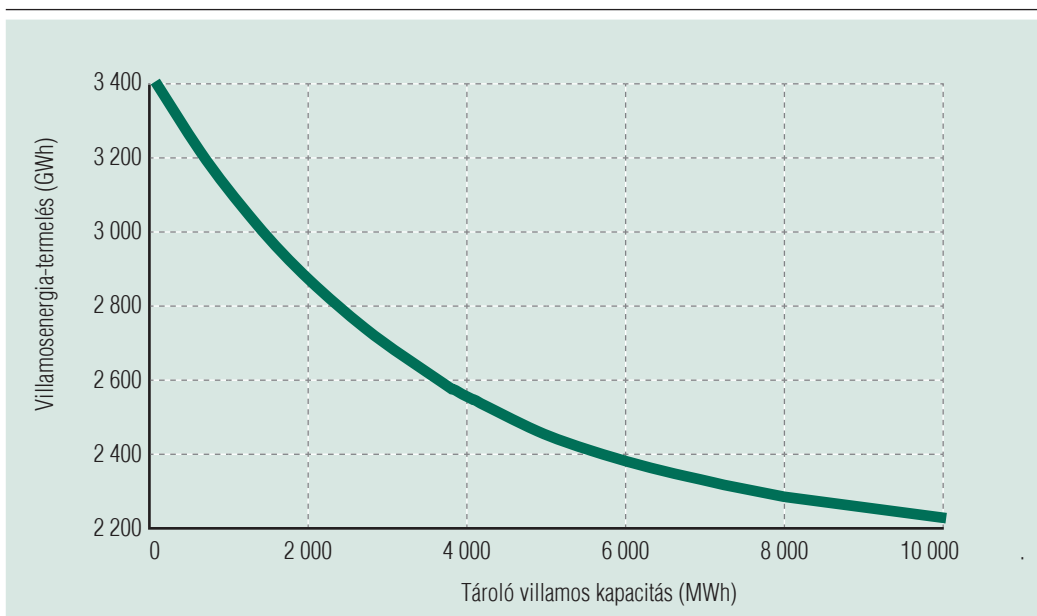
A szimuláció egy egyszerű számítógépes program, amiben az előre beállított energia-termelési és fogyasztási adatokat félóránkénti bontásban a program feldolgozza, és döntést hoz a biomassza-termelési kapacitásról, illetve a tároló kezeléséről. A szimuláció kizárólag demonstrációs jellegű, nem keresi a legjobb tárolási stratégiát, mivel prediktív algoritmus nincs beépítve. További hiányossága, hogy a hálózat részletes egyensúlyát sem veszi figyelembe.

A fenti modell segítségével meghatározható a fosszilis úton előállítandó elektromos energia mennyisége különböző kapacitású tárolók rendszerbe építése esetén.

A szimulációk eredményeként a fosszilis energiahordozóból származó elektromosáram-termelés a 2019-es évvel azonos fogyasztási adatokkal és a fent említett módon meghatározott terv szerinti termelési adatokkal a 4. és 5. ábrán látható. A tároló be- és kitérési veszteségének 20, illetve 10 százalékot, a 24 órás önkiszülésnek 5 százalékot tételeztünk fel, a maximális teljesítményt 1 kW/kWh-nak határoztuk meg (1 órás tároló). Megállapítható, hogy a 2030-as helyzetben (amikor várhatóan villamosenergia-exportőrökké válunk a két atomerőmű együttes üzemeltetése miatt) a tárolókapacitás növekedésének kezdeti szakaszában tárolói MWh-nként 318 MWh villamosener-

4. ábra

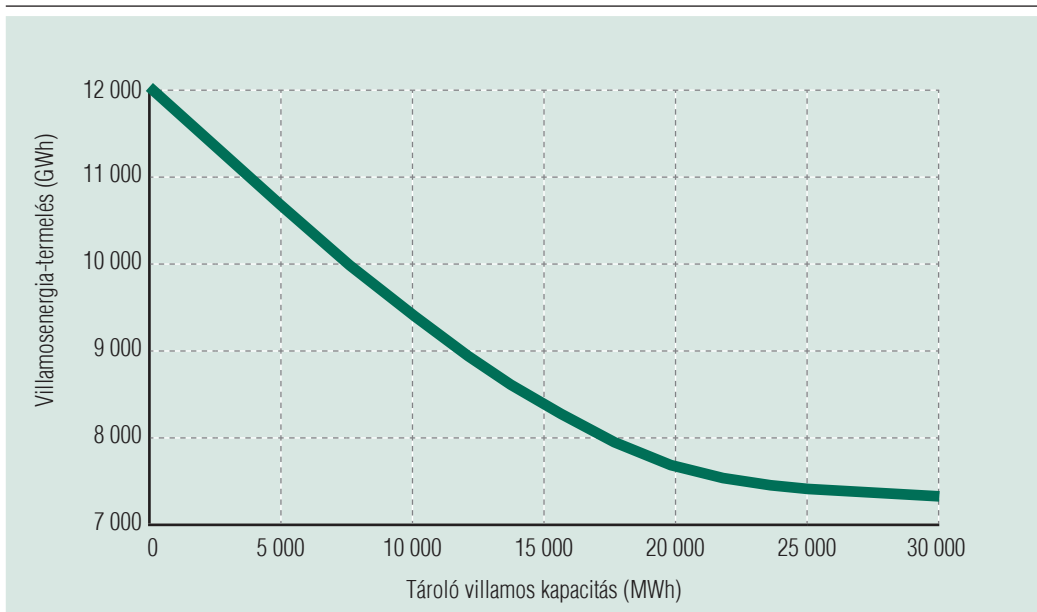
A FOSSZILISENERGIA-TERMELÉS ÉVES SZÜKSÉGES MENNYISÉGE KÜLÖNBÖZŐ ENERGIATÁROLÓ KAPACITÁSOK MELLETT, 2030-BAN



Forrás: saját szerkesztés

5. ábra

A FOSSZILISENERGIA-TERMELÉS ÉVES SZÜKSÉGES MENNYISÉGE KÜLÖNBÖZŐ ENERGIATÁROLÓ KAPACITÁSOK MELLETT, 2040-BEN



Forrás: saját szerkesztés

gia-termelés váltható ki, majd ez fokozatosan csökken 100 MWh-ra (4500 MWh tárolói kapacitásnál). A 2040-es állapot esetében a kezdeti szakaszra illesztett egyenes alapján a tároló 1 MWh-ja egy évben 283 MWh fosszilis termelést vált ki évente, amíg a tárolókapacitás 1000 MWh alatt van. Majd ez csökken 250 MWh-ra 4500 MWh-s tárolókapacitásnál, és 6000 MWh kapacitásnál már 100 MWh-ra csökken. A 4. ábrán és az 5. ábrán látható, hogy 2030-ban a Paks 1. és a Paks 2. egyidejű üzemelése esetén a fosszilisenergiához szükséges alacsony (tároló nélkül is 3400 GWh), míg Paks 1. kiesése esetén még nagy tárolókapacitás beépítése mellett is ezt jóval meghaladja.

A tároló kapacitásának optimális mértéke elsősorban attól függ, hogy a csúcsidei import-, illetve a nappali exportár milyen arányban áll egymással, illetve hogy mekkora a tároló építésének a költsége. Ha a szimulációt

kiterjesztjük, hogy az importárat is vegye figyelembe, valamint a megtermelt villamos energia átvételi árát, akkor a 2021-es árakon számolva megkaphatjuk, mekkora bevételt generál az akkumulátor működése. A bevétel virtuális, az elkerült importköltséget mutatja meg. Az átvételi árát 18 Ft/kWh-ra állítva, de 27 forint alatt ki nem tárazva, a 2021-es HUPX-adatokat figyelembe véve (HUPX, 2022), órára bontva a szimulációt elvégeztük. A szimuláció eredményeképpen a 6. ábrának megfelelő görbét kapjuk a kapacitás függvényében.

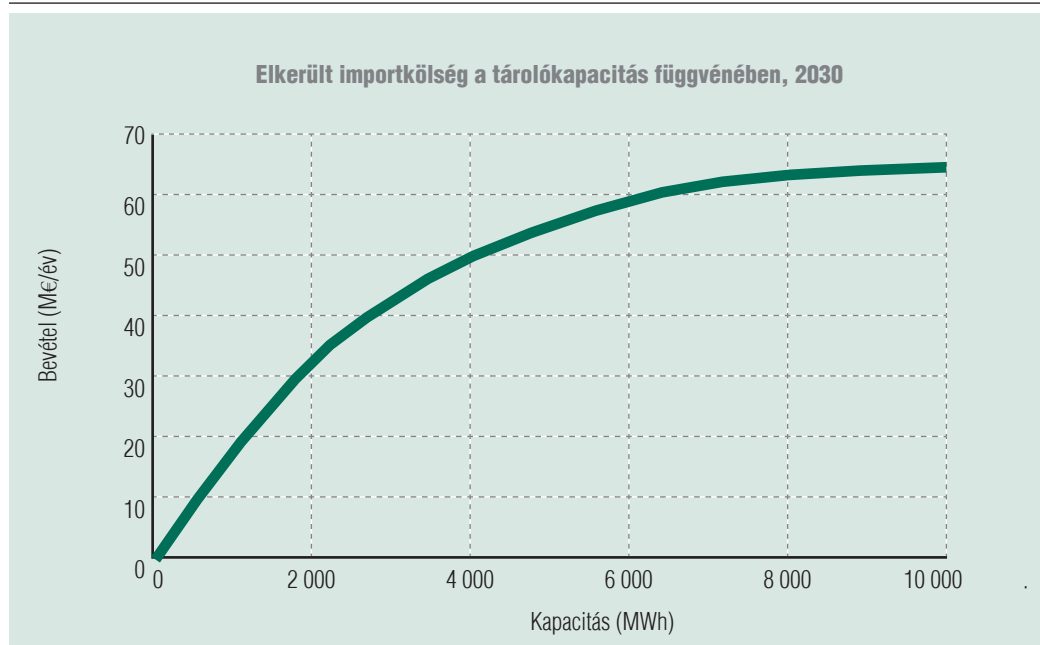
A görbe legmeredekebb kezdeti szakaszára egyenest illesztve megállapítható, hogy ilyen feltételek mellett a tároló éves hozama 18,54 €/kWh/év. Jobb vételi-eladási stratégiával a nyereség tovább növelhető (Kusakana, 2018).

A fenti szimulációhoz az alábbi megjegyzéseket kell tennünk:

- ▶ A 2021-es évben az árampiac nagyon

6. ábra

A TÁROLÓ BECSÜLT HOZAMA 2030-BAN A KAPACITÁS FÜGGVÉNYÉBEN



Forrás: saját szerkesztés

volatilis volt, az év elején még átlagosan 50–60 €/MWh árak voltak érvényben, ami év végére már megközelítette a 250 €/MWh-s szintet. Ez legfőképp az év második felében tapasztalt rendkívüli gázárnövekedésnek a következménye. Ilyen anomáliák azonban a későbbiekben is felmerülhetnek, valamint a jelen pillanatban nem tudhatjuk, hogy milyen szinten stabilizálódik, ha stabilizálódik a piac.

▶ A villamosenergia-felhasználás várhatóan 2030-ig mintegy 20 százalékkal emelkedik, ami a megtérülési számokat önmagában a szimulációk alapján nem változtatja meg, de a hőszivattyús rendszerek elterjedése a jelenlegi energiahasználati görbéket megváltoztathatja, ahogyan az elektromobilitás elterjedése is. Várható, hogy ezek a tárolási jövedelmezőséget inkább növelik, mint csökkentik.

▶ A környező országok energiastratégiája a magyarhoz hasonlóan nagy volumenű napelemes kapacitással számol (Aszódi, 2021), aminek következtében a napsütéses órákban az elektromos energia ára várhatóan igen alacsony lesz. Ennek megfelelően a tárolók esetében a feltöltésre már nem a kötelező átvételi árat, hanem a piaci árat kellene figyelembe venni, ami jelentősen olcsóbb a betárolás időszakában.

ENERGIATÁROLÁSI LEHETŐSÉGEK

Ebben a szakaszban néhány releváns és működő technológiát mutatunk be, amelyek Magyarországon elvileg elérhetőek. Az elemzésünket a szivattyús tározós megoldással kezdjük, mert ez a típus a világon a legelterjedtebb hálózati energiatárolásra, az összes kapacitás több mint 95 százalékát ez adja (Koohi-Fayegh & Rosen, 2020). A szivattyús tározós erőműhöz szükség van egy vízforrásra és egy tározóra, amelyeknek a tengerszint feletti magassága különböző. A működési elv egyszerű: töltéskor a magasabban fekvő területre szivaty-

tyúzzák a vizet, termeléskor a rendszer vízerőművé alakul, és a felhalmozott energiát visszatermeli. Hagyományosan a vízforrás van alul, ami általában egy folyó, a tározó pedig egy magaslaton helyezkedik el. A tározó lehet mesterséges vagy természetes eredetű. Magyarországon szinte nincs olyan helyszín, ahol egy ilyen rendszer kialakítása természetvédelmi érdeket ne sértene, kivéve esetleg a Mátrai Erőmű környékét. A szereposztást megcserélve a tározó a felszín alatt is kialakítható, jelenleg elsősorban bezárt bányákat használnak ilyen célra. A természeti ártalmakhoz sorolható a vízvezetékrendszer kiépítése és legalább egy medence építése is. A medence mérete 200 m szintkülönbség esetén 1 GWh-ként mintegy 2 millió köbméter, amit úgy szemléltethetünk, hogy az egy 20 m mély, 320 m oldalhosszúságú téglatest. Ennek megfelelően szót kell ejteni a direkt természetrombolásról, ami ebben az esetben mintegy 25 hektárt érint, valamint a megfelelő utak, illetve az elektromos hálózat kiépítéséről, ami további több hektár területet vesz el a természettől.

A hagyományos földfelszíni szivattyús tározós erőmű bekerülési költsége helyszíntől függően 900–3400 €/kW a beépített teljesítmény függvényében. Fenntartási költsége 13–25 €/kW, becsült élettartama 40–60 év (Stocks et al., 2021; U.S. Department of Energy, 2020; BME, Energetikai Szakkollégium, 2016). Az ilyen típusú tárolónál a nagy ársávok a rendszermérettől és a helyszíntől való erős függést mutatják, de maga a régió is kiemelt jelentőségű a nagy élőmunka- és nyersanyagigény miatt (Sospiro et al., 2021). Példaként tekintsük a 2000-es évek elején tervezett zempléni, 600 MW teljesítményű erőművet, amely 6000 MWh kapacitással rendelkezik. Egy ilyen erőmű becsült bekerülési költsége körülbelül 720 millió € (indexálással 2022-re). A nemzetközi példák alapján inkább 1 milliárd € a bekerülési költség, és ezzel számolunk a továbbiakban. A 3 százalékos amortizációt figyelembe véve

(az elektromos alkatrészek csereideje 20 év), az éves költség 39 millió €. A 2030-ra szóló szimulációk alapján a várható hozam a kötelező átvételi árral számolva 56 millió €, 2040-re 72 millió €. Jól látható, hogy 2030-ban a realizálható hozam 1,7 százaléknak adódik a szimuláció alapján, de 2040-re ez 3,3 százalékra emelkedik, ami már akár a piacról is finanszírozható. Földfelszíni tárolós erőmű építése sajnos mindenképpen tájrombolással jár, és így a helyi lakosok, illetve civil szervezetek ellenállására kell számítani. Hasonló megoldások léteznek felszín alatti természetes tárolók kihasználásával. Ez leginkább bányákat jelent, de természetes felszín alatti víztározók is szóba jöhetnek. Az ilyen megoldások ára a felszíni árnál legalább 30 százalékkal magasabb (Madlener & Specht, 2020); (Menéndez et al., 2020), ami összességében hasonló arányban csökkenti a megtérülési mutatókat. Fontos megjegyezni, hogy kizárólag a kötelező 50 €/MWh átvételi áron betáplált energia és a nem optimalizált időpontokban a kitérőkor érvényes áron eladott energia árának különbségét vettük alapul. Az egyéb hasznok, pl. a kapacitásfenntartási költség, illetve az eladás optimalizálása nem történt meg, tehát a haszonkulcsok várhatóan a cikkben szereplő haszonkulcsoknak mintegy másfélszeresei lesznek.

A földfelszíni tározós erőművek kialakítása tűnik gazdasági realitásnak, ezek a tározók lehetnek elhagyott felszíni fejtés rekultivatlan területei is, ami kisebb tájrombolást okoz, mindamellett kisebb költséggel is jár.

A tározós erőművek magyarországi helyzetéről összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy gazdaságilag rentábilis az építésük, főképp ha figyelembe vesszük, hogy az erőmű hálózatiirányítási tartalékkapacitásként is működhet. Az ilyen tározós erőművek építésének legnagyobb akadálya a tájrombolás, amit talán körültekintő helyszínválasztással minimalizálni lehet. Az is látható, hogy egy ilyen erőmű megtérülése

a megújuló nagy részaránya, illetve a Paks 1. erőmű leállása esetén gyorsabb. Azt is meg kell jegyezni, hogy az ilyen centralizált megoldások nem kezelik az alhálózati kapacitás problémáit, vagyis az alhálózatok túlterhelését, a fordított energiaáramlás és a túlfeszültség esetleges jelenségét. Ezekre a problémákra komoly összegű hálózatfejlesztéssel vagy elosztott tárolási megoldásokkal lehet válaszolni.

Akkumulátorok

Akkumulátorok esetében a költségbecslés viszonylag egyszerű, mivel egy ilyen tároló létesítése nem igényel különösebb földrajzi megfontolást, ezért telepíthető a hálózaton gyakorlatilag bárhová. A viszonylag könnyű hordozhatóság és a nagy gyártási volumen közel egységes világszertei árakat eredményez, ami statisztikailag könnyen elemezhető. Az akkumulátoros energiatárolásnál a nagyfokú skálázhatóság miatt a nagyobb tárolókapacitás és teljesítmény kevéssé csökkenti a fajlagos költségeket. Ami a becslést mégis megnehezíti, az az akkumulátorok sokfélesége mind a működési elv, mind a felhasznált anyagok tekintetében. A mai piacon hálózati tárolás céljára a leginkább elterjedt a lítium-vas-foszfát rendszerű akkumulátor, aminek előnye, hogy nagy teljesítményt képes felvenni és leadni, miközben a más lítiumalapú akkumulátorokhoz képest hosszabb az üzemideje (10 év, kb. 6000 feltöltés–kisülés ciklus), és hőstabil. Az ilyen rendszerek ára az utóbbi időkből gyorsan csökkent, 2021-ben már 270–300 €/kWh (4 kW/kWh), a becsült bekerülési ár (He et al., 2021) a fenntartási költség (Steckel et al., 2021) alapján évi 4–10 €/kW (15–40 €/kWh) (Zhang, 2021). Az akkumulátor degradációja körülbelül 1–3 százalékra tehető (2 százalékkal számolunk), a modulcsere költsége mintegy 130 €/kWh (10 éves periódus szerint), ami mintegy felére csökkenthető felújítással (Steckel et al., 2021).

A regeneráció a legújabb eredmények szerint elvégezhető elemekre bontás nélkül is (Jing et al., 2020), ám a felújított akkumulátor teljesítménye elmarad az újakhoz képest. Ezért néhány életciklus után elkerülhetetlen a teljes újrahajósítás. A számításokban feltételezzük, hogy az akkumulátort napelemes rendszer tölti fel, és a napelemes rendszerbe már beépült invertert használja, vagyis ennek költségét nem számítjuk be még egyszer. A modulokon kívüli költségelemek amortizációs idejét 30 évre becsüljük, ahogyan a napelemeknél is tettük. Az ilyen rendszerű akkumulátorok költsége 40–55 €/kWh évente. 2030-ra 1000 MWh kapacitást feltételezve a bevétel 25 millió €, szemben az éves (degradációval együtt számított) legalább 40 millió € fenntartási költséggel. Jól láthatóan az akkumulátorok beépítése pusztán energiatárolási (nem hálózatstabilizációs) céllal nem rentábilis. Ennek oka elsősorban az, hogy nagy az akkumulátoros rendszerek energiasűrűsége, és még kis (néhány százalékos) töltési/kisülési veszteség esetén is aktív, lehetőleg hőszivattyús hűtést igényelnek. Ezt nemcsak biztonsági, de gazdasági szempontok is alátámasztják, mert az akkumulátorok élettartama a hőmérséklet emelkedésével jelentősen csökken (Sui et al., 2021). További gyors degradációt okoz a teljes kisülés, ami úgy kerülhető el, hogy a kapacitásnak csak egy részét használjuk. Az akkumulátorok alkalmazása gazdasági szempontból előnytelen.

A magyar energiastratégia a tárolási kérdésekben nem foglal egyértelműen állást, de kiemeli, hogy hosszú távon a hidrogén előállítás lehet a megoldás. A hidrogén előállításának koncepciója nagy mennyiségben elektromos áram segítségével (zöld hidrogén) még kezdeti fázisban tart. Csupán néhány pilot projekt valósult meg, a legnagyobbak is csak 6–10 MW teljesítményűek.

A hidrogén előállítása elektromos áram segítségével a víz elektrolízisével kezdődik. Erre több technikai megoldás is létezik, de jelen

pillanatban a legfeljebb 77 százalékos hatékonysággal működő hagyományos (alkalikus elektrolizáló) tekinthető piacérett technológiának. Várható, hogy a tüzelőanyag-cellákhoz hasonló felépítésű protoncserélő membrán technológiájú elektrolizáló a 2030-as évekre már piacéretté válik, ami 83–86 százalékos hatékonyságot eredményez. (UK Department of Business, 2021). Jelenleg a két technológia hatásfoka között nincs lényeges különbség, de a membrános technológia esetén a membrán várható élettartama fele a hagyományos esethez képest. Az elektrolizáló költségét 900 €/KW-nak (hagyományos), hatékonyságát 77 százaléknak vesszük (UK Department of Business, 2021). Az elektrolízisnél keletkező gázt szárítani, kompresszorral sűríteni és tárolni kell. A tárolás történhet a gáztranzitvezetékben, tartályban, illetve természetes tárolóban. Az általában acélból készült tárolók és csővezetékek biztonsági problémát jelentenek, mert a hidrogén az acélban jól diffundál, ott egyrészt kölcsönhatásba lép a szénnel és egyéb adalékanyagokkal, illetve fém-hidrideket alkotva megváltoztatja a fémek mechanikai tulajdonságát. Repedés vagy törés esetén a szivárgó gáz könnyen, akár gyújtó forrás nélkül is robbanhat. A természetes tárolók lennének alkalmasak nagy mennyiségű gáz hosszú távú tárolására, de a hidrogén kölcsönhatásba léphet a kőzetekkel, ezért egyelőre csak sóbányák használatát javasolják ilyen célra. A magyarországi tározók (homokkő és mészkő) alkalmazása további vizsgálat tárgyát kell, hogy képezze. A tárolási költséget tekintve így még becslést sem tudunk adni, de a végeredmény szempontjából valószínűleg ez érdektelen lesz. A hidrogén elektromos árammá történő visszaalakítására vagy kombinált ciklusú erőművet (kb. 55 százalék hatásfok), vagy tüzelőanyag-cellát alkalmazunk, aminek igen magas a költsége. A kombinált ciklusú erőművek bekerülési költsége 850 €/kW, a hatásfokuk 55%. A fenntartási költségeket tekintve a változó kiadások kb. 0,25 €/KWh, az elektrolizáló

zálócella karbantartása kb. 50 €/kW/év. A metrendszerű cserékkel együtt az elektrolizátor amortizációjára 6%/év becslés adható. Ehhez képest az erőmű fenntartási költsége alacsony: 10 €/kW fix és 0,002 €/kWh változó költségelemekkel számolhatunk. Végtelen tárolási lehetőségek mellett 10 MW maximális teljesítmény esetén a bevétel 1 millió € alatti évente, az avulási és fenntartási kiadás pedig 1 millió € feletti. Tehát a jelen körülmények között a technológia nem rentábilis. Ez a becslés nagymértékben eltér a zöldhidrogénárakhoz képest, aminek elsősorban az az oka, hogy kizárólag a napelemek által szolgáltatott többletenergia alkalmazásával a rendszer csak 5–10 százalékos kapacitáskihasználással képes dolgozni. A hidrogénnel történő energiatárolás abban az esetben kerülhet előtérbe, amikor a villamos energiából jelentős többlet adódik, amit hosszú távra szeretnénk raktározni, vagy mobilitási célokat szeretnénk vele megvalósítani. Magyarországon várhatóan nem ez lesz a helyzet. A megújuló és a nukleáris erőművek össztermelése még 2030-ban sem fogja meghaladni a teljes villamosenergia-igényt, csak bizonyos időszakokban (pl. hajnali mélyvölgy, napos időben a déli órákban), ezekre az egyenlőtlenességekre a rövid időtávú tárolók sokkal gazdaságosabban használhatók.

A hőtárolókat alapvetően elektromos energia tárolására alkalmazni nem érdemes, mert a hő-áram átalakítás hatásfoka alacsony, 20–40 százalékos. Magyarország elektromosenergia-mixének jelentős részét az atomenergia teszi ki, ami egyrészt olcsón állítja elő a hő-, majd ebből az elektromos energiát (a termeléssel változó költségek alacsonyak), másrészt a működtetésük során ajánlott folyamatosan a névleges teljesítményen üzemeltetni, így a karbantartási költségek (és veszélyforrások) minimalizálhatók. Az időjárásfüggő megújulóenergia-termelők a 2030–2040-es időszakban sokszor önmagukban elérik vagy meghaladják a teljes energiaigényt. Ebből kifolyólag az atomerő-

művek visszaszabályzására is sor kerülhet. Ezt lehetőleg el kell kerülni, ezért megoldás lehet a naperőművek visszaszabályzása is. Mindkét megoldás a megtermelt karbonsemleges energia kidobását is jelenti. Feltéve, hogy más nagyobb volumenű tárolót nem alkalmaznak. Lehetőségként felmerül, hogy el lehet raktározni a nukleáris erőmű (Paks 2.) megtermelt hőjét. Ezzel egy olyan energiatárolási koncepció születne, amikor a tárolt hő nem közvetlenül elektromos energiából származik, ezért a későbbi felhasználás során közel azonos hatásfokkal lehet elektromos energiává alakítani, mint amilyen tárolás nélkül lett volna. Ilyen értelemben az energiatárolás akár 75–80 százalékos hatékonyságot is elérhet, szemben a 20–40 százalékkal. A hőtárolási kapacitás meghatározásához vegyük a Paks 2. erőmű teljesítményét, amely 3700 MW körüli hőteljesítményt jelent blokkonként, azaz összesen körülbelül 7400 MW-ot. A Paks 2. erőmű szekunder körének hőmérséklete, ahonnan a hőelvétel történhet, 283 °C (MVM PAKS II. ZRt., 2020). A napelemes működés sajátosságai miatt olyan tárolórendszerben gondolkozunk, amely képes a teljes hőtermelés felvételére 4 óra időtartamban, azaz a hőtároló kapacitásának mintegy 30 GWh-nak kellene lennie. A 2030-ra, illetve 2040-re vonatkozó előrejelzések szerint azonban gazdaságilag legfeljebb 4 GWh elektromos tárolókapacitás lenne indokolt (12 GWh termikus), esetleges bővítési lehetőségekkel. Az elérhető hőmérséklet legfeljebb 280 °C. Mivel a Paks 1. erőmű turbinái jelenleg 260 °C-os gőzzel üzemelnek, a reaktor bezárása után ezek alkalmasak lehetnek a visszatermelésre, tehát a beruházás csak a hőköri elemeket és a tárolót érinti. Példaként a (Jeffrey M. Gordon, 2021) cikkében foglaltak szerint az olvadó só alapú tároló költsége (hidraulikával) körülbelül 15 €/kWh (termikus), ehhez számoljuk a turbinák átalakítási költségeit 0,2 €/W-nak, vagyis a 12 000 MWh termikus kapacitású rendszer 500 MW-os turbinakapacitással összesen 280

millió euróba kerülhet. A tároló amortizációját és fenntartási költségeit a bekerülési költség 10 százalékának feltételezve az éves költség 28 millió euró, a megtermelt hozam 48 millió euró (2030), illetve 58 millió euró (2040). Két turbinát használva a profit még nagyobb is lehet, de mivel az egész számítás csak demonstrációs jellegű (ilyen tárolót még nem építettek), az optimalizációt itt sem végezzük el. Az atomerőmű kiegészítése hőtárolóval láthatóan olyan megoldás, ami elvi síkon életképes, de biztonsági és megvalósíthatósági tanulmányok egyelőre nem támasztják alá a kivitelezhetőségét.

Az atomerőmű és a hőtárolós rendszerek összekapcsolása tehát egyrészt profitot termel, másrészt megóvja az erőművet a leszabályozástól. A hálózati problémákra azonban nem nyújt választ, a napelemes termelés elosztóhálózatra terhelését továbbra is meg kell oldani.

ÖSSZEFOGLALÁS, KONKLÚZIÓ

A megújuló energia termelésével és az ezzel kapcsolatos tárolási kérdésekkel foglalkoztunk. Megvizsgáltuk a különböző megújuló energiaforrások várható költségét, időjárásfüggését, megtérülését. Helytállónak találtuk az energiastratégia napelemfókuszú megközelítését, mivel az önállóan is életképes lehet gazdaságilag, ám az időjárásfüggése miatt a hálózati infrastruktúra komoly átalakítására van szükség. További probléma, hogy a napelemek elterjedése egyre inkább felborítja az európai piacot, aminek nyomán a napelemes termelés csúcspontjában már most is előfordul, hogy eladhatatlan az elektromos energia. Ez veszélyezteti a megtérülést. Ezért és a további karbonkibocsátás csökkentése érdekében a

napelemes rendszerek mellett tárolók kialakítása válik szükségessé. Ahhoz, hogy a tárolók bevezetésének pénzügyi megtérülését vizsgálni tudjunk, egy egyszerű modellt vezettünk be az elektromos energia időfüggő termelésére, valamint az árakra vonatkozóan. A termelés alapját a Covid-19 járvány és háztartásnapelembloom előtti utolsó, 2019-es év adta, amin Magyarország energiastratégiájának megfelelően változtattunk, hogy fel tudjuk becsülni a 2030-as és 2040-es kínálati oldalt. A villamos energia nemzetközi ára vonatkozó becslésben a 2021-es év magyarországi villamosenergia-importjának árát vettük alapul. Az utóbbi időben kialakult sokszereű energiaár-növekedés ebben az adatsorban szerepel, ami a tárolók várható hozamának jelentős túlbecslését eredményezheti. Másrészt viszont a napelemes és szélenergia volumenének jelentős növekedése az európai piacon hasonló volatilitást vetít előre. A vizsgált tárolómegoldások közül a szivattyús tározós erőmű, illetve a nukleáris eredetű hőtárolás gazdaságilag kellően érett és profitábilis döntés. Ezen erőművek természetesen azt mutatja, hogy csak nagy méretben, nagy teljesítménnyel üzemeltethetők, ami ugyan megoldást kínál a szén-dioxid-kibocsátás problémájára, de nem váltja ki a hálózati fejlesztéseket. Erre olyan megoldást kellene találni, ami kis méretben is gazdaságos. Mai tudásunk és a piaci trendek alapján a megoldás akkumulátorok alkalmazása lenne, aminek bekerülési költségei nem is túl magasak. Azonban a számításokból kiderült, hogy mégsem rentábilisak, mert mai tudásunk alapján az üzemeltetésük (a felügyelet és a hűtés) költsége magas, a modulok élettartama viszont rövid. A modulok költségei jelentős jövőbeli árcsökkenését az is hátráltatja, hogy hasonló modulok használatosak az elektromobilitás terén. ■

IRODALOM

- ALTUN, A. F., KILIC, M. (2020). Thermodynamic performance evaluation of a geothermal ORC power plant. *Renewable Energy*, 148, pp. 261–274, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.034>
- AMRANE, F., FRANCOIS, B., CHAIBA, A. (2021). Experimental investigation of efficient and simple wind-turbine based on DFIG-direct power control using LCL-filter for stand-alone mode. *ISA transactions*, pp. 1245–1256, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.03>
- ASZÓDI, A., et al. (2021). Comparative analysis of national energy strategies of 19 European countries in light of the green deal's objectives. *Energy Conversion and Management: X*, 12, pp. 100–136, <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100136>
- BUDISULISTYO, D., WONG, S., KRUMDIECK, S. (2017). Lifetime design strategy for binary geothermal plants considering degradation of geothermal resource productivity. *Energy Conversion and Management*, pp. 1–13, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.10.027>
- DINYA, L. (2010). Biomassza-alapú energiatermelés és fenntartható energiagazdálkodás. *Magyar Tudomány*, 918. oldal
- HOLWEGGER, J. C. (2022). Distributed flexibility as a cost-effective alternative to grid reinforcement. *22nd Power Systems Computation Conference*. Porto, Portugal: arXiv
- HE, G., MICHALEK, J., KAR, S., CHEN, Q., ZHANG, D., WHITACRE, J. (2021). Utility-Scale Portable Energy Storage Systems. *Joule*, pp. 379–392, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.12.005>
- GORDON, J., FASQUELLE, T., NADAL, E., VOSSIER, A. (2021). Providing large-scale electricity demand with photovoltaics and molten-salt storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110261, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110261>
- KOOHI-FAYEGH, S., ROSEN, M. A. (2020). A review of energy storage types, applications and recent developments. *Journal of Energy Storage*, 101047, <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.101047>
- KUSAKANA, K. (2018). Optimal operation scheduling of grid-connected PV with ground pumped hydro storage system for cost reduction in small farming activities. *Journal of Energy Storage*, 16, pp. 133–138, <https://doi.org/10.1016/j.est.2018.01.007>
- MADLENER, R., SPECHT, J. M. (2020). An Exploratory Economic Analysis of Underground Pumped-Storage Hydro Power Plants in Abandoned Deep Coal Mines. *Energies*, <https://doi.org/10.3390/en13215634>
- MENÉNDEZ, J., FERNANDEZ-ORO, J. M., LOREDO, J. (2020). Economic Feasibility of Underground Pumped Storage Hydropower Plants Providing Ancillary Services. *Applied Sciences*, <https://doi.org/10.3390/app10113947>
- ROTH, A. et al. (2021). *Renewable energy financing conditions in Europe: survey and impact analysis*. Project: AURES II – Auctions for Renewable Energy Support, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35212.03208>
- RUSEN, S. E. (2020). Quality control of diffuse solar radiation component with satellite-based estimation methods. *Renewable Energy* 145, pp. 1772–1779
- SKOCZEK, A. T. (2009). The results of performance measurements of field-aged crystalline silicon photovoltaic modules. *Progress in Photovoltaics: Research and applications* 17.4, pp. 227–240

- SOLTANI, S., YARI, M., MAHMOUDI, S. M. S., MOROSUK, T., ROSEN, M. A. (2013). Advanced exergy analysis applied to an externally-fired combined-cycle power plant integrated with a biomass gasification unit. *Energy*, pp. 775–780, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.07.038>
- SOSPIRO, P., NIBBI, L., LISCIO, M. C., LUCIA, M. (2021). Cost and Benefit Analysis of Pumped Hydroelectricity Storage Investment in China. *Energies*, 14, pp. 1–20, <https://doi.org/10.3390/en14248322>
- STECKEL, T., KENDAL A., AMBROSE, H. (2021). Applying levelized cost of storage methodology to utility-scale second-life lithium-ion battery energy storage systems. *Applied Energy*, 117309 <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117309>
- STOCKS, M., STOCKS, R., LU, B., CHENG, C., BLAKERS, A. (2021). Global atlas of closed-loop pumped hydro energy storage. *Joule*, 5, pp. 270–284, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.11.015>
- SUBIR, K. (2016). *ESMAP: Energy Sector Management Assistance Program: Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Risk Mitigation*. Forrás: Wordbank.org
- SUI, X., ŚWIERCZYŃSKI, M., TEODORESCU, R., STROE, D. I. (2021). The Degradation Behavior of LiFePO₄/C Batteries during Long-Term Calendar Aging. *Energies*, pp. 1–16, <https://doi.org/10.3390/en14061732>
- WALL, A. M. (2017). Geothermal costs of capital: Relating market valuation to project risk and technology. *GRC Transactions*, a41.
- ZHANG, D. C. (2021). Life-Cycle Economic Evaluation of Batteries for Electrochemical Energy Storage System. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, pp. 2497–2507, <https://doi.org/10.1007/s42835-021-00808-3>
- ZIEGLER, L., GONZALEZ, E., RUBERT, T., SMOLKA, U., MELERO, J. (2018). Lifetime extension of onshore wind turbines: A review covering Germany, Spain, Denmark, and the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, pp. 1261–1771, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.100>
- BME, Energetikai Szakkollégium. (2016). *Mosonyi Emil emlékfélév*. Forrás: https://www bitesz.hu/wp-content/uploads/2016/11/szet_helyzete_magyarorszagon.pdf
- EON. (2022. 01 2022.01.08). *eon.hu*. Forrás: https://www.eon.hu/content/dam/eon/eon-hungary/documents/kiseromuvek-csatlakozasi-lehetoseg/EDE_eromu.pdf
- EON. (2022. 01 2022.01.08). *eon.hu*. Forrás: https://www.eon.hu/content/dam/eon/eon-hungary/documents/kiseromuvek-csatlakozasi-lehetoseg/EED_eromu.pdf
- Európai Bizottság (2020). *Eu törvénytár*. Forrás: Eu törvénytár: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF
- Európai Tanács (2018). *EU törvénytár*. Forrás: EU törvénytár: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
- HUPX. (2022). *HUPX, historical data, 2021*. Forrás: <https://hupx.hu/en/market-data/dam/historical-data>
- IRENA. (2021). *Renewable power generation cost 2020*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- MAVIR. (2021). *mavir.hu*. Forrás: https://www.mavir.hu/documents/10258/240293410/BT_2015-20211231_ig_BR+NT_HU.pdf/fdae14d8-ffe6-e4fa-d98f-bf7a92f74e1a?t=1642080079547

- MEKH. (2022). *Magyar Energia és Közműszabályzási Hivatal, termelési adatok*. Forrás: http://www.mekh.hu/download/8/0e/01000/4_2_brutto_villamos_energia_termeles_eves_2014_2020.xlsx
- MVM PAKS II. ZRt. (2020). *PAKS 2. környezeti hatástanulmány*. Forrás: Paks2.hu: <https://www.paks2.hu/documents/20124/60046/1-8.+fejezet+-+K%C3%B6rnyezeti+Hat%C3%A1stanulm%C3%A1ny.pdf/b319ea87-14ba-5e94-22bd-4bfbbc2a2728>
- PVGIS, E. S. (2022. 01 2022.01.05). *Photovoltaic Geographical Information System*. Forrás: Photovoltaic Geographical Information System: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en
- Sargent & Lundy, L. L. C. to U. S. Energy Information and Administration. (2019. December 2022.01.10). *www.eia.gov*. Forrás: https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capital_cost_AEO2020.pdf
- UK Department of Business, E. a. (2021). *Hydrogen Production Costs 2021*. Forrás: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1011506/Hydrogen_Production_Costs_2021.pdf
- U. S. Department of Energy. (2020. December 2022. 02. 08). *pnnl.gov*. Forrás: 2020 Grid Energy Storage Technology Cost and Performance Assessment: <https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/Final%20-%20ESGC%20Cost%20Performance%20Report%2012-11-2020.pdf>

A földgáz Közép- és Délkelet-Európában: egységesülő piac és új kihívások

Giday András

Pénzügyi Szemle

andras.giday@gmail.com

Fritsch László

MVM CEEnergy Zrt.

fritsch.laszlo@ceenergy.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

A gázfelhasználás és annak forrása minden európai ország számára stratégiai kérdés. Tanulmányunk Közép- és Délkelet-Európa földgázfelhasználását, a térségbeli fogyasztás szintjét és szerkezetét vizsgálja, illetve elemzi az elmúlt másfél évtized hálózatfejlesztéseit, az LNG-kikötők építését. Az EU által hozott szabályok, a hálózat használatához való hozzáférés biztosításával egységesedő piacot teremtettek. A földgázvezetékek 1970-es évekbeli megépülése óta Közép- és Délkelet-Európa ellátásában domináns szerepet tölt be az oroszországi gázimport. Az elmúlt 10-12 évben emellett további nagy kapacitású vezetékek épültek keleti irányból Európa felé, amelyek a térségbeli országok számára bekapcsolási lehetőséget teremtettek. A térség egyes országai között épített interkonktorokkal a térség piaca immár egységesnek tekinthető, ahol a hálózathoz való hozzáférés mérsékelt költségekkel biztosítva van. A térségben ugyanakkor a földgázfogyasztás és -szállítás kérdései jelentős mértékben átpolitizáltak. Egyrészt nagy hatásuk van az új klímapolitikai elképzeléseknek, megállapodásoknak, másrészt geopolitikai feszültségek is befolyásolják a földgáz szállítását. 2021-ben még a fogyasztás emelkedése látszott valószínűnek, a térség államai szénérőművek helyett a megújulók és a földgáz együttesére alapozott áramtermelésre kívántak áttérni, a Balkánon pedig az új déli vezetékek révén lett volna lehetőség a korábbinál nagyobb importra. A megváltozott helyzet a földgáz felhasználásában korábban tervezett szintet várhatóan mérsékelni fogja. Ebbe az irányba hatnak a magas árak, illetve a hidegháborút idéző hangulat miatt az orosz gázimporthoz való korlátozott hozzáférés is.

KULCSSZAVAK: kereskedelempolitika, szénhidrogének, gázszolgáltatás és -vezetékek, energia, makrogazdaság

JEL kódok: F13, L71, L95, Q43

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_3

A gázfelhasználás és annak forrása minden európai ország számára stratégiai kérdés. A földgázt több szektor is nagy mennyiségben használja fel 4-5 évtizede: a villamosáram- és hőtermelés, az ipar, a lakosság. Térségünkben a földgáz szállítása többnyire csővezetéseken történik, a fűtés miatti téli csúcspotyogást pedig úgy elégítik ki, hogy a nyáron felszínre hozott gázt föld alatti tárolókban helyezik el. Három évtizede a cseppfolyósított földgáz (LNG) tengeri szállítása is egyre nagyobb szerepet tölt be a világkereskedelemben.

A villamos áram és a földgáz ára közt szoros a kapcsolat: az elmúlt 15 évben az EU-ban az áram árát a gázzal üzemelő hőerőművek által termelt áram költsége határozta meg. Míg két évtizede még integrált és általában állami tulajdonú nagy energetikai vállalatok látták el a földgázszállítást, a -tárolás és a fogyasztói gázellátás feladatait, addig ezt ma piaci alapon végzik úgy, hogy a gázkereskedők az egyes országok közt is szabadon szállíthatnak gázt.

A cikk témája Közép- és Délkelet-Európa földgázfelhasználása. Amióta a földgázvezetékek megépültek keleti irányból az 1970-es években, azóta Közép- és Délkelet-Európa ellátásában domináns szerepet tölt be az oroszországi gázimport (ez alól csak két nagyobb ország kivétel). A térségben a földgázfogyasztás és -szállítás kérdései jelentős mértékben átpolitizáltak voltak az elmúlt két évtizedben, és így van ez ma is. Egyrészt nagy hatásuk van a 3 éve meghirdetett új klímapolitikai elképzeléseknek, megállapodásoknak. Másrészt az egyes országok politikai viszályai is befolyásolják a földgáz szállítást. A térség mindezeknek inkább elszennvedője, mint aktív alakítója. 2009-ben Ukrajna elzárta a rajta áthaladó földgáztranszitzeteket. Az EU klímapolitikája egyre inkább bele kíván szólni abba, hogy ki milyen energiaforrást használ fel. Nem is szólva arról, hogy a térség nagy gázforrását jelentő Oroszország 2022 februárja óta háborúban áll az egyik térségbeli országgal.

A cikk vizsgálja a térségbeli fogyasztás szintjét és szerkezetét. Bemutatja, hogy az EU által hozott szabályok a hálózat használatához való hozzáférés biztosításával egységesedő piacot teremtettek. Elemzi az elmúlt másfél évtized hálózatfejlesztéseit, az LNG-kikötők építését.

A részben az orosz–ukrán háború miatt magas energiaárak arra ösztönzik mind a lakosságot, mind az energaintenzív iparágakat, hogy a kevésbé hatékony energiahordozókat minél hamarabb lecseréljék gázra vagy villamos energiára. Emellett a földgázhoz való hozzáférhetőség is befolyásolni fogja ennek további elterjedését, felhasználhatóságát.

Két kérdést tettünk fel. Az egyik az volt, hogy Közép- és Délkelet-Európa gázzal való ellátásának az útvonalai mennyiben változtak meg az elmúlt másfél évtizedben. A másik pedig az, hogy a térségbeli földgázfelhasználás és -infrastruktúra mennyiben tér el a nyugat-európaiktól.

A TÉMA IRODALMA

A régió földgázellátásával kapcsolatos gazdasági jellegű irodalom terjedelmes. Ezek közül a földgázfogyasztásban várható trendek, a hálózatépítés, illetve a szabályozásbeli változások piaci hatásai tekintetében a következők emelhetők ki:

- az energiasztratégiával foglalkozó publikációk¹,
- az EU által előírt vagy elvárt szabályozásbeli változások,
- az infrastruktúra-projektekkel érintő tervek, illetve azok megvalósítása.

A gáz szerepét illetően az egyik oldalon a gáz aranykorának eljövételét meghirdető 2011. évi IEA-jelentés áll (IEA WEO, 2011). A másik oldalt jól példázza az EU klíma- és energiapolitikai stratégiáját meghirdető 2019-es kiadvány, amely a megújulókat abszolút el-

s többségét hirdette meg (Clean energy for all Europeans).

Jirusek (2017) bemutatta, hogy a keletről a térségbe tervezett vezetéképítési elgondolások közül másfél évtized alatt melyek valósultak meg (eredeti vagy módosított) tartalommal, illetve melyek voltak azok, amelyeket végül is nem építettek meg. *Hancher és Salerno* (2017) tanulmánya bemutatta az energiaszektor 2006-os EU-felmérésének az eredményeit. *Szulecki* (2016) felhívta a figyelmet az EU „energetikai irányítása” (Governance) tekintetében érvényesülő trendre. Szerinte az EU egyre nagyobb befolyást fog majd magának szerezni (a tagállamokkal szemben) azáltal, hogy ő mondja majd meg, hogy milyen energia- és klímaterveket készítsenek, és azok milyen mutatókat tartalmazzanak. *Stern* (2019) felvetette, hogy a gázpiaci verseny mozgásterét várhatóan jelentősen leszűkítik majd az EU klímapolitikájának az elvárásai. Szerinte az az EU lép fel a verseny korlátozójaként, amelyik 10-12 évvel korábban az EU-ban megteremtette a versengő földgázpiacot.

A Balkán egyes országainak energiaszerkezete és -politikája nagymértékben eltér egymástól, ezen keresztül a stratégiaváltoztatás egyes területeinek jelentőségét mutatta be *Deák et al.* (2021). A visegrádi országok esetében az emelhető ki, hogy az energiasztratégiájukban nagyrészt körvonalazódtak a szénről való lemondás a kérdései. A 2020-as évtizedben Csehország gázfogyasztásában például 20 százalékos emelkedést vártak, Szlovákiánál pedig 5 százalékosat.² Ukrajna földgázszektorának elemzői kiemelték, hogy korábban a gáz-, illetve távhőszolgáltatás kiugró támogatást élvezett.³

A térség energiaszektorának a változásairól viszonylag sok információ található az EU DG Energy tanulmányaiban, illetve a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) kiadványaiban.

MÓDSZER

A vizsgált régió Közép-Európa korábbi szocialista országait, a Balkánt és Ukrajnát foglalja magában (a három balti ország nem tartozik ide). Azért indokolt ennek a térségnek az együttes vizsgálata, mert a gázvezetékek révén az egyes országok energetikailag kapcsolódnak egymáshoz.

A cikk egyik része az energetikai adatokból képzett mutatókkal prezentálja, hogy a térség, illetve annak egyes országai mennyi földgázt használnak, és az miként oszlik meg az egyes felhasználási célok között. Az adatok az EU, illetve az egyes országok energetikai szervezeteitől, illetve a Gazpromtól származnak. A közelmúltra vonatkozó, 2020. évi adatok megtalálhatók az Eurostat honlapján, a jövőre vonatkozóan pedig a Földgázpiaci Szállítási Rendszerüzemeltetők Európai Hálózata (ENTSOG) szolgáltatók adatait.

A cikk bemutatja az EU szabályozásbeli változásait, és elemzi, hogy milyen infrastruktúra-projektek segítettek a földgázellátás javítását. Összegezi a következő évtizedre vonatkozó régióbeli energetikai céloknak a földgázigény-nyel kapcsolatos hatásait.

Nagyon alacsony volt a földgázfogyasztás két országban (Bosznia-Hercegovina és Albánia), míg Montenegróban és Koszovóban nincs földgáz. Ezeket az országokat a táblázatokban nem tüntettük fel, de a térségi mutatók kiszámításakor figyelembe vettük az ő adataikat is.

A TÉRSÉG ÉS NYUGAT-EURÓPA⁴ FÖLDGÁZSEKTORÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Közép- és Délkelet-Európában a gáz szerepe elmarad a Nyugat-Európában tapasztalhatótól. Ennek részben történelmi, részben fejlettségbeli okai vannak. Egyrészt egyes ré-

giós országok a bányakincseik miatt a szénre alapozták az áramtermelést. Másrészt Délkelet-Európában a viszonylag alacsony jövedelemszint mellett nem képződött kellő forrás ahhoz, hogy a szén vagy fa alkalmazásáról átállhassanak gázra.

A 161 millió lakosú közép- és délkelet-európai régió földgázpiacainak összefogyasztása 2020-ban megközelítette a 116 milliárd m³-t, az összesített hazai termelés 38 milliárd m³ volt. A régió összes piaca nettó importőr, csak Románia és esetleg Ukrajna bír önellátási potenciállal földgázból. Nyugat-Európa évi 329

milliárd m³-t használt fel ezzel szemben, a termelése csupán 38 milliárd m³ volt, a többit importból volt kénytelen beszerezni.

Földgázfelhasználás

Az 1. táblázat mutatja a rendelkezésre álló bruttó energia egy főre jutó értékét, továbbá azt, hogy milyen ágazatok használták fel ezt 2020-ban. Az Eurostat honlapján a földgázfelhasználás szektorális bontására 2020-as adat volt elérhető, ebből számoltuk a mutatókat.

1. táblázat

FÖLDGÁZFOGYASZTÁS (2020)

	Rendelkezésre áll (m ³ /fő)	Érőmszektor (m ³ /fő)	Nem energiacélra (m ³ /fő)	Ipari energia céljára (m ³ /fő)	Lakossági energia céljára (m ³ /fő)	Kereskedelem stb. (m ³ /fő)	Csővezeték működtetésére (m ³ /fő)
Bulgária	381	129	23	167	17	15	5
Csehország	766	197	10	260	214	111	4
Görögország	495	321	38	63	51	14	0
Horvátország	698	212	109	132	147	54	0
Magyarország	988	249	62	193	381	120	6
Lengyelország	507	91	60	139	112	33	10
Románia	546	149	26	156	173	43	0
Szlovákia	837	198	79	206	258	73	15
Ukrajna	629	242	60	92	178	22	17
Szlovénia	406	81	3	293	62	14	0
Szerbia	297	102	22	74	43	29	0
Moldova	267	108	0	32	134	26	1
Észak-Macedónia	147	125	0	23	0	3	0
Térség együtt	546	168	44	128	145	38	8
Nyugat-Európa	876	283	32	254	241	97	3
Térség/Ny-Európa (%)	62	59	137	50	60	40	281

Forrás: saját számítás, Eurostat-adatok alapján

A térségben az egy főre jutó fogyasztás a nyugat-európai EU-s átlagnak⁵ csak a 62 százaléka. Érdekes módon a Duna–Száva vonala két részre osztja a térséget. Ettől északra átlag feletti a felhasználás, ettől délre viszont az átlagtól jelentősen elmarad a mutató (kivételesen Görögország, ahol átlagos a felhasználás).

A térségben az erőművek 40 százalékkal kevesebb gázt használnak fel (egy főre), mint Nyugat-Európában. Az egy főre jutó erőművi földgáz felhasználása átlagosan 168 m³. Jelentősen átlag feletti a mutató Görögország, továbbá Szlovénia, Magyarország, Ukrajna és Horvátország esetében. Ugyanakkor az átlagos szintnek csak a fele-harmada a fogyasztás egy főre Lengyelországban, Bulgáriában, Moldovában, Szlovéniában és Szerbiában. A térségbeli erőműszektor földgázfogyasztásának mintegy a harmada a lakosság energiaigényét szolgálja (távhő és meleg víz).

Az ipar a térségben a nyugat-európai fajlagos szintnek a felét használja fel. Szlovéniában és Csehországban az átlagosnak a duplája a fogyasztási szint. A másik oldalon az átlagnak csak a harmada-ötöde az érték Görögország, Moldova és Észak-Macedónia esetében.

A lakossági felhasználás a nyugat-európainak a 2/3-a alatt van, a kereskedelmi pedig csak annak a 40 százaléka. Átlagos vagy afölötti a mutató a térség középső országaiban. Attól valamelyest elmarad a moldovai és a lengyel érték. Az átlagosnak a fele körüli szinten van Szlovénia, Bulgária, Szerbia lakossági célú földgázfogyasztása. Alacsony a fogyasztás a többi balkáni országban is.

Célszerű figyelembe venni, hogy a földgáz eltüzelő távhőszolgáltatás is nagyrészt a lakosság energiaigényeit elégíti ki. Ehhez a térségben évi 10–11 milliárd m³ gázt használnak fel, ami átlagosan a lakossági gázfelhasználás mennyiségének a harmadával egyenlő. Magasabb ez az arány ott, ahol a távhőszektor energiaforrásának legalább a 80 százaléka földgáz (Ukrajna, Moldova, Magyarország, Szerbia).

Esetenként csalóka a lakossági földgázfelhasználás magas mutatója Románia, Moldávia, Ukrajna esetében, ennek ugyanis tekintélyes hányadát olyan többlakásos házak fűtése teszi ki, amelyek 1990-ben még a távhőszolgáltatásba voltak bekapcsolva.

A lakossági földgázfelhasználás alacsonyabb szintjének az az oka, hogy a családi házas, illetve rurális körzetekben a lakások egyedi fűtését a hagyományos fa-, illetve széntüzeléssel oldják meg. Ennek hátránya az, hogy sok szálló port, nitrogén-oxidot, szén-monoxidot stb. bocsát télen a levegőbe, és szennyezett lesz az adott település levegője. Európa első 50 legszennyezettebb városa közül 47 a térségben található (közülük 35 a Nyugat-Balkánon, 7 pedig Lengyelországban).⁶

A térségben a nem energiacélú felhasználás (vegyipari nyersanyagként) egy főre 44 m³/év, ami magasabb (37 százalékkal) a nyugat-európainál. Egy további kisebb tétel ez ún. energiaszektor saját fogyasztása⁷, illetve a csővezetékek működtetésének az energiaigénye.

A 2. táblázat mutatja nyugati EU-országok, illetve a térség egyes csoportjai esetében a földgázfelhasználás jellemzőit. Jól látszik, hogy a Benelux államok fogyasztanak sokat, de Németország és Olaszország is. A másik oldalon az északi államok kevés földgázt használnak.

Az elmúlt 3 évtized változásai a földgáz felhasználásában egy kiegyenlítődési trendet jeleznek a térségben. A korábban sokat felhasználó Ukrajna és Románia fogyasztása mérséklődött, viszont emelkedett a korábban keveset felhasználó Lengyelországé, és megjelent fogyasztóként Görögország.

A földgáz felhasználása a térségben általában nagyfokú időbeli stabilitást mutat. 2004-hez képest a harmadára esett vissza Ukrajna földgázfelhasználása. 2014-től az IMF ösztönzésére leépítették a gáz-, illetve a távhőszolgáltatás kiugró támogatását, ami a fogyasztás visszaesésével járt (a lakosság és az ipar 2020-ban a 2012–2013-as szintnek a felét használta

**FÖLDGÁZFELHASZNÁLÁS A TÉRSÉG, ILLETVE NYUGATI EU-ÁLLAMOK
EGYES CSOPORTJAIBAN (2020)**

Vizsgált országok, országcsoportok	Belföldi fogyasztás összesen m ³ /fő	Végso fogyasztás energiacélú		A földgázból termelt áram aránya (%)
		ipari m ³ /fő	lakossági m ³ /fő	
Nyugat-Európa*				
Benelux államok	2 139	417	402	47
Északi államok**	314	103	36	2
Balti államok	647	109	69	11
Franciaország	585	202	196	7
Németország	1 096	319	322	17
Olaszország	1 195	185	329	48
Ausztria	986	405	197	14
Többi nyugati EU-tagállam	686	260	93	30
Együtt	965	254	241	21
Közép- és Délkelet-Európa				
Lengyelország és Csehország	636	166	134	10
A térség középső országai***	767	176	226	17
A Balkán Görögország nélkül	248	73	19	3
Görögország	544	63	51	40
Ukrajna és Moldova	693	88	175	10
Együtt	620	128	145	13

Megjegyzés: *EU-államok, kivéve a térségbeli EU-országokat. **Dánia, Svédország, Finnország. ***Románia, Magyarország, Horvátország, Szlovákia, Szlovénia

Forrás: saját számítás Eurostat-adatokból

fel). A másik oldalon viszont emelkedett Lengyelország és Görögország földgázfelhasználása. Megemlíthető még, hogy 2004-hez képest valamelyest csökkent a felhasználás azokban az országokban, ahol jelentős földgáztüzelésű erőművek vannak. Ezek ugyanis az utóbbi években az egységesülő európai árampiacon kevésbé bírták az árversenyt a ligniterőművekkel.

A földgázfelhasználás szerkezetében három típus különíthető el a térség országaiban. Az egyik az ipari fogyasztás dominanciája Bulgáriában és Szlovéniában, a második Moldova, ahol a földgázfogyasztás zöme a lakosság igényeinek a kielégítését szolgálja, a harmadik pedig Görögország, ahol az erőművi felhasználás dominál (áramtermelés céljára).

A 3. táblázat mutatja a bruttó rendelkezés-

A BRUTTÓ RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ ENERGIA MEGOSZLÁSA (2020, %)

Vizsgált országok, térségek	Szén	Kőolaj és kőolajtermék	Földgáz	Megújuló energiaforrások	Szemét	Atomhő	Áram
Bulgária	24	25	14	14	0	24	-2
Csehország	30	21	18	13	1	19	-2
Görögország	8	52	22	15	0	-	3
Horvátország	4	34	30	26	0	-	5
Magyarország	6	29	34	11	1	15	4
Lengyelország	40	29	17	13	1	-	1
Románia	11	30	30	19	1	9	1
Szlovénia	16	33	11	18	1	23	-3
Szlovákia	14	22	25	13	1	25	0
Montenegró	38	33	-	29	-	-	1
Észak-Macedónia	29	38	11	14	-	-	8
Albánia	7	44	2	38	-	-	9
Szerbia	51	23	13	16	0	-	-0
Bosznia-Hercegovina	56	22	2	24	-	-	-5
Koszovó	58	28	-	15	-	-	-1
Moldova	3	34	28	24	-	-	11
Ukrajna	26	16	28	6	1	23	-0
A térség EU-s országai	25	29	21	14	1	9	1
EU-n kívüli országok	31	19	23	10	1	17	0
A térség együtt	27	26	22	13	1	11	1
Nyugat-Európa	7	36	24	18	1	14	-0

Megjegyzés: az egyes energiatípusok kőolaj-egyenértékben számolt súlyának megoszlása, százalékban,

Forrás: Eurostat, https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_bal_s&lang=en

re álló energián belül az egyes energiatípusok súlyát országonként 2020-ban. A földgáz 23 százalékos aránya a térség átlagában hasonló a nyugat-európaihoz. Magyarországon legmagasabb az arány és átlagot érezhetően meghaladó még Ukrajnában, Horvátországban és Romániában.

A FÖLDGÁZHÁLÓZAT FEJLESZTÉSE

A régió éves nettó importigényének kb. 70 százalékát közvetlenül Gazprom-importból elégíti ki, ám az importigények fennmaradó részének nagyobb részét is orosz eredetű forrás fedei le. A forrás- és útvonal-di-

verzifikáció 15 éve a régió politikai agendájának része.

Az Ukrajnán áthaladó tranzit 2009. évi leállítása nyomán különböző elképzelések láttak napvilágot. Az egyik megközelítés arra koncentrált, hogy olyan kapcsolatok épüljenek meg, amelyek révén az orosz fél nem lesz ráutalva arra, hogy Ukrajnán keresztül szállítson. Egy másik megközelítés fő célja az volt, hogy a térség a gázellátását diverzifikálja újabb földgázforrásokhoz megépítendő vezetékekkel. Fontos vezetéképítési program volt az a tíz éves fejlesztési terv, amelyik az átjárható földgázpiac megteremtése érdekében az egyes országok vezetékrendszereit kívánta nagy kapacitású összeköttetésekkel (interkonnektorok) egybefűzni, így biztosítva mindkét irányban a gáz áthaladását. Ezekhez a beruhá-

zásokhoz az EU is jelentős támogatásokat adott.

Az 1. ábra mutatja a gázimport főbb vezetőkeit Közép- és Délkelet-Európa felé. A térség a téli fogyasztáshoz képest jól el van látva földgáztárolói infrastruktúrával, de geológiai okokból a kapacitások 85 százaléka Ukrajnában és Közép-Európában (ezen belül a fele pedig Ukrajnában) összpontosul.

A régió fogyasztásában az LNG-visszagázosító kapacitások egyelőre nagyrészt helyi jelentőségűek. Ugyanakkor helyi szinten valós, stratégiai jelentőségű forrás- és útvonaldiverzifikációs perspektívát és plusz likviditást jelentenek.

A 4. táblázat mutatja, hogy az egyes országok a földgáztermelésük és -fogyasztásuk mellett mekkora mennyiséget vásároltak a Gazprom-

1. ábra

A KÖZÉP-ÉS DÉLKELET-EURÓPAI RÉGIÓ JELENLEGI FŐBB FÖLDGÁZELLÁTÁSI ÚTVONALAI



Forrás: saját szerkesztés

KÖZÉP- ÉS DÉLKELET-EURÓPA FÖLDGÁZHELYZETE (2020, MILLIÁRD M³)

Vizsgált országok	Termelés	Fogyasztás	Gazprom-import
Bulgária	0,1	3	2,3
Csehország	0,2	6,9	4
Horvátország	0,9	3,2	1,8
Görögország	0	6	3,1
Magyarország	1,7	10,7	8,6
Lengyelország	5,6	21,2	9,7
Románia	9	12,1	1
Szlovákia	0,1	5	7,6
Szlovénia	0	0,9	0,4
Bosznia-Hercegovina	0	0,2	0,2
Észak-Macedónia	0	0,1	0,3
Moldova	0	3,1	3,1
Szerbia	0,4	2,7	1,4
Ukrajna	19,5	29,8	0
Ausztria	0,8	8,8	13,2

Forrás: Eurostat; Gazprom, 2020

tól. Feltüntetjük Ausztriát is annak érdekeltségére, hogy egyes országok az oroszoktól vett gáz egy részét reexportálják. A Gazprom 5 év alatt komoly gázszállítási rugalmasságot ért el, hiszen a kiépült alternatív vezetékai mellett lekötött útvonalon Ukrajna felől is el tudja látni a régiós piacait. A Gazprom publikációiban országonkénti exportadat 2020-ra érhető el, az egybevetés érdekében ugyanannak az évnek a termelési és fogyasztási adatát tüntettük fel a tábla másik két oszlopában.

A régió egyes térségeinek gázellátása

Románia ma is alig szorul behozatalra, a jövőben pedig képes lesz az önellátásra. A földgáz fogyasztásában a következő 10 évben nyhe növekedés várható, mert a leállítandó lignit-

erőmű pótlását gáztüzelésű erőművek is segítenék. Emellett a távhőszektor elavult kapacitásainak a lecserélése során beléptetendő kombinált (CHP) erőművek várhatóan több földgázt igényelnek majd. Ezek a kombinált termelés időszakában villamos áramot is termelhetnek majd.

Az ország fekete-tengeri partvidékén nagy földgázlelőhelyek lépnek be a termelésbe. A program 2021 végén indult el az évi 1 milliárd m³ termelésű Midia és Ana Doina termelésbe vonásával. Ennél jóval nagyobb jelentőségű a Neptun Deep, a 440 milliárd m³ kitermelhető vagyona miatt. Itt a beindítás szabályozási viták is hátráltatják, emiatt a nyugati cégek óvatosak a kitermelésbe vonás beruházásaival. A termelés várható kezdete legjobb esetben is 2026 vége vagy 2027 eleje.⁸ Bár pár éve folytak egyeztetések magyar vásárlás-

ról is, szerintünk a Neptun Deeppel mint forrással a magyar földgázellátásban középtávon nem lehet számolni. Magyarországra legalább is 2030-ig maximum 1 milliárd m³ gáz juthat el, ami természetesen hozzájárulhat a magyar forrásdiverzifikációhoz, de nem fogja megváltoztatni az alaphelyzetet.

Lengyelország földgázigényének a negyedét fedezi az évi 5 milliárd m³-es saját termelésből. Az EU Green Deal keretében a lengyel kormány vállalta a szénalapú energiatermelés kivételét; az új energiamix a földgáz, atom és megújuló trióra épülne. A varsói kormányzat 10 éves időtávon a földgázfogyasztás 60 százalékos bővülésével számolt. A lengyel kormány 180 fokos fordulatot hajtott végre az importban, még az orosz–ukrán háború előtt. Míg 2021-ig az Oroszországból beszerzett földgáz volt a fő forrás, 2022-től ezt norvégiai vezetékes gázra, illetve LNG-re (elsősorban az Egyesült Államokból és Katarból) váltják le. Ehhez megépült egy nagy LNG-visszagázosító Świnoujściében, amelyet tovább bővítenek. 2022-ben lép működésbe az a Baltic Pipe vezeték, amelyik évi 10 milliárd m³ norvég földgázt tud szállítani Dánián keresztül.

A lengyel hálózatot az elmúlt 10 évben összekötötték a szlovák, a litván⁹ és a cseh vezetékszerrel. Kiépült az ország keleti felén egy nagy kapacitású észak–déli vezeték. Fejlesztik a földgáztározó rendszerüket is. Az ipari földgázfelhasználás növekedését hozhatja a ma széles körben felhasznált szénnek földgázzal való helyettesítése.

Ukrajna képes lehet a földgázönellátásra. Ugyan nagy a felhasználása (évi 30 milliárd m³), de a kitermelése is tekintélyes (20 milliárd m³), ráadásul a megkutatott földgázvagyonra 1000 milliárd m³-re rúg. Ennek termelésbe vonásával évtizedekig biztosítható lenne, hogy ne szoruljon importra. Az ukrán földgázhelyzetről az elmúlt másfél évtizedben azt lehetett megtudni, hogy függ az Oroszországból érkező gáztól, azonban a felek nem képesek meg-

egyezni az árban. A vitában az ukrán fél egyik aduja az volt, hogy leállítja a rajta áthaladó tranzitvezeteket, így más országok sem kapnak orosz gázt. 2009-ben ténylegesen el is zárta a vezeték, ráadásul a téli időszakban. Ukrajnán keresztül ugyanis nagy kapacitású gázvezeték halad, és a tranzitért kapott devizabevétel az ukrán GDP 3 százaléka.

A tranzitvezeték elzárása volt a fő motíváló tényező ahhoz, hogy Oroszország Európát északon és délen ellátni képes nagy kapacitású vezetékeket épített az elmúlt 12 évben. A két ország (illetve annak gázipari vállalatai) közötti vitát egy megegyezés zárta le 2018-ban. A Gazprom és az ukrán kormány közötti „békemegállapodás” része volt az is, hogy a Gazprom „ship-or-pay” (szállíts vagy fizess) megállapodást kötött a 2021–2024-es időszakra az ukrán céggel, amely szerint fizetnie kell akkor is, ha nem szállít az ukrainai vezeték. A Gazprom a 2021–2024-ben évi 40 milliárd m³ földgáztranzitot vállalt Ukrajnán keresztül ship-or-pay alapon.

2022. február végén háború robbant ki Oroszország és Ukrajna között. Ukrajna esetében ma csak feltételesen lehet beszélni arról, hogy a háború vége és a remélhető újjáépítés után várhatóan milyen igények jelentkeznek földgáz felhasználására. Az ipar gázfelhasználása növekedhet akkor, ha a helyzet normalizálódásával az ipar újra magára talál. Várhatóan különösen magas lehet az építőanyag-gyártás által igényelt földgáz mennyisége.

A balkáni országokban a földgázfogyasztás fajlagosan viszonylag alacsony. Eddig főleg orosz földgázt használtak¹⁰, csak Horvátországban van érdemi földgázkitermelés (ami az igényeiknek a harmadát fedezi). Athén mellett LNG-kikötő működik, ami lehetővé tette eddig az ország gázigényének kielégítését Európán kívüli forrásokból.

A balkáni országok földgázellátását 3 fejlesztés helyezte új alapokra az elmúlt 5–6 évben:

▶ A legjelentősebb, hogy a Török Áramlat nevű vezetéken évi 12 milliárd m³ orosz gázt lehet szállítani ebbe a térségbe.

▶ A másik annak a vezetéknek a megépülése, amelyik egy azeri gázmező termelését viszi el a Balkánra és Dél-Olaszországba. Az azerbajdzsáni Sah Deniz 2 termeléséből évi 10 milliárd m³-t olasz és balkáni piacokra csatornázó Déli Gázfolyosó a TAP AG által üzemeltetett Transzadria vezeték (TAP) 2020. december 31-i üzemével teljes szakaszán üzembe állt.

A Déli Gázfolyosó révén a görög éves fogyasztás kb. 20 százaléka, a bolgár fogyasztás kb. 33 százaléka, az olasz fogyasztás kb. 8-10 százaléka fedhető le. A Gazprom dominanciáját mindez nem rendíti meg, de lokálisan stratégiai jelentőségű diverzifikációt jelent. Az EU 2022 júliusában megállapodott az azeri kormánnyal, hogy 2027-ig fokozatosan 25 milliárd m³/év szintre emeli a tőlük vásárolt gázt.

▶ A harmadik pedig 2 LNG-visszagázosító üzem megépülése (Horvátországban Krk elkészült, Görögországban Alexandropulosz építés alatt áll). Ehhez hozzáadódhat a frissen bejelentett Krk terminál bővítése, aminek teljes kapacitása már most eléri a 2,9 milliárd m³-t, illetve 2026-ig elérheti a 6,1 milliárd m³-t.

A tranzitvezetékekhez való jobb rácsatlakozás lehetőséget adhat majd a fogyasztás növelésére. Ez részben újabb lakossági fogyasztók bekapcsolását jelenti (pl. Bulgáriában), részben a lakótelepek távhőműveinek kombinált ciklusú gázerőművekkel való cseréjét segíti majd.

A 2. ábrán látható a Déli Gázfolyosó vezetékének nyomvonalát.

Az 5. táblázat mutatja a déli irányból megépült 3 új vezeték jellemzőit (kapacitás milliárd m³-ben, vezeték hossz, üzembe helyezés). 2021-től üzembe állt az alábbi jellemzőkkel bíró Krk LNG-visszagázosító terminál; a 6. táblázat mutatja a főbb adatokat.

A régió középső 4 országa (a két csehszlovák utódállam, Magyarország és Szlovénia) eddig orosz földgázt használt, amelyet az Ukrajnán áthaladó vezetéken keletről kapott. Most ez megváltozhat. Hazánk délről kapja már az orosz gázt, a két csehszlovák utódállam pedig a Kelet-Németországon átfutó vezetékekből kaphat gázt Oroszországból akkor, ha az Északi Áramlat 2 működésbe lép. Magyarország a lakossági energiatakarékosági intézkedések eredményeképpen csökkenő fogyasztást remél, Csehországban a szénbázisú erőműveket részben földgázt használó

2. ábra

A DÉLI GÁZFOLYOSÓ



Forrás: saját szerkesztés

5. táblázat

A DÉLI GÁZVEZETÉKEK

Vezeték	Éves kapacitás (milliárd m ³)	Vezeték hossz (km)	Üzemben
SCPX	25	692	2018. 05. 29
TANAP	16	1 850	2018. 06. 12
TAP	10	878	2020. 12. 31

Forrás: NS Energy, <https://www.nsenenergybusiness.com/projects/trans-anatolian-natural-gas-pipeline-tanap/>

6. táblázat

A KRK LNG-VISSZAGÁZOSÍTÓ TERMINÁL

Terminál típusa	Úszó visszagázosító (FSRU)
Éves kapacitás (milliárd m ³)	2,6
Üzembe helyezés	2021. január 1.
CAPEX (millió EUR)	234
Projektgazda	LNG Croatia LLC
CEF-támogatás (millió EUR)	101,4

Forrás: NS Energy <https://www.nsenenergybusiness.com/projects/krk-lng-terminal/>

erőművekkel pótolják majd. Mind a négy országgal vezeték köti össze az ausztriai Baumgartnert, ahol nagy kapacitású földgázelosztó központ van.

2021-re beérett régiókban az EU által ösztönzött, az ellátásbiztonságot, illetve a földgáz forrás- és útvonal-diverzifikációját elősegítő infrastruktúra-fejlesztés. Az egyes nemzeti piacoknak a korábban tapasztalt elszigeteltsége egyre inkább a múlté.

A 2015-ös közép- és délkelet-európai energetikai összeköttetések (CESEC) kezdeményezés 7 főprojektre fókuszálta az addig tervezett régiós földgázinfrastruktúra-fejlesztéseket. E projektek is (köztük a Krk LNG, TAP, BRUAI) megvalósultak, kettő kivételével (IGB, IBS¹¹).

A 3. ábra mutatja a határkeresztesző pontokat és a prioritásként kezelt CESEC-fejlesztéseket. Kilenc új, piacokat összekötő pont épült. Az új kapacitásokon az oda- és vissz irányban lehet-

séges szállítási volumen 95,9 milliárd m³/év. Az újabb LNG-terminálok kapacitása 7,6 milliárd m³/év.

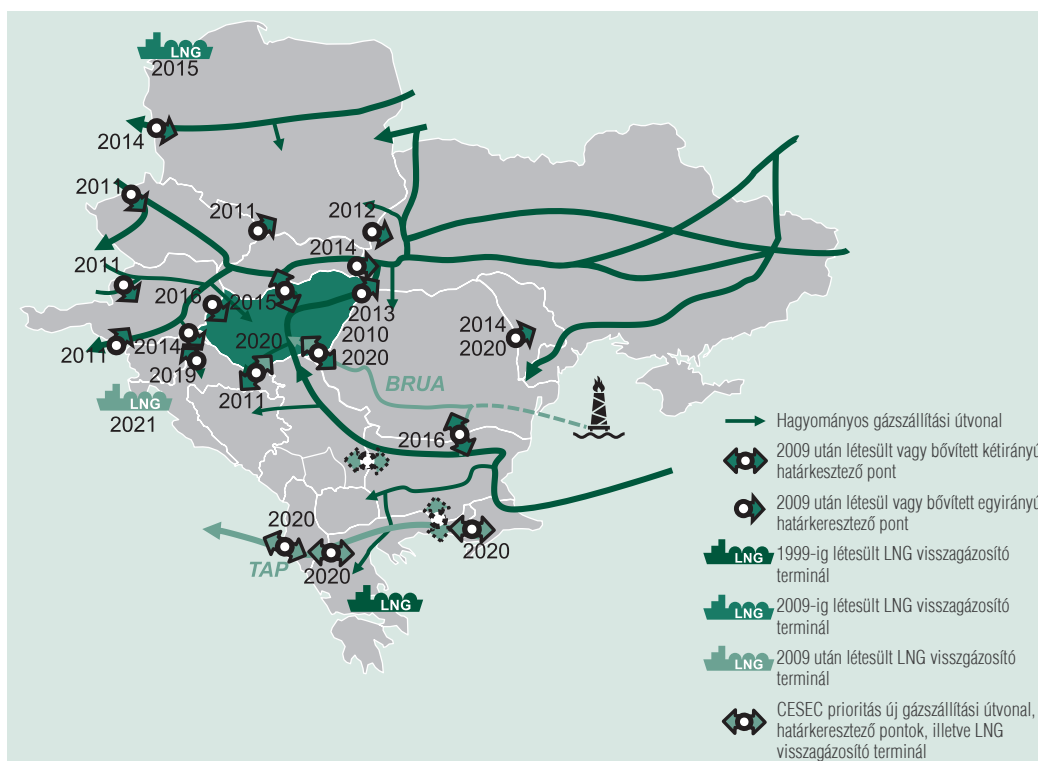
A 4. ábrán látható, miként változtak meg 2021 októberétől a földgázellátási útvonalak.

PIACÉPÍTÉS ÉS AZ EU KLÍMA- ÉS ENERGIAPOLITIKAI NARRATÍVÁJA

A Piacépítés

Az energiaellátás és -biztonság kérdéseiben az EU sokáig csak ajánlások megfogalmazására szorítkozhatott, mivel tagállami hatáskör volt az energiagazdálkodás. A lisszaboni szerződés fordulópontot jelentett. Kimondták, hogy az energiagazdálkodás az ún. osztott felelősségű területek közé tartozik, vagyis a tagállamok és az EU közösen felelősek az energiastratégiaért és az energiával való gazdálkodásért. Rögzítet-

A 2009 UTÁN LÉTESÜLT ÚJ VAGY BŐVÍTETT FIZIKAI HATÁRKERESZTŐ KAPACITÁSOK KÖZÉP- ÉS DÉLKELET-EURÓPÁBAN ÉS CESEC-PRIORITÁSÚ FEJLESZTÉSEK



Forrás: ENTSOG, <https://www.entsog.eu/maps#system-development-map> adatok felhasználásával saját szerkesztés

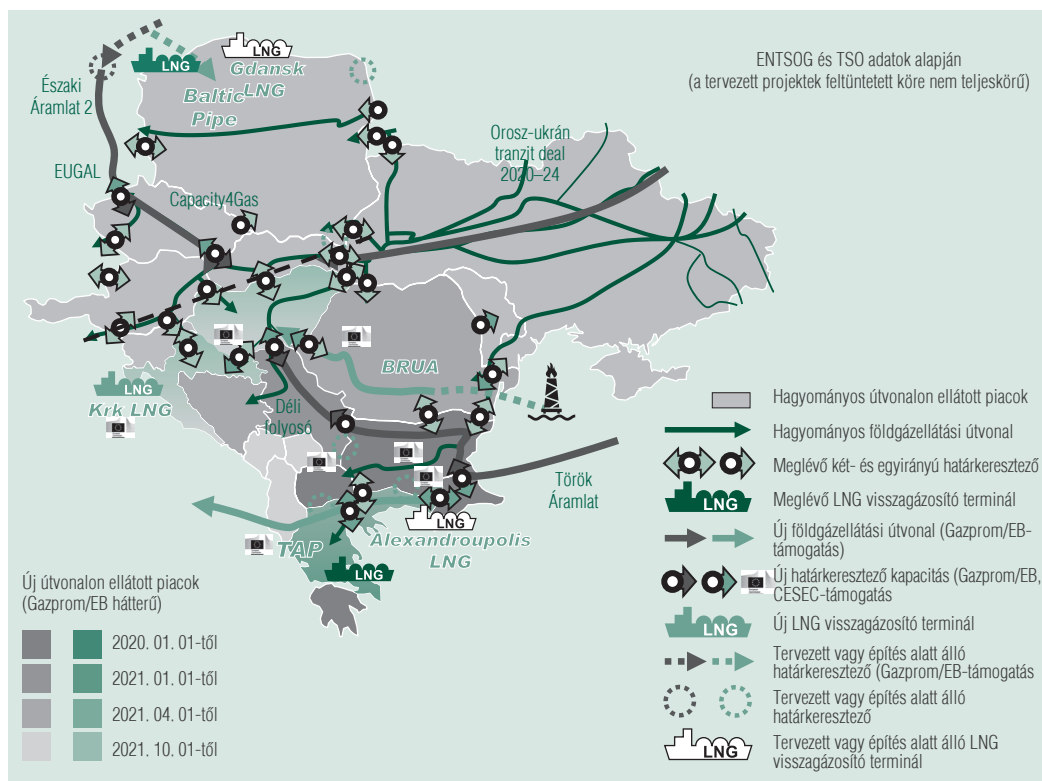
ték, hogy energiaszolidaritási feladatai lehetnek az EU-nak.

Az 1990-es évektől a liberális alapfilozófia jutott érvényre Nyugat-Európában. A korábban elkülönülten működő országos rendszerek összekötésétől és a piacra lépés szabadságának meghirdetésétől alacsonyabb árakat és nagyobb ellátásbiztonságot reméltek. A gázpiaci liberalizáció 3 fő eszköz alkalmazására alapozódott:

- az egyes országok hálózatainak összekötése nagy kapacitású vezetékekkel mindkét irányú szállítás céljából;
- az ún. *unbundling* (tulajdonosi szétválasztás a vezetékek és tárolók működtetői és a szolgáltatók között);
- a hálózathoz való hozzáférés szabadsága.

A második energiacsomag (2003) célja a versengő gázpiac létrejöttének felgyorsítása volt. A kívánalmak szintjén ekkor jöttek létre a versengő gázpiac legfontosabb keretei. 2006-ban felmérés volt a gázpiac működéséről. *Hancher és Salerno* (2017) szerint ebből az adódott, hogy a vezetékek, illetve a tárolók működtetői esetenként előnyben részesítették a tulajdonosi csoportjukban álló vállalkozásokat. A határokon keresztüli verseny korlátozott volt. A gázárak az olajártól függtek, és a piacra lépést akadályozták a hosszú távú szerződések. A felmérés tapasztalatai érlelték meg azt a fordulatot, amit a harmadik energiacsomag hozott 2009-ben. Kimondták, hogy tulajdonosi szétválasztás szükséges a vezetékek

A KÖZÉP- ÉS DÉLKELET-EURÓPAI RÉGIÓ FÖLDGÁZELLÁTÁSI ÚTVONALAINAK VÁLTOZÁSA 2021. 10. 01-TŐL



Forrás: ENTSOG alapján (a tervezett projektek feltüntetett köre nem teljes körű), https://www.entsog.eu/sites/default/files/2021-11/ENTSOG_CAP_2021_A0_1189x841_FULL_066_FLAT.pdf

(és tározók) működtetői és a szolgáltatók között. Létrehozták az ACER-t (Energiaszabályozók Együttműködési Ügynöksége), amely a nemzeti hatóságok irányításáért volt felelős. A nemzeti szabályozó hatóságoknak a kormányoktól, parlamenttől független egységeknek kellett lenniük. Az EU támogatta a forrás- és útvonal-diverzifikációs földgázprojekteket, a kiemelten fontosakat listába szedte (PCI¹²- és CESEC-listák), földgázellátás biztonságának megőrzése érdekében intézkedéscsomagokat alkotott (2010-es, illetve 2017-es SOS-rendelet), valamint 2-3 évente megújítandó LNG- és tárolói stratégiát készített.

Bevezették a hálózatot működtető vállalatok (a TSO-k) engedélyezésének rendszerét, így szűrve ki az egymással tulajdoni stb. kapcsolatban álló egységek jelenlétét. Az ún. networkkodok rendszere pedig azt szabályozza, hogy a vezeték használatáért mekkora díjat lehet kérni. 2017-től a költség+profit módszert választották azzal a kitételrel, hogy az ajánlattól eltérő díjak megállapítását egyrészt indokolni kell, másrészt meg kell adni, hogy milyen feltételezésekkel éltek akkor, amikor megállapították a díjakat. Ez segítette, hogy érvényesülhessen az egyenlő elbírás elve.

Az ENTSOG minden tavasszal és ősssel modellezéssel készít alapos felmérést és az EU várható gázellátásáról.

B Két, egymással sok ponton ellentétes narratíva közül hol az egyik, hol a másik érvényesül az EU klíma- és energiapolitikájában

A FÖLDGÁZ A MEGOLDÁS RÉSZÉNEK, HASZNOS ESZKÖZ A PROBLÉMA MEGOLDÁSÁHOZ.

A földgáz a legtisztább fosszilis energiahordozó, ezért stratégiai fontosságú. A földgáz az energiaátmenetben a megújulók terjedésének fő támogatója. A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) a 2011-es kiadású „A világ energetikai jövőképe” c. tanulmányában a gáz aranykoráról írt (IEA WEO 2011 Special report).

A FÖLDGÁZ A PROBLÉMA RÉSZÉNEK.

A dekarbonizációs program szerint minden fosszilis energiaforrást mihamarabb ki kell vezetni. Helyette az elektrifikációt és a hidrogén gáz használatát kell szorgalmazni. Ebben a kontextusban elhalványult az EU földgázellátásának stratégiai szerepe. A davosi Világgazdasági Fórumon 2019-ben hirdették meg a zöld politikákra való áttérést. 2019 decemberében indították el az európai zöld megállapodást (EU Green Deal), amelynek középpontjában a karbonsemlegesség mielőbbi elérése áll. 2020-ban meghirdették az EU taxonómiacsomagját (uniós osztályozási rendszer).¹³

AZ OROSZ–UKRÁN HÁBORÚ HATÁSAI

Oroszország 2022. február 24-én katonai támadást indított Ukrajna ellen. A háborús események eddig nem érintették a földgázhálózat fő elemeit. A nyugati világ a háború miatt szankciók sorozatával sújtotta Oroszországot. A témánk szempontjából a fő kérdés az, hogy a földgázrendszert, illetve a szállításokat ez miként érinti. A két donyeci népköztársaság orosz elismerése miatt Németország már 2022. februárban leállította az Északi Áramlat 2 veze-

tékének engedélyeztetését. A gazdasági szankciók zöme arra vonatkozik, hogy a nyugati országok (benne az EU) mit nem ad el Oroszországnak, illetve mit nem vásárol meg tőle. Az EU-n belül megállapodás született az orosz kőolaj tengeri importjának a megtiltásáról, a gázimportot (eddig) nem kívánta megszüntetni az EU. Európában a gázellátás szempontjából az a fő kérdés, hogy a nyári időszakban be tudnak-e szerezni annyi földgázt, amennyi a tárolók feltöltésével elégséges a következő fűtési szezonra. Különben a Gazprom a szerződés szerinti gázmennyiségeket a háború idején is folyamatosan szállította és szállítja. Összességében európai gázellátást nem lehet még középtávon sem a Gazprom nélkül megoldani, mivel a LNG-terminálok kapacitása és a világ LNG-exportjának a mennyisége csak véges mennyiségű cseppfolyós földgáz beszerzését teszi lehetővé Európa számára.

Az EU új gázstratégiájában szerepel az LNG-források újragondolása, ami valószínűleg az USA-ból származó LNG térnyerését eredményezi. Kialakítanak egy páneurópai stratégiai földgázbeszerzési politikát, valamint megegyezés született a tárolási politika kialakítására is. Ennek során a különböző országok tárolói kapacitásának 2022 novemberére el kell érnie a 80 százalékos feltöltöttséget, vagy az átlagos fogyasztás arányában a 30 százalékot. 2023-ban a tárolóknak el kell érniük a 90 százalékos feltöltöttséget.

Az EU 2022 nyarán döntött arról, hogy 15 százalékkal csökkenteni kell a földgázfelhasználást (a 2021. évi szinthez képest). Ez ugyan nem kötelező az egyes tagországokra, de ha olyan EU-döntés születik, hogy gázellátási szükséghelyzet van, akkor minden államban legalább 15 százalékkal mérsékelni kell a fogyasztást (az ilyen vészhelyzet kihirdetéséhez az EU-ban a szavazatok 55 százaléka szükséges).

Ha a háború tartósan, akár évekig fennmarad a két hadban álló fél között, akkor az EU embargós ügybuzgalma erős nyomás alá he-

lyezheti azokat az országokat, ahol az orosz gáz importjának leállítása komoly gazdasági és társadalmi krízist idézhet elő (a termelés leállása, a lakossági gázfogyasztás korlátozása). Mindemellett az elégtelen LNG-kínálat még tovább emelheti a világpiacra a földgázárakat.

Az import leállítását a másik fél is okozhatja, azaz felmerülhet, hogy maga Oroszország mérsékli az eladásait, válaszul az őt érintő újabb és újabb korlátozásokra. A földgázexport csökkentésével elérhető ugyan az eladási árak emelkedése, de ez visszautérhet, ugyanis az orosz fél ezzel kockáztatja európai földgázpiacának elvesztését. Meg kell jegyezni, hogy az orosz cég 2022 eddig eltelt időszakában csökkentette a szabadpiaci eladásokat, többek közt ez is hozzájárult a magas árszinthez.

A háború és az embargós politika híreinek hatására a nyugat-európai piaci földgáz árak 2022 februárja óta tovább emelkedtek, és 2022 közepéig a 80–130 EUR/MWh sávban mozogtak. A tartósan magas energiaárak fokozzák az egyébként is erős inflációs feszültségeket.

A FÖLDGÁZÁR ALAKULÁSA

2021 második felében gyors emelkedés következett be az európai gázárakban. A LNG-árakat felvitte a kelet- és dél-ázsiai országok nagy vásárlása, Európában pedig a kereslet növekedését hozta a pandémiából való gyors kilábalás és a készletek feltöltése. Ezzel szemben kontinensünkön a kínálatot csökkentette a holland gázmezők leállása, és az, hogy a Gazprom a korábbinál kevesebb gázt adott el a szabadpiacon. Ráadásul hiába készült el az Északi Áramlat 2 vezeték 2021 őszére, a német hatóságok nem engedélyezték a vezeték használatba vételét.

A földgáztermelés és infrastruktúra-fejlesztés magas költségei miatt a termelők hosszú távú szerződésekkel igyekeznek lekötni az általuk értékesített volument. A legtöbb piacon

még mindig a hosszú távú szerződéses import a földgázellátás gerince.

A piaci liberalizáció, az integráció és piaci sokkok eredményeként növekedő piaci likviditásnak köszönhetően a szerződések időtartama csökken, rugalmassága emelkedik, az árazás pedig a korábban hagyományos olajindexálás helyett döntően már gázpiaci árazás.

Az utóbbi egy évtized európai piaci átalakulásainak következtében a földgázelosztó központok (*hub*) egyre hangsúlyosabb szerepet játszanak a kereskedelemben és az árazásban. A hollandiai TTF a kontinentális Európa, míg az ausztriai VTP Közép-Európa referenciaárát adó piaca lett. Az 5. ábrán látható, hogy a TTF, illetve a VTP felé milyen főbb gázvezetékek futnak. A leggyakrabban figyelt mérőszám piacainkon a VTP–TTF árkülönbözet (*spread*). Ennek alakulása a TTF-indexált szerződésekkel működő szereplők számára akkor kulcsfontosságú, amikor VTP-vel együtt mozgó piacokon (is) tevékenykednek.

A 7. táblázat mutatja a bécsi és a holland tőzsde főbb adatait. Bár a bécsi még sokkal kisebb, de látszik a fejlődése.

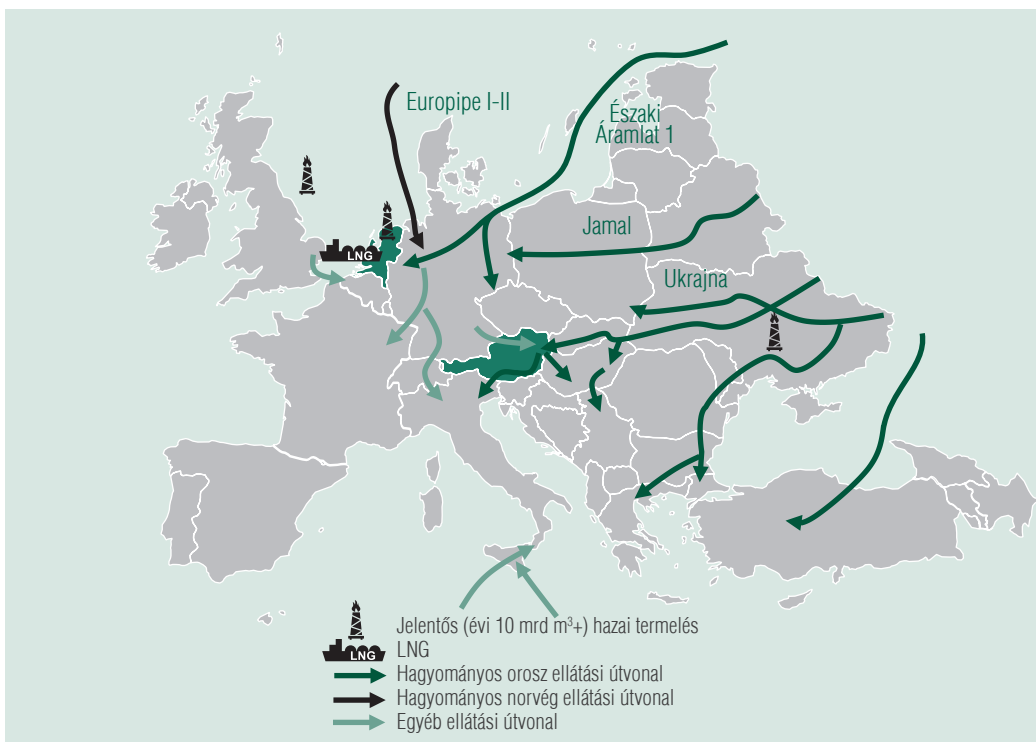
A VTP piacainak likviditása strukturális, kereskedelmi és infrastrukturális okokból messze elmarad az északnyugat-európai piacokétól. A régiós földgázellátási útvonalak átalakulásával felmerül a régió belüli további szegmentálódás.

A 6. ábra mutatja a Gazprom exportszállítási útvonalait a térségbe, illetve Európa LNG-termináljait. Az LNG-visszagázosító terminálok megjelenése a régióban nem változtatta meg ugyan az alapvető piaci viszonyokat, ugyanakkor összekötötte a térséget a globalizálódó LNG-piacokkal, és valamelyest növelte a régió kitéttiségét a globális piaci hatásoknak.

2008 óta az európai piacok számos átalakuláson mentek keresztül, ami a növekvő interkonnektivitás és szabályozási egységesülés révén régiókba is begyűrűzött. Kialakult

5. ábra

A HOLLAND ÉS A BÉCSI GÁZTŐZSDE ÉS A FONTOSABB EURÓPAI IMPORTVEZETÉKEK



Forrás: saját szerkesztés, OIES- és CEER-adatok alapján

7. táblázat

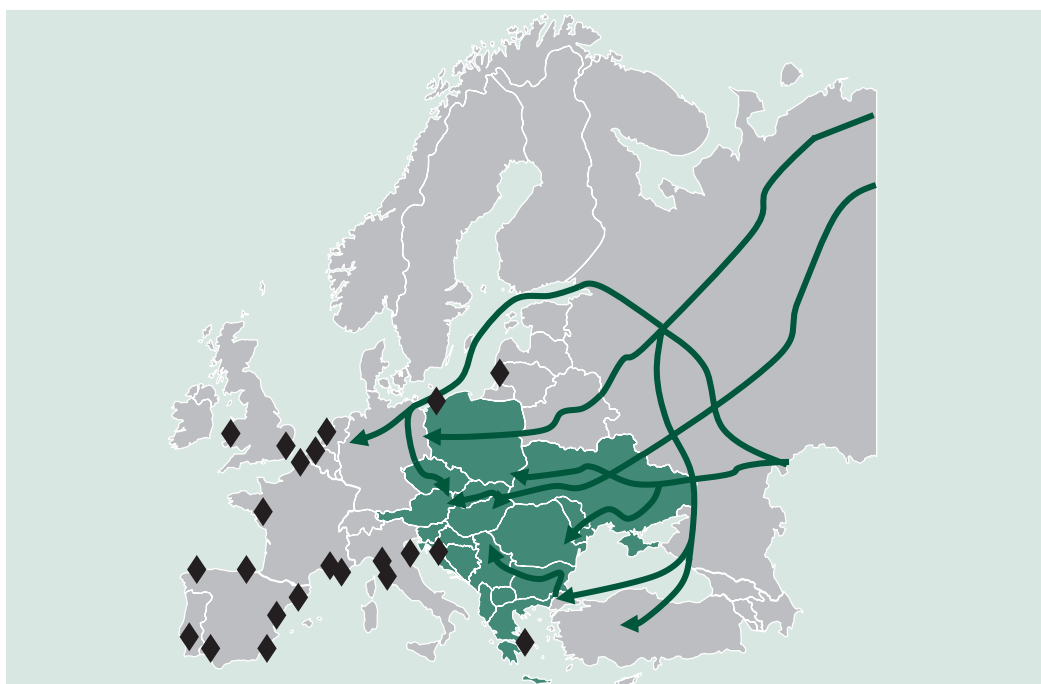
A TTF ÉS A VTP FEJLŐDÉSÉNEK FŐBB MUTATÓI, 2011–2019

Vizsgált évek	TTF (Alapítás: 2003)		CEGH/VTP (Alapítás: 2005/2013)	
	2011	2019	2011	2019
Aktív szereplők	60	167	40	72
Termékek száma	15	52	6	17
Kereskedés (TWh)	6 292	40 390	170	970
Churn rate*	13,9	97,1	2,2	9
Ügyletek időhorizontja (hó)		37		18
Top-3 szereplő részaránya (MA) (%)		16		30
Földgázforrások	Gazprom, LNG, hazai termelés		Gazprom	Gazprom

Megjegyzés: *Churn rate = felmondási arány

Forrás: European Traded Gas Hubs, OIES, CEER

A GAZPROM FŐBB FÖLDGÁZELLÁTÁSI ÚTVONALAI ÉS AZ EURÓPAI LNG-VISSZAGÁZOSÍTÓ TERMINÁLOK



Forrás: ENTSOG, adatok alapján saját szerkesztés, https://www.entsog.eu/sites/default/files/2021-11/ENTSOG_CAP_2021_A0_1189x841_FULL_066_FLAT.pdf

az európai piacok közötti árkonvergencia, amit azonban piaci sokkok átmenetileg eltéríthetnek.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az elmúlt 10-12 évben számos nagy kapacitású vezeték épült keleti irányból Európa felé, amelyek a térségbeli országok bekapcsolására is lehetőséget adnak. A vezetékek közt van olyan, amelyik a korábban is bekapcsolt forrást alternatív útvonalon képes biztosítani, és van olyan is, amelyik új, a térség által addig nem használt térségből való földgázimportot tesz lehetővé. Három ponton vannak LNG-visszagázosító fejlesztések, melyek közül kettőnél folyamatban van a kapacitás bővítése.

Kijelenthető, hogy a térség egyes országai közt megépített interkonnektorokkal a térség piaca immár egységesnek tekinthető. Olyan piacnak, ahol a gázkereskedő számára mérsékelt költségekkel biztosítva van a hálózathoz való hozzáférés.

A vizsgált térség földgázfelhasználása elmarad a nyugat-európaiétól. Ennek oka az, hogy egyrészt több ország nagymértékben a szénbázisra építette erőműveit, másrészt egyes országok idegenkedtek is az orosz importtól való nagy függéstől. Harmadrészt pedig egyes országok hiányosan kiépített hálózata is korlátozó tényező. Különösen a balkáni országokra igaz, hogy a gyengén kiépített gázinfrastruktúra és az akkumulációra lehetőséget nem adó alacsony végfogyasztói árak együttesen akadályozták, hogy több új fogyasztót bekapcsoljanak.

A fenti tényezők esetében 2021-ben még valószínűnek látszott a fogyasztás későbbi emelkedése. A magas CO₂-kibocsátás miatt a szén-erőművek helyett a megújulók és a földgáz együttesére alapozott áramtermelésre kívántak áttérni, a Balkánon pedig az új déli vezetékek révén lett volna lehetőség a korábbinál nagyobb importra. Közben februárban háború tört ki,

amelyre az EU válaszul meghirdette az orosz energiától való minél nagyobb fokú függetlenedést. A megváltozott helyzetben a földgáz felhasználásában korábban tervezett szintet várhatóan mérsékelni fogják. Ebbe az irányba hatnak a magas árak is, illetve az, hogy a hidegháborút idéző hangulat miatt akár az orosz gázimport-hoz való hozzáférés is korlátozott lehet. ■

JEGYZETEK

- ¹ Meg kell jegyezni, hogy ezek a stratégiák a mostani háború előtt készültek.
- ² Expected Electricity And Gas Balance Report 2019, 47. o.; Integrated National Energy and Climate Plan for 2021 to 2030, Slovakia, 2019 December
- ³ 2014-ben az ukrán GDP 6,4 százaléka volt a földgázszektornak adott támogatás. <https://pubdocs.worldbank.org/en/721741520534548015/SSLF18-Economic-Shocks-Ukraine.pdf>
- ⁴ EU-országok adatai a térségbeli EU-tagországok adatai nélkül
- ⁵ A térségben elemzett országok nélkül számított EU-s fogyasztás
- ⁶ <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities?continent=59af92ac3e70001c1bd78e52&country=&state=&page=1&perPage=50&cities=>
- ⁷ Általában a bányászat és a kőolaj-finomítás felhasználása
- ⁸ Az offshore földgáztermelés 2018-ban kialakított kedvezőtlen szabályozási kereteinek átalakítását a román kormány 2021-re ígérte, de ez a Romgaz–Exxon Mobil tranzakció előtt realisan nem várható.
- ⁹ Említést érdemel, hogy Litvániában pár éve épült LNG-kikötő és visszagázosító.
- ¹⁰ Szerbia Magyarországon keresztül, Bulgária pedig egy Románián áthaladó vezetéken kapott földgázt.
- ¹¹ Görög–bolgár, illetve bolgár–szerb összeköttetések
- ¹² Közös érdekű projektek
- ¹³ Az osztályozási rendszer segítségével a vállalkozások és a befektetők meghatározhatják, hogy mely gazdasági tevékenységek minősülnek környezeti szempontból fenntarthatónak.

IRODALOM

DEÁK, A., SZABÓ, J., WEINER, Cs. (2021). Energiapolitikai versengés új felállásban Délkelet-Európában: az Európai Unió az Egyesült Államokkal és Oroszországgal szemben? *Nemzet és Biztonság*, 2, <https://doi.org/10.32576/nb.2021.2.6>

HANCHER, L., SALERNO, F. M. (2017). Analysis of Current Trends and a First Assessment of the New Package in: Leal-Arcas, R.-Wouters, J. (ed.) *Research Handbook on EU Energy Law and Policy*, Edward Elgar Publishing Ltd., Cheltenham, pp. 48–66

- JIRUSEK, M. (2017). *Politicization in the Natural Gas Sector in South-Eastern Europe*, Masaryk University Press, Brno, pp. 288
- LUKÁCS, G. (2018). *A földgázellátás biztonsága*. Országgyűlés Hivatala, 2018/10
- STERN, J. (2019). *Narratives for Natural Gas in Decarbonising European Energy Markets*, OIES PAPER: NG141, pp. 18., <https://doi.org/10.26889/9781784671280>
- SZULECKI, K., FISCHER, S., GULLBERG, A. T. (2016). Shaping the 'Energy Union': between national positions and governance innovation in EU energy and climate policy, *Climate Policy*, 16(5), pp. 548–567, <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1135100>
- TAKÁCSNÉ TÓTH, B., KOTEK, P., SELEI, A. (2019). A magyar gázpiaci liberalizáció 15 éve, *Vezetéstudomány*, (különszám), <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.KSZ.04>
- VARGA, B. (2015). Kőolaj- és földgázvezetékek stratégiai jelentősége az EU-ban, 12. oldal, <https://kgk.sze.hu/images/dokumentumok/kautzkiadvany2015/VargaB.pdf>
- WALTER, GY. (2017). A projektfinanszírozás kockázata – nemzetközi és hazai tapasztalatok, *Pénzügyi Szemle* 62(4), 549–567. oldal
- Energy Strategy Of Ukraine for the period up to 2035, Kijev, 2017
- European Commission (2019). *Clean energy for all Europeans*, Publications Office of the European Union, <https://doi.org/10.2833/9937>
- European Traded Gas Hubs: the Supremacy of TTF, The Oxford Institute for Energy Studies 2020 May, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2020/05/European-Traded-gas-hubs-the-supremacy-of-TTF.pdf>
- Expected Electricity And Gas Balance Report 2019 OTE, Prága, pp. 82, https://www.ote-cr.cz/en/about-ote/files-annual-reports/expected_balance_report_2019.pdf
- Gazprom Annual Report 2020, pp. 244, https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/LSE_OGZD_2020.pdf
- IEA WEO 2011 Special report : Are we entering a golden age of gas?, https://iea.blob.core.windows.net/assets/8caa3d14-5005-437d-b180-06b8824d28c8/WEO2011_GoldenAgeofGasReport.pdf
- Integrated National Energy and Climate Plan for 2021 to 2030, Slovakia, 2019 December

SZERVEZETEK KIADVÁNYAI,
HONLAPJAI

ACER (Energiaszabályozók Együttműködési Ügynöksége)

ENTSOG (Földgázpiaci Szállítási Rendszerüzemeltetők Európai Hálózata), <https://www.entsog.eu/publications>

Eurostat

IEA (Nemzetközi Energiaügynökség), <https://www.iea.org/data-and-statistics>

A vállalati karbonsemlegesség elérésének lehetséges támogató modellje

Bognár Ferenc

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

bognar.ferenc@gtk.bme.hu

Böcskei Elvira

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

bocskei.elvira@gtk.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

Cikkünkben a nemzetközileg ismert fenntarthatósági modellek módszertanára alapozva javaslatot teszünk egy újszerű, a karbonsemlegesség elérésére ösztönző döntéstámogató és kontrollingsziszter kialakítására. Az értékelő rendszer illeszkedik az üvegházhatású gázokra vonatkozó (ÜHG) protokoll szempontrendszeréhez, mindhárom Scope-kibocsátásait figyelembe veszi, lehetőséget ad benchmark-, illetve stressztesztelés lehetőségére. Vizuálisan (is) támogatja a menedzsment döntéseit, továbbá a szabályozók számára is lehetőséget kínál iparági, ágazati szintű döntések előkészítéséhez és meghozatalához. Egy új modell megalkotására különösen szükség lehet, egy olyan geopolitikai feszültséggel terhelt időszakban, amikor az egyes energiahordozók ára és hozzáférhetősége drámai módon és ütemben változhat.

KULCSSZAVAK: fenntarthatósági kockázat, szén-dioxid-elszámolás, üvegházhatású gázokra vonatkozó protokoll, kockázatértékelés, szén-dioxid-közzétételi projekt

JEL-KÓDOK: D81, G30, Q51

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_4

Az Európai Tanács és az EU Tanácsa kiemelt prioritásként kezeli az éghajlatvédelmi átállást. A párizsi megállapodás keretében az Európai Tanács jóváhagyta azt a kötelező erdejű célt, miszerint az 1990-es szinthez képest 2030-ra az Unió teljes gazdaságán belül legalább 40 százalékkal csökkenteni kell az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását (A Tanács (EU) 2016/1841 határozata). Az éghajlatváltozással és biológiai sokféleséggel összefüggő vészhelyzetekre tekintettel a Bizottság 2021. július 14-én nyilvánosságra hozta a „Fit for 55” intézkedéscsomagját – a párizsi megállapodásban (2016) vállaltakat felülvizsgálta –, amelyben az EU kötelezettséget vállalt arra vonatkozóan, hogy 2030-ra az 1990-es szinthez képest legalább 55 százalékkal csökkenjen a nettó kibocsátás, 2050-re pedig Európa legyen az első klímasegleges kontinens. A Bizottság ezen intézkedésével támogatni kívánja a zöld átállást, amely hozzájárulhat egy reziliens és fenntartható európai gazdasághoz (COM [2021] 550 final).

Mindennek érdekében több ágazatban szén-dioxid-kibocsátási árat vezet be, ezzel olcsóbbá téve a tiszta megoldásokat, továbbá – a többletbevételek eredményeként – biztosítja a méltányos átállás lehetőségét. A Bizottság támogatja a megújuló energia nagyobb mértékű felhasználását és az energiatakarékosság javítását. Az EU kibocsátásainak 75 százalékáért az energiafelhasználás felel, így az központi szerepet játszik a Bizottság éghajlatvédelmi törekvéseiben. Az energiarendszer átalakítása a gazdasági versenyképesség egyik kulcseleme lehet, így elengedhetetlen a kibocsátás, a fogyasztók és az ipar energiaköltségeinek csökkentése, az energiamix átalakítása, a megújuló energiaforrások részarányának növelése. A megújulóenergia-irányelv keretében – 2030-ra a megújuló energiaforrások részarányának 40 százalékos célértéke – az EU szorgalmazza a tiszta üzemű új járművek és a tisztább közlekedési üzemanyagok értékesíté-

sének növelését. Mára már egyértelművé vált, hogy a természet egyre kevésbé képes eltávolítani a szén-dioxidot a légkörből, így az éghajlat-politikai és környezetvédelmi célok elérése érdekében az innovatív beruházások szorgalmazása mellett az energiaforrások megadóztatása, a „szennyező fizet” elv érvényesítése nagymértékben hozzájárulhat a zöldítési törekvésekhez. A közös kötelezettségvállalási rendelet felhatalmazza a tagállamokat, hogy nemzeti intézkedéseket hozzanak az építőipar, a közlekedés, a mezőgazdaság, a hulladékgazdálkodás és a kisipari ágazatok kibocsátásainak kezelése érdekében. A javaslat eredményeképpen 2030-ig EU-szerte 40 százalékkal kell csökkenteni az ezen ágazatokból származó kibocsátásokat a 2005-ös helyzethez képest (COM [2021] 550 final).

A dekarbonizációs folyamatok sikeressége érdekében az EU támogatni kívánja a vállalkozások tiszta energiába történő beruházásait, növelni fogja az ipar dekarbonizációját célzó innovatív projektek és infrastruktúra finanszírozását. A Bizottság felhívja a tagországok figyelmét, hogy a 2030-ra kitűzött cél eléréséhez a gazdaság egészében rendszerszintű átalakulásra lesz szükség. Az új geopolitikai és energiapiaci helyzet az Európai Bizottság intézkedéscsomagjának – „Fit for 55” – minél előbbi megvalósítását, a zöld átállás további felgyorsítását sürgeti. Az ukrajnai orosz invázió okozta nehézségekre, az energiapiaci zavarok elhárítására – összhangban a korábbi intézkedéscsomaggal – az Európai Bizottság REPower terve az energiamegtakarítást, az alternatív energiaforrások felkutatását, a tiszta energiát biztosító beruházások ösztönzését helyezi a fókuszpontba.

A tervek megvalósításához nemzeti szinten egy olyan értékelő és minősítő rendszer kidolgozására lesz szükség, amely a jogszabályi kötelezettségeken túlmutatóan ösztönözni fogja a gazdasági szereplőket, hogy hozzájáruljanak a zöld átállás sikeres megvalósításához.

A cikk első részében ismertetjük a nemzetközi szinten alkalmazott fenntarthatósági modelleket, azok főbb jellemzőit.

A cikk második részében javaslatot teszünk egy olyan értékelő és rangsoroló modellre, amely a nemzetközileg ismert fenntarthatósági modellek módszertanára alapozva megoldási lehetőséget kínál egy újszerű, a karbonsemlegesség elérésére ösztönző minősítő rendszer kialakítására.

Az értékelő rendszer kialakításakor az alábbi szempontrendszerrel vettük figyelembe:

a az üvegházhatású gázokra vonatkozó (a továbbiakban ÜHG) protokoll szempontrendszeréhez illeszkedjen, így a Scope 1, Scope 2, Scope 3 értelmezése szerint végezze az értékelést (GHG Protocol, 2004);

b integrált módon, a szempontrendszerek együttes értelmezésével tegyen megállapításokat, ösztönözve a gazdasági szereplőket mindhárom Scope esetén a folyamatos fejlődésre;

c több függvény alapján is kiértékelhetők legyenek a szervezeti eredmények, ezáltal kellő alapot adjon egy részletes benchmark-, illetve stressztesztelés lehetőségére az egyes szervezetek esetében, továbbá a szervezetek között;

d a menedzsment és vezetés számára vizuális támogatást adjon értékeléseikhez, döntéseikhez;

e a szabályozók számára kínáljon lehetőséget az iparági, ágazati szintű döntések előkészítéséhez és meghozatalához.

AZ EGYES FENNTARTHATÓSÁGI MODELLEK

A klímaváltozás kérdése egyre erősebb befolyásoló és motiváló tényezőként jelenik meg a globális pénzpiacok működési folyamataiban, ami a gazdasági szereplők és a kormányok felelősségét is előtérbe helyezi (Schaltegger, Zvezdov, Günther et al., 2015). A klímaválto-

zás és az azzal együtt járó gazdasági, társadalmi, környezeti hatások a tudományterületek képviselőit új modellek megalkotására inspirálták.

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) modellje

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (továbbiakban IPCC) aktuális éves jelentésében a klímaváltozás hatására fellépő jelenségek és kockázatok központi helyen szerepelnek. (IPCC, 2022). Az IPCC jelentése a fenntarthatósági kockázatokat három egymással interakcióban lévő halmazzal írja le, fókuszpontba helyezve az éghajlati veszélyeket, a társadalmi rendszerek, valamint az ökoszisztéma sebezhetőségét és kitettséget. A társadalmi rendszerek egyik kulcsalrendszereként kezelik a gazdasági tényezőket.

Az üvegházhatású gázokra vonatkozó protokoll (Greenhouse Gas Protocol – GHG Protocol) modellje

Az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának mérséklését célzó erőfeszítések támogatása a tudomány és a gazdasági szereplők egyik kiemelkedő feladata. Az üvegházhatású gázokra vonatkozó protokoll ajánlásai a gazdálkodó szervezetek szén-dioxid-kibocsátását alapvetően három csoportra osztják fel, amelyek:

- **SCOPE 1:** a gazdálkodó szervezet tulajdonában lévő vagy általa ellenőrzött műveletekből származó kibocsátások;
- **SCOPE 2:** a felhasznált, vásárolt vagy megszerzett villamos energia, gőz, fűtés vagy hűtés előállításából származó kibocsátások;
- **SCOPE 3:** minden, a Scope 2 hatókörén kívüli közvetett kibocsátás, amely a gazdál-

kodek szervezeti értékláncában előfordul, beleértve az upstream és a downstream kibocsátásokat is (GHG Protocol, 2004).

A szén-dioxid-közzétételi projekt (Carbon Disclosure Project – CDP) modellje

A szén-dioxid-közzétételi projekt (a továbbiakban CDP) kiterjedt minősítő rendszert működtet annak érdekében, hogy a fenntarthatósági kockázatok közül a levegő, a víz és a föld használatában a gazdálkodó szervezetektől a városokig ösztönözze a szereplőket a klímaváltozást mérséklő aktivitásra. A CDP minősítési rendszere az ÜHG-kibocsátás kulcsfontosságú elemnek tekinti, és minden évben közzéteszi a legmagasabbra értékelt riportot benyújtókat (A lista), ezzel is motiválva a szereplőket a kibocsátás csökkentésére (CDP, 2021).

A Partnerség a Szén-dioxid Pénzügyi Elszámolásáért (Partnership for Carbon Accounting Financials – PCAF) modellje

A Partnerség a Szén-dioxid Pénzügyi Elszámolásáért (a továbbiakban PCAF) kidolgozta az ÜHG számviteli kérdéseire vonatkozó ajánlását a pénzügyi szektor szereplői számára azáltal, hogy a finanszírozott kibocsátások mérhetővé tételéhez támogatást nyújtson (PCAF, 2020). A munkát az ÜHG-protokoll is minősítette a Scope 3 kibocsátásokra vonatkozó ajánlásaihoz. A Finans Danmark szintén az ÜHG-protokoll bázisán elkészítette a saját ajánlását a finanszírozott kibocsátásokhoz, és hasonló megállapításokat tesz a PCAF ajánlásaihoz a konkrét számítási szabályokra és a strukturáltságra vonatkozóan. (Finans Danmark, 2020)

A Cambridge-i Egyetem Fenntarthatósági Vezetés Intézetének (University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership – CISL) modellje

A Cambridge-i Egyetem Fenntarthatósági Vezetés Intézete (a továbbiakban CISL) egyre aktívabban tesz közzé jelentéseket és ajánlásokat a fenntartható gazdasági fejlődést támogató ösztönzőkről, módszerekről, folyamatokról és ajánlásokról. Értelmezésükben jelenleg a gazdaság az átalakulásra való felkészülés fázisában van, ahogyan ezt a CISL nevezi: „a megszokott bank-üzemben” (CISL, 2020).

A jelenre vonatkozó megállapításaik mellett az „új normális” üzemelést 2050 környékére időzítik, ahol a gazdaság már nettó zéró kibocsátó (CISL, 2021). A CISL elemzése szerint jelenleg a hatékonyságfókuszú gondolkodás gátolja az alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaság irányába történő elmozdulást. Ugyanakkor érzékelhető már a bankok részéről is a facilitálási, előremozdítási szándék. A CISL víziójával összhangban a McKinsey 2021-es ESG-riportjában a 2019-es bázisév viszonylatában 25 százalékos karbonkibocsátás-csökkenést tűz ki célul, a gazdálkodó szervezetekre vetített Scope 1 és Scope 2 kibocsátási értékekre (McKinsey, 2021).

FENNTARTHATÓSÁGI KOCKÁZATOK, ÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREK, A MODELLEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

A kontextuális modellek mellett egyre intenzívebben jelennek meg azon munkák, amelyek a fenntarthatósági kockázatok csökkentését célozzák, jellemzően az előállítási és üzemeltetési folyamatok szintjén (von Ahsen, Petruschke, Frick, 2022).

Fenntarthatósági kockázatok

A fenntarthatósági kockázatok esetében elsősorban a bankszektor ügyfelei által képviselt iparágak kerülnek a fókuszpontba. E modellekben a kockázatértékelési dimenziók száma jellemzően kettőre korlátozódik (Schulte, Knuts, 2022; Losiewicz-Dniestrzanska, 2015), egy-egy esetben találkozunk csak három dimenzió figyelembevételével (Makajic-Nikolic, Petrovic, Cirovic et al., 2016; Valinejad, Rahmani, 2018).

Két értékelési dimenzióval alapvetően a kockázati mátrix módszertanára épít az elemzés (Losiewicz-Dniestrzanska, 2015), míg három esetén a hibamód és hatáselemzés (Poulikidou, Björklund, Tyskeng, 2014) vagy az utóbbihoz köthető, de alapvetően a parciális kockázatok azonosításán nyugvó megközelítés (Bognár, Benedek, 2021) a módszertani bázis. Mind-egyik módszer sajátja, hogy a kockázat számszerűsítése az értékelési tényezők függvényében értelmezhető.

Első lépésben minősítik az egyes kockázatok az egyes értékelési tényezők függvényében egy adott skálán, majd e skálaértékeket összehasonlítva nyer értelmet a kockázati érték. Ennek alapján az egyes kockázatok rangsorolhatóvá válnak, így megállapítható, hogy mely kockázatok tekinthetők kritikusnak, amikor szükséges a mielőbbi kockázatcsökkentő intézkedések bevezetése. E technikák alkalmazásával a kapott eredmények értékelése folyamatosan biztosítva van, ami támogatja a szervezeti döntéshozatalt (Fekete, 2022).

Értékelési módszerek – a modellel szemben támasztott követelmények

A nemzetközileg ismert fenntarthatósági modellek módszertanára alapozva javaslatot teszünk egy újszerű, a karbonsemlegesség elérésére ösztönző döntéstámogató és kont-

rollingrendszer kialakítására. Az értékelő rendszer illeszkedik az ÜHG-protokoll szempontrendszeréhez, mindhárom Scope eredményeit figyelembe veszi, lehetőséget ad benchmark-, illetve stressztesztelésre, vizuálisan (is) támogatja a menedzsment döntéseit, és a szabályozók számára lehetőséget kínál iparági, ágazati szintű döntések előkészítéséhez és meghozatalához.

Illeszkedés az üvegházhatású gázokra vonatkozó protokoll szempontrendszeréhez

A módszertani javaslat egy újszerű minősítő rendszer kidolgozását célozza. Ugyanakkor nem célja a javaslatnak, hogy felmérje a gazdálkodó szervezetek karbonkibocsátását; e tekintetben az ÜHG-protokoll és a PCAF ajánlásai tekinthetők irányadónak.

A modellnek támogatnia kell a gazdálkodó szervezetet a jövőbeli fejlesztési irányok kiválasztásában. Az egyes szervezetek azonos iparági besorolásba tartozó tevékenységeinek egymással való összevethetősége a módszerrel szemben támasztott követelmény.

Az ÜHG-protokoll és a CDP is több nézőpontból teszi megállapításait a karbonsemleges gazdaság elérését célozva (GHG Protocol, 2004; CDP; 2021), ahogy az operatív értékelő modellek is több szempont szerint végzik az értékelést (von Ahsen, Petruschke, Frick, 2022). A javasolt modellnek is a többtényezős értékelő módszerek szerinti működést kell követnie, ugyanis a karbonsemleges gazdaság elérése körünk egyik legösszetettebb problémája.

Számos ígéretes kezdeményezést – tudományos cikket – olvashatunk a modellek értékelési tényezőinek meghatározására. A jó gyakorlatok közé tartozik a SWOT-elemzés logikájára épülő egyik modell, amely az értékelést a lehetőségek és veszélyek oldaláról közelíti meg (Schulte, Knuts, 2022). Ezek ugyan ígéretes megoldási javaslatok, azonban az ÜHG-protokoll robusztus koncepciójához nehezen illeszthetők, mert más szempontrendszer sze-

rint működnek. Ezért a kialakítandó modell megalkotásakor a feltételek között szerepelt, hogy illeszkedjen az ÜHG-protokoll szempontrendszeréhez (GHG Protocol, 2004), így a Scope 1, Scope 2, és a Scope 3 értelmezése szerint végezze az értékelést.

A folyamatos fejlődés lehetőségének integrált biztosítása

Más minősítő modellekkel összhangban a CISL és a CDP víziója és fejlesztési koncepciója is a folyamatos fejlődés logikáját követi, és időszakról időszakra minősítési pontok beiktatását feltételezi (CISL, 2021; CDP, 2021). A minősítő rendszernek ezért képesnek kell lennie monitorozni az adott időszaki változásokat, a fejlődési utakat.

Az értékelő modellel szembeni elvárások között szerepeltettük, hogy integrált módon, a szempontrendszerek együttes értelmezésével tegyen megállapításokat. Ezzel ösztönözze a gazdasági szereplőket mindhárom Scope esetén a folyamatos fejlődésre. A Scope 3 mérési és becslési módszerei a leginkább sokrétűek és költségesek (GHG Protocol, 2011), ezért a gazdasági szereplők – elsősorban a kis és közepes vállalkozások (a továbbiakban kkv-k) – számára komoly adatszerezési és pénzügyi kihívást jelentenek.

Mivel a gazdaság érintettjei között nem kívánunk különbséget tenni, így a modellnek képesnek kell lennie arra, hogy vállalati mérettől függetlenül töltsen be szerepét. A vállalati mérettől való függetlenség fontos szempont, ugyanis annak ellenére, hogy számos tanulmány foglalkozott az elmúlt években a kkv-k környezetvédelmi gyakorlatával, a külső (így a beszállítói) kapcsolatok környezettudatosabb kezelése kevésbé volt központi téma (Vörösmarty, Dobos, 2020). A modell a kkv-k számára a Scope 1 és a Scope 2 szerinti minősítést vegye alapul addig, amíg a Scope 3 tekintetében nem válnak minősíthetővé. Ez a „megengedés” az értékelő modell struktúrájának a nagyfokú rugalmassá-

gát igényli, de szükségesnek tűnik kifejezetten azon megállapítás ismeretében, hogy a magyarországi vállalatok esetében a Scope 3 kibocsátások elszámolása még „gyerekcipőben jár” (Csutora, Harangozó, 2019).

A függvények által biztosított értékelési lehetőség – benchmark-, illetve stressztesztelés

A modellel szemben támasztott követelmény, hogy több függvény alapján is kiértékelhetők legyenek az eredmények azonos iparágakban, ágazatokban is (több szervezet eredménye és egy szervezet saját eredményei is).

A tudományos szakirodalomban mind a kockázati mátrixok, mind a fenntarthatósági hibamód és a hatáselemző módszerek esetén a tényezőértékek összeszorítása a legáltalánosabb (Schulte, Knuts, 2022; Losiewicz-Dniestrzanska, 2015; von Ahsen, Petruschke, Frick, 2022). Emellett az összeadás és a négyzetösszeg módszerek bizonyítottan robusztus és alapvető értékelési jegyeiben más természetű értékelőfüggvényeket eredményeznek, amelyek alkalmazása a szorzat mellett a több szempontú értékelés erősödéséhez vezethet (Bognár, Hegedűs, 2022).

Vizuális támogatás a menedzsment és vezetés számára

A modell legyen képes jelentős mértékű vizuális támogatást adni a menedzsment és vezetés számára, mindez segíti a döntések előkészítését, azok értékelését, továbbá biztosítja a tervezés lehetőségét a karbonsemlegesség irányába teendő lépések kijelölésében.

Iparági, ágazati szintű döntéstámogatás biztosítása a szabályozók számára

A szabályozó számára az iparági, ágazati szintű összehasonlítások lehetősége kulcsfontosságú. Ha egy adott szervezet többféle iparágban is végez szén-dioxid-kibocsátást, akkor a kibocsátási adatokat a szervezet egészére és az iparági, ágazati besorolások szerint is szükséges

biztosítani, lehetővé téve az összehasonlítást. A modell számára az iparági, ágazati szintű adatok éppúgy értelmezhetők, mint az össz-szervezeti adatok.

Integrált értékelési lehetőségek

Az integrált értékelési lehetőségek bemutatásával – továbbiakban a Scope 1, Scope 2 és Scope 3 szerinti integrált értékelési lehetőségek –, továbbá a szén-dioxid-elszámolási térkép (Carbon Accounting Map) módszertan leírásával térünk ki a modell alkalmazási lehetőségeire.

A karbonkibocsátás integrált értékelési modelljének leírása

Jelöljön $S=(s_1, s_2, s_3)$ egy gazdálkodó szervezetet, amelynek az ÜHG-protokoll szerinti három jellemző karaktere van: s_1 a Scope 1 kibocsátás, s_2 Scope 2 kibocsátás, és s_3 Scope 3 kibocsátás. A Scope-kibocsátásokat magas

(tonnában kifejezett CO₂-egyenérték) és alacsony mérési szintű skálákon is ki lehet fejezni.

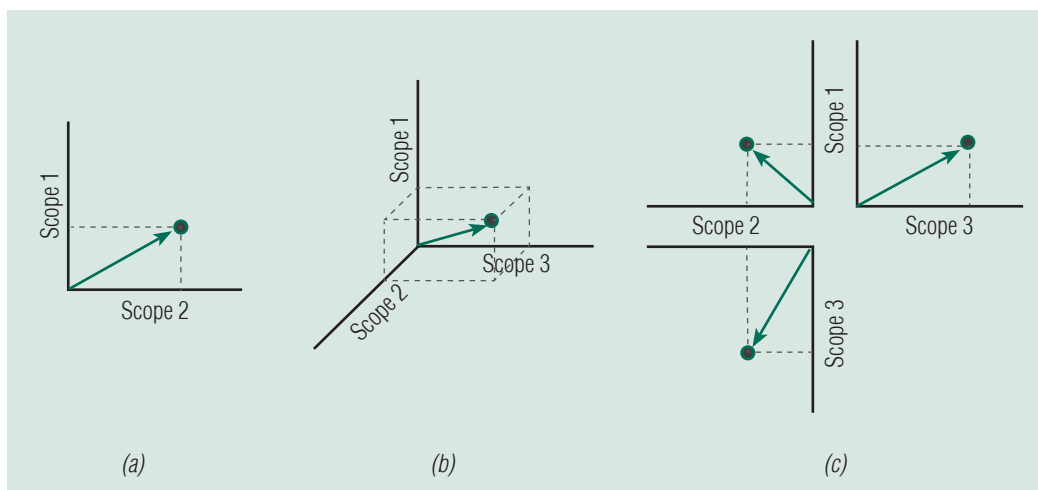
Az alacsony mérési szint alkalmazása lehet indokolt abban az esetben, ha a pontos tonnában kifejezett CO₂-egyenértékben való kifejezés a mindenkori felmérő módszertanok pontossága miatt még nem lenne kivitelezhető. Általában az alacsony mérési szinten az egytől tízig terjedő (egyes esetekben egytől ötig terjedő) skálán történik a kategorizálás. Minél nagyobb az s_1 , s_2 és s_3 értéke, annál nagyobb karbonkibocsátást reprezentál.

Az aggregált karbonkibocsátási érték minden szervezet esetében kiszámítható a felhasznált dimenziók összevont értékelésével, a \otimes matematikai művelet segítségével. Minél nagyobb ez az aggregált érték, annál inkább nő a szervezet karbonkibocsátásának relatíve káros hatása. A \otimes művelet alapja jellemzően a szorzás vagy az összeadás vagy a négyzetösszeg, de természetesen más műveletek is elképzelhetők.

Az 1. ábra bemutat három, a szakirodalom által ismert értékelési módszeren alapuló új-

1. ábra

A KARBONKIBOCSÁTÁS LEHETSÉGES INTEGRÁLT ÉRTÉKELÉSI MÓDJAI AZ ÜHG-PROTOKOLL ALAPJÁN



Forrás: saját szerkesztés

szerű értékelési technikát, melyekkel az egyes dimenziók mentén integráltan értékelhetők az egyes Scope-kategóriák alapján elért eredmények. Az ábra (a) része a kockázati mátrixra (Losiewicz-Dniestrzanska, 2015), az ábra (b) része a hibamód- és hatáselemzésre (von Ahsen, Petruschke, Frick, 2022), míg az ábra (c) része a részleges kockázati térképre (Bognár, Benedek, 2021) épít.

A szén-dioxid-mátrix (Carbon Matrix) modellje

Az (a) ábrarész azt a lehetőséget mutatja be, amikor a Scope 3 dimenziót még nem vontuk be. Ezen esetekben a Scope 1 és Scope 2 szerinti felmérésekre nyílik lehetőség. A Scope 1 és Scope 2 alapú modellek létjogosultsága mellett szól, hogy a kisebb szervezetek is képesek alkalmazni, így elősegítheti a karbonsemlegesség irányába történő elmozdulásukat.

A Scope 1 és Scope 2 alapú modellben jelölje egy \mathcal{S} gazdasági társaság integrált szén-dioxid-kibocsátási (Carbon Exposure) értékét $CE(\mathcal{S})$, aminek kiszámítása az alábbi képlettel adható meg.

$$CE(\mathcal{S})=s_1 \otimes s_2$$

A módszertan egy értékelési vektoron nyugszik, amely két tényezőből (Scope 1 és Scope 2) épül fel. [Lásd 1. ábra (a) része.]

A szén-dioxid-kibocsátás elemzésének (Carbon Emission Analysis) modellje

Ha a Scope 3 kibocsátás értékei is becsülhetővé válnak, két ajánlat fogalmazható meg az integrált karbonkibocsátás meghatározására.

Az egyik a hibamód és hatáselemzés módszeréhez kötődik, és annak a mérőszámához, a kockázatt prioritási indexhez. A Scope 1, Scope 2 és Scope 3 kibocsátásokon alapuló egyik modell neve Carbon Emission Analysis, és jelölje egy \mathcal{S} gazdasági társaság

karbonprioritási indexét (Carbon Priority Index) $CPI(\mathcal{S})$.

$$CPI(\mathcal{S})=s_1 \otimes s_2 \otimes s_3$$

A $CPI(\mathcal{S})$ értéket mutatja be az 1. ábra (b) része. Ez a módszer csak olyan szervezeteknek javasolható, amelyek képesek a Scope 3 értékek megadására, mert anélkül a módszertan nem ad eredményt. A módszer szintén egy értékelő vektort használ, a jelen esetben már mindhárom Scope-érték felhasználásával számolja a karbonprioritási indexet.

A modell alkalmazása abban az esetben javasolható, ha mindhárom Scope-érték egymáshoz mérten közel azonos relatív értéket vesz fel. Ez a helyzet a valóságban kevésbé gyakori, mivel különböző szervezeti profilok, iparági jellemzők, felhasználási célterületek diverzitása jellemző a vállalkozásokra. A legnagyobb kihívás az ellátási láncok kibocsátásának csökkenése, ezért várhatóan a Scope 3 értékei a másik két kibocsátási területhez képest magasabbak lesznek.

A szén-dioxid-elszámolási térkép (Carbon Accounting Map) modellje

Szintén három dimenziót használ, de már három értékelő vektor alapján végzi az értékelést a részleges kockázati térképen alapuló szén-dioxid-elszámolási térkép (a továbbiakban CAM). Ez a technika képes arra, hogy az életszerűen fennálló, a Scope-dimenziók esetén relatíve jelentős különbségek kimutathatók legyenek, és a menedzsment, valamint a szabályozó figyelmét a leggyengébben szereplő területre irányítsa. A módszer az alábbi képlet segítségével becsli az aggregált karbonkibocsátást egy adott \mathcal{S} szervezet esetén, ahol $CN(\mathcal{S})$ a karbonszám (Carbon Number).

$$CN(\mathcal{S})= \max \{s_1 \otimes s_2, s_1 \otimes s_3, s_2 \otimes s_3\}$$

A $CN(\mathcal{S})$ logikáját mutatja be az 1. ábra (c) része. A képletből következik, hogy a mód-

szer először három kétdimenziós becslést végez a Scope 1 vs. Scope 2, Scope 1 vs. Scope 3, majd a Scope 2 vs. Scope 3 dimenziók által alkotott mátrixokban, majd ezeknek az eredményeit összeveti egymással, és a legmagasabb értéket (azaz a három metszet szerinti legjelentősebb aggregált karbonkibocsátás értéket) fogja figyelembe venni. Ezzel a figyelmet operatív módon a legfejletlenebb területekre irányítja, egyben rávilágít a lehetséges fejlesztési stratégiák fő irányaira is.

A CAM legnagyobb előnye a CEA módszerhez képest, hogy a részleges kockázati térkép alapján nyugvó CAM módszertan nem nagyolja el a fontos különbségeket az egyes szervezetek között, mint ahogy teszi azt a kockázatprioritási index alapú CEA technika. (Lásd 1. táblázat.)

Formális módon a CAM az alábbi mátrixok strukturált elrendezésével adható meg.

$$A_{s_1, s_2} = (a_{s_1, s_2}) \in \mathbb{N}_+^{2 \times 2}.$$

$$A_{s_1, s_3} = (a_{s_1, s_3}) \in \mathbb{N}_+^{2 \times 2}.$$

$$A_{s_2, s_3} = (a_{s_2, s_3}) \in \mathbb{N}_+^{2 \times 2}.$$

Mivel a CAM az aggregált Scope-értékeket fogja számszerűsíteni egy adott \mathcal{S} szervezet esetén, ezért jelölje $p(\mathcal{S}) = p(s_1, s_2, s_3) := (s_1 \otimes s_2, s_1 \otimes s_3,$

$s_2 \otimes s_3)$ az \mathcal{S} szervezet CAM-térképen felvett karbonmintázatát (Carbon Pattern). A 2. ábra bemutatja egy lehetséges mintázat elhelyezkedését a CAM-ben.

A karbonszám képzéséhez három különböző aggregálófüggvényt – egy összeg-, egy szorzat- és egy négyzetösszegfüggvényt – mutatunk be.

$$CN_A(\mathcal{S}) = \max\{s_1 + s_2, s_1 + s_3, s_2 + s_3\}$$

$$CN_M(\mathcal{S}) = \max\{s_1 \cdot s_2, s_1 \cdot s_3, s_2 \cdot s_3\}$$

$$CN_S(\mathcal{S}) = \max\{s_1^2 + s_2^2, s_1^2 + s_3^2, s_2^2 + s_3^2\}$$

A karbonkibocsátás mérési érzékenységének függvényében végtelen sok különböző érték állhat elő, ha folytonos skálán, például tonnában kifejezett CO₂-egyenértékben mérhetők a kibocsátások. A jellemző minősítő skálák – az egytől négyig és az egytől tízig terjedő skálák – esetén a módszer bizonyítottan robusztus rangsorolási eredményt ad, így javasolható a szervezetek közötti rangsorok felállítására, bármely jellemző skálával is történjen a felmérés (Bognár, Hegedűs, 2022).

A cikkben a modell szemléltetését jobban támogató minősítő skála felhasználásával ismertetjük a módszert. Az egyes függvények nemcsak különböző értéket adhatnak ugyanazon \mathcal{S}

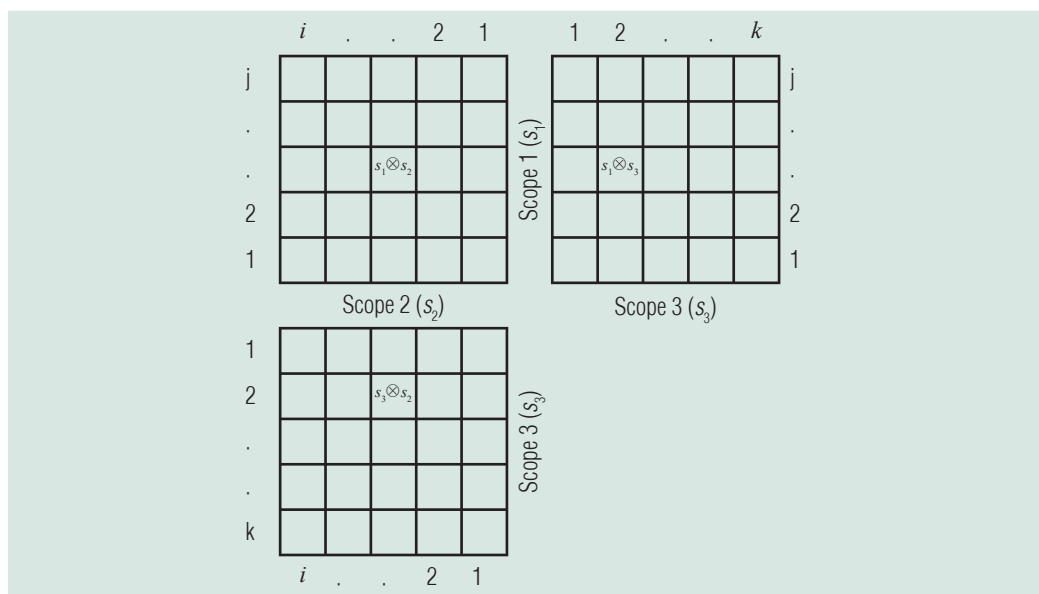
1. táblázat

A VIZSGÁLT MODELLEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Módszertan	Carbon Matrix – CM	Carbon Emission Analysis – CEA	Carbon Accounting Map – CAM
Bázismódszertan	Kockázati mátrix	Hibamód- és hatáselemzés	Részleges kockázati térkép
Értékelő vektorok száma	1	1	3
Értékelési tényezők (Scope)	1,2	1,2,3	1,2,3
Indikátor	Carbon Exposure (CE)	Carbon Priority Index (CPI)	Carbon Number (CN)
Értékelés dimenziói	2 dimenziós	3 dimenziós	2 dimenziós (3x)
Javasolt szervezeti méret	Kis és közepes méret	Nagy méret	Nagy méret

Forrás: saját szerkesztés

KARBONMINTÁZAT A CAM-BEN



Forrás: saját szerkesztés

szervezet esetén, de különböző módon rangsorolhatják az egyes szervezeteket egymáshoz képest is. Ezt kihasználva a szervezeteket különböző fókuszú értékelőfüggvényekkel lehet megvizsgálni, amelyek összessége egy komplex értékelést is lehetővé tesz a karbonkibocsátás tekintetében.

A szén-dioxid-elszámolási térkép modelljének egyes benchmarkinglehetőségei

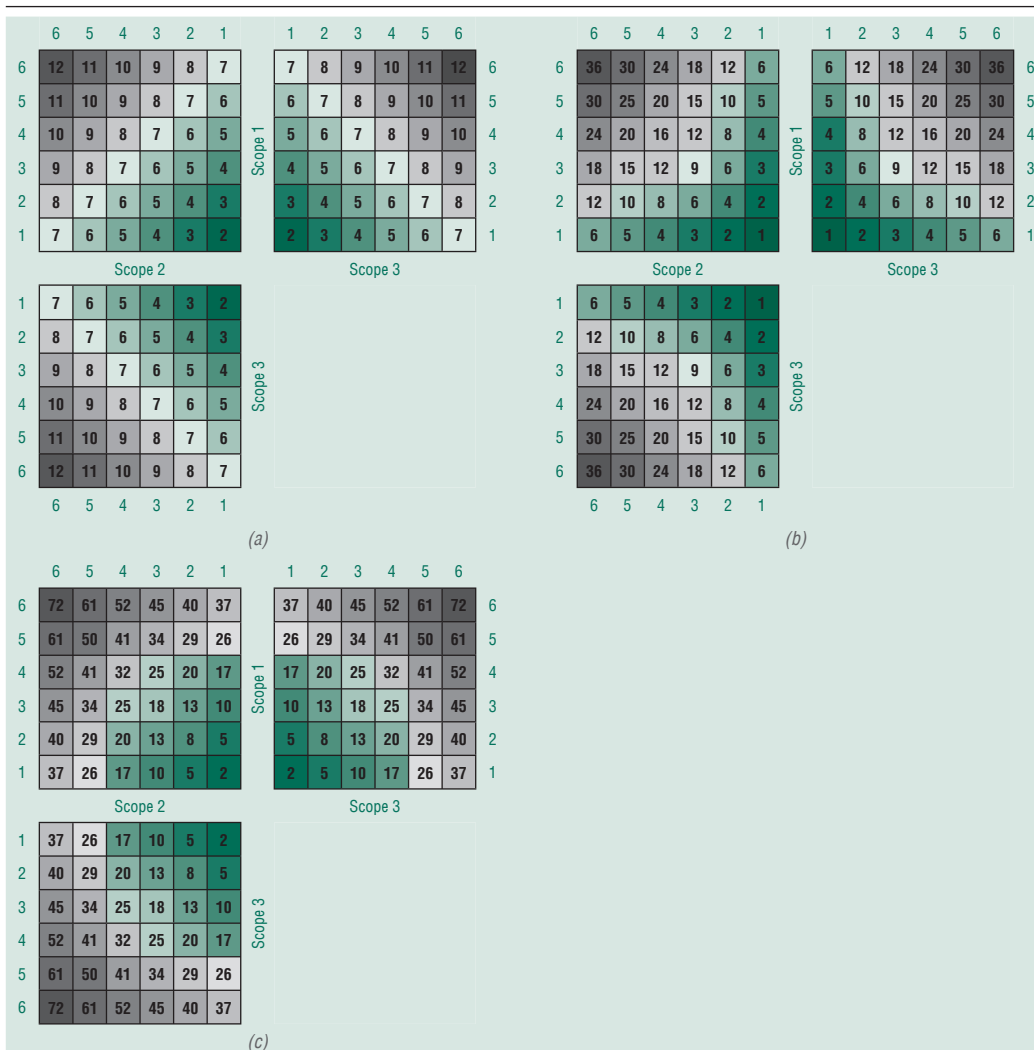
A $CN_A(\mathbf{S})$ lineáris, a $CN_M(\mathbf{S})$ konkáv, a $CN_S(\mathbf{S})$ konvex alakú határvonalakat képez a CAM-mátrixokban az origótól nézve. Az egyes függvények alkalmazásának részletes bemutatása előtt a 3. ábra mintájára fekete és zöld színekkel ismertethetők a jellegzetes különbségek a CAM-modellek között. A színek rajzolata vizuális üzenethordozó a tekintetben, hogy egy adott szervezet CAM-mintázata a többi szervezethez képest milyen pozíciót vesz fel. Ez a pozíció adja a szervezetek közötti rangsor-

képzés alapját. A sötétzöld szín a nagyon jó karbonkibocsátási eredményt, míg a fekete a nagyon rosszat jelzi a modellben.

A fentiekből látható, hogy különböző aggregáló függvényekkel különböző jellemzők szerinti benchmarkokat lehet végezni a szervezeteken. Ennek a tesztelésnek az eredményeképpen kimutatható lesz, hogy egy adott szervezet melyik mátrixban rendelkezik erősebb vagy relatíve gyengébb pozícióval. Ennek alapján fejlesztési irányok javasolhatók a további stratégiaalkotáshoz, ami az erőforrások olyan elosztását eredményezheti a karbonkibocsátás csökkentésében, ami tudatosan javítja a szervezet megítélését, és konkrét kibocsátáscsökkenés érhető el általa.

Az egyes függvényeket körültekintően érdemes alkalmazni. Például egy olyan cégnél, amelyik a Scope 3 tekintetében még a karbonsemelegessé válás elején áll, szinte alig elképzelhető, hogy a Scope 1 és Scope 2 akár

BENCHMARKING A CAM-MODELLBEN EGYTŐL HATIG TERJEDŐ MINŐSÍTŐ SKÁLA ESETÉN



Forrás: saját szerkesztés

egészen jó eredményei esetén is jó pozíciót foglalhasson el egy négyzetösszegfüggvény esetén. A négyzetösszegfüggvény bünteti ugyanis legjobban azokat a szervezeteket, amelyek akár csak egy dimenzióban is, de gyengébb eredményt tudnak felmutatni (lásd 3. ábra (c) rész). Természetesen az $s_1=1$, $s_2=1$, $s_3=1$ mintázatot minden függvény az első helyre pozicionálja, és ezzel is ösztönözi a szervezeteket, hogy abban az irányban haladjanak.

A módszer sorrendképzése beláthatóan nagyon egyszerű. A fekete szélső értékek felől az origó felé kell haladni úgy, hogy mindig a következő kisebb, de legnagyobb értékű cellára kell lépni. Bármelyik mátrixban az adott lépéssel egy szervezeti profilelemet tartalmazó cellára kerülve meg kell jelölni a cellát. Így rögzíthető, hogy az adott szervezet abban az értékelési metszetben volt a leggyengébb. Ettől még lehet, hogy a szervezet a másik két

mátrixban jól szerepel, de összességében van egy gyenge lába. Ez a gyenge láb jelöli ki a karbonszámot.

A módszer a természetéből fakadóan azonnal és bármilyen értékelőfüggvény esetén bünteti azt a szervezetet, amelyik két értékelési szempont szerint is gyenge teljesítményt mutat.

Visszatérve a 3. ábra (c) részén lévő függvényhez, hangsúlyozandó, hogy a függvény azt a vállalatot is „bünteti”, amelyik csak az egyik értékelési szempont szerint ér el gyenge eredményt, de a másik kettőben akár kiváló. Ez a legkeményebb értékelőfüggvény, pont ezen tulajdonsága miatt. A függvény önálló alkalmazása csak a fejlettebb Scope 3 kibocsátáscsökkentés esetén lehet érdemes, a másik két függvénnyel közös alkalmazása életszerű. A 3. ábra (b) részén lévő függvény arra az esetre érzékeny, ha mindhárom tényező esetén csak közepes a teljesítmény. A 3. ábra (a) részén lévő függvény egy kiegyensúlyozott értékelő forma, a korábban bemutatott két függvény közé fókuszál.

A szén-dioxid-elszámolási térkép és a robusztusságvizsgálat

A három függvény szerinti értékelés már kelendő alapot ad egy részletes benchmark- és akár stressztesztelés lehetőségére az egyes szervezetek esetében, továbbá a szervezetek között is. A rangsorok az értékelt szervezetek között különböző módon alakulnak, így a rangsorok összehasonlításával megvizsgálható, hogy egy szervezet pozíciója a térképen robusztus-e. A robusztusságvizsgálat a különböző értékelőfüggvények által adott szervezeti rangsorok rangkorrelációs (például a Spearman's rho vagy a Kendall's tau kiszámítása), illetve rangkonkordancia-vizsgálatával (például Kendall's W) könnyen elvégezhető. A jelen munkában két rangsor összehasonlítása a Spearman's rho (Spearman, 1904) értékkel történik, míg több rangsor összehasonlítása a Kendall's W (Kendall, 1970) értéken alapul.

A Spearman rho -1 és 1 között veheti fel értékeit. A rho értéke minél közelebb van egyhez, annál inkább megegyezik a két rangsor, és minél közelebb van mínusz egyhez, a két rangsor annál inkább ellentétes egymással; nulla érték esetén a két rangsor független egymástól.

A Kendall's W 0 és 1 között veheti fel az értékeit. Minél közelebb van a W értéke egyhez, annál inkább egyeznek a rangsorok, és minél közelebb van nullához, annál inkább egymás ellentétei.

A vizsgálatok során mind a rho mind a W értékek esetén az esetpélda mennyiségi jellemzőit figyelembe véve az egyszázalékos szignifikanciaszintet tekintjük elfogadhatónak. A robusztusságvizsgálat célja, hogy képet kaphasson a szabályozó arról, mekkorák a távolságok az iparági szereplők vagy azok egyes szegmensei között a karbonsemlegesség felé vezető úton.

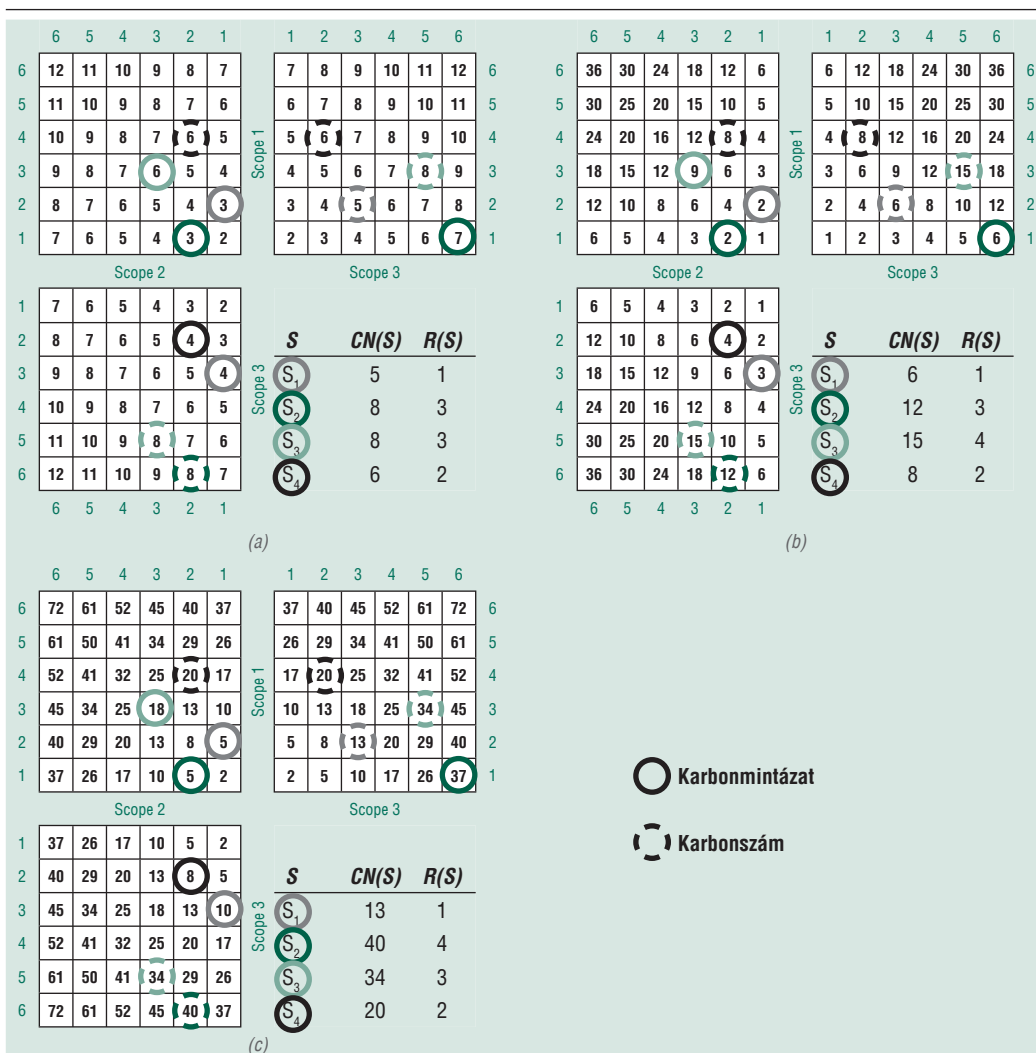
A továbbiakban szemléltető példát mutatunk be a módszertan különböző értékelőfüggvényeinek eredményei kapcsán, melyet a következő fejezetben értelmezünk, és kontextusba helyezzük a létező elméletekkel.

Az értékelőfüggvények közötti különbségek modellezése – a lehetséges szervezeti karbonmintázatok

Az értékelőfüggvények közötti különbségeket, az eredmények bemutatását esetpéldánkon keresztül modellezzük, ennek során szemléltetjük az egyes értékelőfüggvények prioritizálása közötti különbségeket és az eredmények robusztus voltát.

A 4. ábra (a) része a $CN_A(\mathbf{S})$, a (b) része a $CN_M(\mathbf{S})$, míg a (c) része a $CN_S(\mathbf{S})$ függvény szerinti értékelést mutatja be. A karbonmintázat minden esetben azonos, ugyanis a karbonmintázat a három Scope-értékből épül fel, az értékelőfüggvényektől viszont független. Ugyanakkor a különböző

A SZERVEZETEK KARBONPROFILJA ÉS KARBONSZÁMA AZ EGYES ÉRTÉKELŐFÜGGVÉNYEK ESETÉBEN



Forrás: saját szerkesztés

értékelőfüggvények esetén különböző $CN(S)$ karbonszámok jöhetnek létre, és így elvégezhető az egyes szervezeti teljesítmények más szempontok szerinti megítélése. Minél kisebb a karbonszám, annál előbbre sorolódik az $R(S)$ rangsorban, azaz annál jobb eredményt tud felmutatni a karbonsemlegesség tekintetében.

Esetpéldánk szemlélteti, hogy az S_1 és S_4 szervezetek mindhárom értékelőfüggvény sze-

rint különböznek az S_2 és S_3 szervezetekhez képest.

Az S_1 és S_4 szervezetek kiegyensúlyozottan jobbak az S_2 és S_3 szervezetekhez képest, ami vizuálisan is belátható, ugyanis karbonmintázatuk a térkép közepéhez közelebb veszi fel a pozícióit.

Az S_2 és S_3 szervezetek karbonmintázatai a Scope 3 tekintetében elért viszonylag gyen-

gébb eredmény miatt veszik fel a térkép középtől távolabbi pozícióikat. Az S_2 és S_3 szervezet számára világosan kijelöli a fejlesztés útját, ha szeretnének felzárkózni a kiegyensúlyozottabb szervezetekhez.

A statisztikai elemzés is alátámasztja a vizuális eredményeket. A három értékelőfüggvény rangsorai között nincs szignifikáns hasonlóság. A Spearman's rho értékek ugyan relatíve magasak, de nem szignifikánsak (2. táblázat).

Megállapítható, hogy a szervezetek között még jelentősek a relatív különbségek, mivel a különböző értékelőfüggvények jelentős különbségeket állítanak elő a rangsorokban. Ezt igazolja a három értékelőfüggvény által képzett rangsorok egyszerre történő összevetése is, a Kendall's W 0,931-es értéke ugyan meglehetősen magas, ám a 0,039 szignifikanciaértékkel nem szignifikáns, tehát jelentős a különbség az egyes rangsorok között. A mintázatok esetében érzékelhető, hogy a szervezeteknek (különösképpen S_2 és S_3 szervezeteknek) vannak fejlődési lehetőségeik a karbonsemlegesség útján.

ALKALMAZHATÓSÁG

A gazdasági szereplők számára a cikkben ismertetett modellek döntéshozatali és kontrollingszerepként szolgálhatnak a karbonsemlegesség iránti elköteleződés során. A modell valós döntéstámogató megoldást nyújthat a gazdasági szereplők számára,

ahogy a döntéstámogató megoldások jelentősége fokozódik (CISL, 2022a, CISL, 2022b). A CDP értékelési módszertanának célkitűzéseivel összhangban, ugyanakkor annak rangsorolási módszeréhez képest eltérően viselkedik a felvázolt modell. A CDP az egyes értékelési szempontok mentén külön-külön rangsorol, így megengedőbb a karbonsemlegesség szempontjából (CDP, 2021).

A jelen modell ezt a különböző Scope-kibocsátások tekintetében nem engedi meg, így a szervezetek motiválhatók a kiegyensúlyozott fejlődésre. A bemutatott modell erősségei között említjük, hogy nem támogatja, hogy akár az egyik Scope-kibocsátása tekintetében elért eredményt úgy lehessen kedvezően értékelni, hogy a másik Scope-kibocsátása növekszik.

A karbonsemlegessé válás ösztönzésében az a modell erőssége, hogy vállalati mérettől függetlenül reális alternatívát nyújt(hat) a Scope 1 és a Scope 2 kibocsátások integrált csökkentésében, ösztönözve a szervezeteket a Scope 3 kibocsátások monitoringjának bevezetésére, illetve kifejlesztésére. Ezt a háromdimenziós és egy értékelővektoros modellekre alapozva nehezen lehetne kivitelezni (von Ahsen, Petruschke, Frick, 2022; Valinejad, Rahmani, 2018).

A szabályozói oldal számára mind a visszacsatolás, mind a döntéstámogatás lehetőségét megteremti azzal, hogy megfelelő számú szervezet bevonásával iparág-specifikus mintázatokig is el lehet jutni, ezen keresztül az egyes iparági sze-

2. táblázat

A SPEARMAN'S RHO ÉRTÉKEK ALAKULÁSA

	Spearman's rho	szignifikanciaszint
$CN_A(\mathbf{S})$ vs $CN_M(\mathbf{S})$	0,949	0,051
$CN_A(\mathbf{S})$ vs $CN_S(\mathbf{S})$	0,949	0,051
$CN_M(\mathbf{S})$ vs $CN_S(\mathbf{S})$	0,800	0,200

Forrás: saját szerkesztés

replőknek a karbonsemlegesség irányában tett erőfeszítései összemérhetőkké válnak.

A modell a három értékelőfüggvény együttes alkalmazásával és az így előálló rangsorok értékelésével az egyes iparágakon belüli összehasonlítások támogatására is alkalmas.

A különböző módon előállított rangsorok összehasonlítása során, ha a bármely alkalmazott rangkorrelációs együttható magas értéket vesz fel (két rangsor hasonlít egymásra), vagy a bármely rangkonkordancia-együttható magas értéket vesz fel (több rangsor hasonlít egymásra), akkor az iparági szereplők mintázatai alapvetően hasonlítanak egymásra. Ez esetben a profilok alapján megvizsgálható, hogy a hasonlóság relatív fejlettség vagy fejletlenség mellett következik-e be, ami nagyon hasznos döntéstámogató információ.

Ha az együtthatók alacsony értéket vesznek fel, akkor széles spektrumban helyezkednek el a mintázatok, és egyértelműen azonosíthatók az éllovasok és a lemaradók.

Szabályozói oldalról vizsgálva célzott stratégiai ösztönzőkkel a karbonsemlegesség felé történő iparági elmozdulások is tervezhetővé válnak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A pénzügyi szektor egyre tudatosabban azonosítja a klímaváltozásból fakadó adaptációs nyomást, miszerint a fenntartható jövő üzleti lehetőségei a karbonsemlegesség irányába mutatnak. Egyre fejlettebb ÜHG-alapú minősítő rendszerekkel találkozhatunk a nemzetközi szakirodalomban. Ugyanakkor még nem született olyan modell, amely az ÜHG-protokoll szerinti három Scope-kibocsátást egymás függvényeként értelmezné. A tanulmányban az összevont Scope-kibocsátások alapján történő minősítésre tettünk javaslatot, ösztönözve a Scope 3 eredmények feltárási folyamatát, ezzel is elősegítve a Scope-kibocsátások csökkentésére irányuló törekvéseket.

A tanulmányban bemutatott modell tudatos alkalmazásával, testre szabásával iparági, ágazati, vállalati szinten egyaránt lehetőség kínálkozik a kibocsátások csökkentésére (nyomon követésére), továbbá a szabályozók számára is megteremthető a lehetőség az egyes piacok, piaci szegmensek összehasonlítására, elősegítve (támogatva) a megalapozott döntéshozatalt. ■

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki a lektor és a Magyar Nemzeti Bank munkatársai által megfogalmazott értékes javaslatokért.

A tanulmány a Magyar Nemzeti Bank és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem között létrejött együttműködés keretében és finanszírozásával készült a Zöld pénzügyek, zöld gazdaság műhelyben.

IRODALOM

VON AHSEN, A., PETRUSCHKE, L., FRICK, N. (2022). Sustainability Failure Mode and Effects Analysis – A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 363, 132413, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132413>

BOGNÁR, F., BENEDEK, P. (2021). A Novel Risk Assessment Methodology – A Case Study of the PRISM Methodology in a Compliance Management Sensitive Sector. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18, pp. 89–108, <https://doi.org/10.12700/APH.18.7.2021.7.5>

- BOGNÁR, F., HEGEDŰS, Cs. (2022). Description and Consequences on some Aggregation functions of PRISM (Partial Risk Map) Risk Assessment Method. *Mathematics*, 10, 676, <https://doi.org/10.3390/math10050676>
- CSUTORA, M., HARANGOZÓ, G. (2019). *Széndioxid-elszámolás a hálózati gazdaságban*. *Vezetéstudomány*, 50(9), pp. 26–39, <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.09.04>
- FEKETE, I. (2022). A döntéshozatal támogatása a kockázatmenedzsment eszközeivel. *Pénzügyi Szemle*, 2022/1. különszám 28–47. oldal, https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_s_1_2
- KENDALL, M. G. (1970). *Rank Correlation Methods*; Griffin: London
- LOSIEWICZ-DNIESTRZANSKA, E. (2015). Monitoring of Compliance Risk in the Bank. *Procedia Economics and Finance*, 26, pp. 800–805, [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00846-1](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00846-1)
- MAKAJIC-NIKOLIC, D., PETROVIC, N., CIROVIC, M., VUJOSEVIC, M., PRESBURGER-ULNIKOVIC, V. (2016). The model of risk assessment of greywater discharges from the Danube River ships. *Journal of Risk Research*, 19, pp. 496–514, <https://doi.org/10.1080/13669877.2014.988286>
- POULIKIDOU, S., BJÖRKLUND, A., TYSKENG, S. (2014). Empirical study on integration of environmental aspects into product development: processes, requirements and the use of tools in vehicle manufacturing companies in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 81, pp. 34–45, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.001>
- SPEARMAN, C. (1904). The Proof and Measurement of Association between Two Things. *The American Journal of Psychology*, 15, pp. 72–101, <https://doi.org/10.2307/1412159>
- SCHALTEGGER, S., ZVEZDOV, D., GÜNTHER, E., CSUTORA, M., ALVAREZ, I. (2016). Corporate Carbon and Climate Change Accounting: Application, Developments and Issues. In: Schaltegger, S., Zvezdov, D., Alvarez Etxeberría, I., Csutora, M., Günther, E. (eds) *Corporate Carbon and Climate Accounting*. Springer, Cham. pp. 1-25, https://doi.org/10.1007/978-3-319-27718-9_1
- SCHULTE, J., KNUTS, S. (2022). Sustainability impact and effects analysis – A risk management tool for sustainable product development. *Sustainable Production and Consumption*, 30, pp. 737–751, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.004>
- VALINEJAD, F., RAHMANI, D. (2018). Sustainability risk management in the supply chain of telecommunication companies: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 203, pp. 53–67, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.174>
- VÖRÖSMARTY, Gy., DOBOS, I. (2020). A vállalatméret hatása a zöldbeszerzési gyakorlatra. *Statistikai Szemle*, 98(4), pp. 301–323, <https://doi.org/10.20311/star2020.4.hu0301>
- A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának „Irány az 55%!”: Az EU 2030-ra vonatkozó éghajlat-politikai célkitűzésének megvalósítása a klímasemlegesség elérése érdekében. COM/2021/550 final Brüsszel, 2021.7.14, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550>
- A Tanács (EU) 2016/1841 határozata (2016. október 5.) az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye keretében létrejött párizsi megállapodásnak az Európai Unió nevében történő megkötéséről <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016D1841&from=HU>
- Carbon Disclosure Project (2021). *Putting a Price on Carbon – The State of Internal Carbon Pricing*

by Corporates Globally. Online: https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/005/651/original/CDP_Global_Carbon_Price_report_2021.pdf?1618938446

Finanz Danmark (2020). Framework for Financed Emissions Accounting. Online: https://finansdanmark.dk/media/47060/fida_financedemissionsaccounting-rgbsingles.pdf

Greenhouse Gas Protocol (2004). A corporate Accounting and Reporting Standard. Online: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Greenhouse Gas Protocol (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard - Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. Online: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Online: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf

McKinsey & Company (2021). 2021 ESG Report – Accelerating Sustainable and Inclusive Growth. Online: https://www.mckinsey.com/spContent/bespoke/esg-pdf/pdfs/in/McKinsey_2021_ESG_Report_VF.pdf

Párizsi megállapodás (L282/4) 19.10.2016, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex%3A22016A1019%2801%29>

Partnership for Carbon Accounting Financials (2020). The Global GHG Accounting & Reporting Standard for the Financial Industry. Online: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/The%20Global%20GHG%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard%20for%20the%20Financial%20Industry_0.pdf

The University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL). (2022a). Decision Making in a Nature-Positive World: Nature-based Solutions for the Food and Beverage Sector. Cambridge, UK. Online: https://www.cisl.cam.ac.uk/files/nature-based_solutions_for_the_food_and_beverage_sector1.pdf

The University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL). (2022b). *Decision Making in a Nature-Positive World: Nature-based Solutions for the Water Sector*. Cambridge, UK. Online: https://www.cisl.cam.ac.uk/files/nature-based_solutions_for_the_water_sector1.pdf

The University of Cambridge Institute of Sustainability Leadership (2021). Let's discuss climate – The essential guide to bank-client engagement. Cambridge, UK. Online: <https://www.cisl.cam.ac.uk/system/files/documents/lets-discuss-climate-guide-to-bank-climate-engagement-cisl-may-2021.pdf>

The University of Cambridge Institute of Sustainability Leadership (2020). Bank 2030: Accelerating the Transition to a Low Carbon Economy. Cambridge, UK. Online: <https://www.cisl.cam.ac.uk/system/files/documents/bank-2030.pdf>

A működő smart grid tanulságai egy magyar önkormányzati példán keresztül

Piricz Noémi

Óbudai Egyetem

piricz.noemi@kgk.uni-obuda.hu

Révész Balázs

Szegedi Tudományegyetem

reveszb@eco.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

Az elektromos áram iránti növekvő globális kereslet, a fenntarthatósági elvárások, a globális Covid-járvány és az orosz–ukrán háború is befolyásolja az elektromos áram ellátási láncát. Tanulmányunkban a közeljövő modern intelligens áramhálózatával, a smart gridtel foglalkozunk a menedzsment megközelítésével. Magyarország legújabb és legkomplexebb smart gridjét elemezzük az esettanulmány módszerével. A smart grid szereplőit vizsgáltuk, hogy milyen volt az együttműködés, milyen tanulási folyamatokat tapasztaltak, milyen kockázatokat láttak és látnak most. Eredményeink szerint a megrendelők és a kivitelezők kölcsönösen elégedettek; a számszerű előnyök mellett mindegyik fél fontosnak tartja a különböző területeken megvalósult tanulási folyamatokat is. A kockázatok a modern technológiából, a komplexitásból, az újszerű megoldásokból és működési mechanizmusokból erednek, de a geopolitikai és világgazdasági bizonytalanságok, hiányjelenségek is hatást gyakorolnak.

KULCSSZAVAK: smart grid, technológiai innováció és K+F menedzsment, technológiai változás: választások és következmények, alternatív energiaforrások,

JEL-KÓDOK: O32, O33, Q42

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_5

2021-ben Marybel Batjer, Kalifornia állam áram- és közüzemi szervezeteinek az elnöke bejelentette lemondását (Hoeven, 2021), mivel 2020 augusztusában, Kaliforniában bekövetkezett az elmúlt 20 év első állami szintű áramszünete; egy rekkenő hóhullám és más tényezők veszélybe sodorták Kalifornia villamosenergia-rendszerét. „*Nem tudtuk megjósolni és kiküszöbölni ezeket az áramszolgáltatási kieséseket, és ez egyszerűen elfogadhatatlan*” – mondta Gavin Newsom, Kalifornia kormányzója.¹ 2021-ben a kaliforniai rendszerirányító 8 állami riasztást adott ki, amelyek arra szólították fel az ügyfeleket, hogy önként csökkentsék energiafelhasználásukat, amikor a rendszer a legnagyobb igénybevételnek van kitéve, azaz 16-tól 21 óráig.

A Global Energy Trends legfrissebb, 2021-es jelentése szerint a G20-ak elektromosáramfogyasztása 2018-ról 2019-re 0,9 százalékkal nőtt, egy évvel később 2,3 százalékkal csökkent, és 2021 végére 5,3 százalékkal nőtt.² A 2020-as visszaesést a globális Covid-járvány okozta, ahogy ezt a szerzők is megemlítik (a világgárvány gazdasági hatásairól bővebben Czeczeli et al., 2020). Az áram iránti kereslet folyamatosan növekszik mind az ipar, mind a háztartások oldaláról. A kérdés az, miként tud erre a kínálati oldal reagálni. A téma aktualitását sajnos az orosz–ukrán háború kiváltotta energiaválság még nyilvánvalóbbá teszi, ami Európát még érzékenyebben érinti. Az EU vezető politikusai már nem is a magas energiaárak miatt aggódnak, hanem elsősorban a – gáz – mennyisége miatt.³ Ezért tanulmányunkban röviden bemutatjuk az elektromos áram jelenlegi és jövőbeli ellátási láncának legjellemzőbb tulajdonságait. A smart gridekhez kapcsolódóan megemlítünk az innovációval, ill. innovációs hálózatokkal kapcsolatos néhány szakirodalmi felvetést. Ezzel előkészítjük empirikus kutatásunkat, melyben az esettanulmány módszertanát felhasználva a békéscsabai intelligens hálózatot elemeztük a menedzsment oldaláról és hálózati megközelítésben.

Kutatási kérdéseink a következők voltak:

▶ Milyen motivációkkal indultak a smart grid résztvevői?

▶ Hogyan működött a közreműködők hálózata a smart grid létrehozása, ill. működtetése alatt?

▶ Történt-e, történik-e tanulási folyamat az intelligens hálózat szereplőiben? Ha igen, hogyan, és ennek mi a végeredménye?

▶ Milyen működési kockázatot vártak/látanak/tapasztalnak (bizalmi, technológiai, kapcsolati/hálózati, viselkedési, egyéb)?

Kutatásunk újszerű több szempontból is. A működő smart gridek gazdasági, a menedzsment szempontjából történő tanulmányozása nemzetközi szinten is még viszonylag ritka. Tudomásunk szerint működő magyar smart gridről gazdasági, társadalmi megközelítésben eddig csak egy-két tudományos tanulmány jelent meg (pl. Piricz, 2021). Fontosnak tartjuk a hálózati szemléletet, illetve a téma hálózati szintű vizsgálatát.

SAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az üzleti hálózatoktól a smart gridekig

A Hakanson és Snehota (1995) által megfogalmazott ún. hálózati nézet szerint egy cégnek el kell fogadnia, hogy nem független, hanem kölcsönösen függ és beágyazódott környezetébe, és ez korlátozza mind a gondolkodási, mind az önálló cselekvési képességét. Megközelítésükben tehát az üzleti hálózat egymással összefüggő üzleti kapcsolatok rendszere. „Az üzleti hálózatok egyik nagy csoportja az ellátási lánc, amely minden tevékenységet magában foglal, ami a termék előállításával és kiszállításával kapcsolatos, a beszállító beszállítójától kezdve a végső fogyasztóig bezárólag.” (Idézi Szegedi és szerzőtársa (2017;360) az egyesült államokbeli Supply Chain Council 1997-es definícióját.) Az ellátási lánc menedzsmentje pedig az

előbbi folyamatok hálózati szintű összehangolásával kapcsolatos feladatokat, funkciókat foglalja magában, amely egyfajta végponttól végpontig történő szemléletet takar (Mangan et al., 2008).

Az elektromos áram hagyományos ellátási lánc a húzórendszerként működik, a végtermék jelentős tárolási lehetősége nélkül. Az erőművek és egyéb generátorok pillanatról pillanatra termelik meg (valódi just-in-time rendszerben) a szükséges villamos energiát. Ellenkező esetben a rendszer elveszti egyensúlyát, a szolgáltatás megszakad, magas kiegyenlítési költséget és óriási újraindítási költségeket generálva (Bajor, 2007).

A smart grid olyan villamos hálózat, amely költséghatékonyan képes integrálni a hozzá csatlakozó összes felhasználó – termelők, fogyasztók – viselkedését és tevékenységét annak érdekében, hogy gazdaságosan hatékony, fenntartható energiarendszert biztosítson alacsony

veszteséggel és magas energiaszinttel (The European Union Commission Task Force for Smart Grids). Ezek az intelligens hálózatok (smart gridek) öngyógyító, rezilienciára képes (bővebben pl. Halmi, 2021) rendszerek, amelyek magukba foglalják a fogyasztókat, tolerálják a támadásokat, biztosítják a 21. századi felhasználók számára szükséges áramminőséget, a kereslet és a kínálat széles skáláját alkalmazzák, és a versenypiacok teljes mértékben lehetővé teszik és támogatják őket (Amin és Giacomoni, 2012).

Ahogy az 1. táblázatban is látható, a smart gridekben megváltoznak, illetve megnövekednek az érintett szereplők feladatai. Az áramtermeléssel például nemcsak a hagyományos erőművek foglalkoznak, hanem a (szervezeti vagy magán) fogyasztók megújuló erőművei, ezért ezek a végfogyasztók termelők is egyben, azaz prosumerek (a producer és a consumer szavak összevonásával). Tehát fontos különbség, hogy

1. táblázat

AZ ELEKTROMOS ÁRAM HAGYOMÁNYOS ELLÁTÁSI LÁNCA ÉS A SMART GRID ÖSSZEHASONLÍTÁSA FŐ TEVÉKENYSÉGEK SZERINT

	Az elektromos áram hagyományos ellátási lánc	Smart grid
Áram termelése	<ul style="list-style-type: none"> • döntően hagyományos erőművek • központosított generálás 	<ul style="list-style-type: none"> • hagyományos erőművek (tömegtermelés) • megújuló energiát felhasználó erőművek • el/megosztott termelés (V2G, G2V)
Nagykereskedelem	<ul style="list-style-type: none"> • szabadpiaci műveletek 	<ul style="list-style-type: none"> • szabadpiaci műveletek • az országok közötti nemzetközi kereskedelem növekvő szerepe
Szállítás, raktározás	<ul style="list-style-type: none"> • természetes monopólium 	<ul style="list-style-type: none"> • természetes monopólium? • a V2G és a G2V új szerepe
Elosztás és mérés	<ul style="list-style-type: none"> • természetes monopólium 	<ul style="list-style-type: none"> • természetes monopólium? • a V2G és a G2V új szerepe
Kiskereskedelem	<ul style="list-style-type: none"> • szabadpiaci műveletek 	<ul style="list-style-type: none"> • szabadpiaci műveletek • az energiaközösségek új szerepe

Forrás: Piricz, 2020;395

a hagyományos rendszerben a termelés és a fogyasztás elkülönül, az intelligens hálózatokban nem, ezért ezeket a tevékenységeket optimalizálni kell.

Az elmúlt évtizedekben az energiaellátás erősödő piaci sajátosságokat mutatott (Verbong et al. 2013). Ez a tendencia valószínűleg folytatódik az intelligens hálózatokban is. A növekvő nemzetközi energiakereskedelem mellett tapasztalható az egyéni felhasználók energiaszövetkezetekbe, energiaközösségekbe való tömörülése.

A smart gridek Magyarországon

Magyarországon a 2000-es évek elején kezdtek el az intelligens hálózatokkal foglalkozni, és mára sokféle hálózat működik. (Számukról még nem található hivatalos összesített adat. Noha a Lechner Tudásközpont Példatára igyekszik a fenntarthatósággal, okos környezettel, okos gazdasággal kapcsolatos minden projektet, információt összegyűjteni, ezek sok esetben nem tekinthetők intelligens hálózatnak.) A szakértők szerint Magyarország áramhálózata jól megtervezett, azonban ez a kiterjedt hálózat elavult,⁴ amire egy lehetséges megoldás a smart gridek elterjedése. Ezt az irányt erősítik a fenntarthatósággal, valamint a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésével kapcsolatos egyre erősödő elvárások, vagy az az EU-s döntés, mely szerint 2035-től csak elektromos járművet lehet forgalomban hozni új autóként⁵.

A magyar smart gridek egyik finanszírozási forrása jelenleg a Modern Városok Program, noha ennek célrendszere sokkal szélesebb körű, és a helyi igények szerint változik.⁶ Most csak néhány megvalósult smart grid elemre térünk ki, az ötletgyűjtés, célmeghatározás, szándéknyilatkozat vagy tervezés fázisaiban lévő projekteket mellőztük.

Nem szeretnénk összemosni a smart city és a smart grid fogalmát, de megjegyezzük, hogy

szorosan kapcsolódnak egymáshoz. Budapest régóta verseng a világ nagyvárosaival az okos városok listáján, amit egy meghatározott, ún. Smart City Index alapján számolnak ki. A legfrissebb Smart City Index 2021 listájában Budapest a 99. helyen áll (2020-ban a 77. volt).⁷ Miskolc az Új Széchenyi Terv – Digitális Város című program segítségével diszpécserközpont létrehozását és rendszámfelismerő rendszer kiépítését valósította meg.⁸

Az Európai Bizottság Klímasemleges és Okos Városok Missziójába Budapest és Miskolc mellett Pécs került be, amelyeknek „klímavárosi szerződéseket” kell kialakítaniuk.⁹ Pécs emellett csatlakozott a Fenntartható Energia és Klíma Akciótervhez, melyben vállalják az energiafelhasználási részarány és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentését. Szolnok a Magyar Telekommal együtt alakítja ki az ún. T-Cityt, amelynek célja a legkorszerűbb távközlési, informatikai és tartalmi szolgáltatások kipróbálása.¹⁰

A városok után egy-egy magyar példán keresztül mutatjuk be a smart gridek további fajtáit. Az Élhető Jövő Park a Nemzetközi Gyermeatmentő Szolgálat Lovasterápiás Központjában található, elsősorban a Lovasterápiás Központ igényeit szolgálva (Piricz, 2021). Az Élhető Jövő Parkban a prosumer megnövekedett szerepe a speciális körülmények miatt nem volt tudatos, mivel a szolgáltató számos feladatot átvett a végfelhasználótól (Piricz, 2021).

A működő BÜKK-MAK, a Magyar Virtuális Mikrohálózatok Mérlegköri Klaszter termelési kapacitásai házon belüli, kis és közepes termelőegységekből és saját irányítási rendszerből állnak. A közép- és nagyfeszültségű hálózat saját koordinációs és felügyeleti központtal rendelkezik, saját termelési és fogyasztási rendszerre 44 észak-magyarországi település lakosait, vállalkozóit, önkormányzatait és a helyi civil szférát szolgálja ki. Ez a hálózat forradalmian új teret nyit a jelenlegi villamosenergia-gazdálkodási rendszer számára, hogy összehozza a

„kellemetlen kicsiket” anélkül, hogy az országos hálózatot „rángatná”.¹¹

Az Alternatív Energiaforrások Kutatóközpont (Óbudai Egyetem) napelemeket, tározós vízerőműmodellt, szélturbinákat és hőszivattyút foglal magában.¹² Mindez kutatási és energiaoptimalizálási célokat is szolgál. Az Infoware Zrt., amely a világsők között van az akkumulátoros energiatárolásban, gyártóként saját gyártócsarnokát és elektromos laboratóriumának berendezéseit is igénybe veszi.¹³

Az energiapiacok mélyebb, határokon átnyúló integrációját célzó Duna InGrid (Danube Intelligent Grid) projektet az Európai Bizottság indította el (2020 és 2025 között 291 millió euró a tervezett költségvetése).¹⁴ A Danube InGrid projekt célja, hogy elősegítse a megújuló villamosenergia-termelés növekedésének intelligens technológiákkal történő hálózati integrációját, valamint az ellátás biztonságának garantálását intelligens hálózat kiépítésével és üzemeltetésével,¹⁵ ennek keretében megújul az észak-dunántúli és a nyugat-szlavákiai elosztóhálózat.

Innovációs hálózat és elektromos hálózati innováció

A technológiai vívmányok manapság már egyre kevésbé születnek meg csupán egyetlen piaci szereplő által létrehozott teljesítményként. A legtöbb esetben heterogén összetételű szereplők (Corsaro et al., 2012) összekapcsolódása vezethet sikeres innovációhoz (Csizmadia, 2004). A technológiai fejlődés előrehaladtával a legtöbb vállalat külső „tudásforrásokhoz” fordul, kihasználja a hálózatban együttműködő szereplők egyedi képességeiből, speciális tudásából fakadó előnyöket. Az így létrejövő, közös fejlesztést célzó hálózatokat nevezhetjük innovációs hálózatnak, ahol a különböző hálózati tagok által birtokolt erőforrások közös cél érdekében történő felhasználása valósul meg

(Corsaro et al., 2012). A tudás és az erőforrások megszerzésében pedig a felek közötti interakció játszik kulcsszerepet (Mandják et al. 2021) Az evolúciós közgazdaságtani megközelítéssel összhangban (Pyka, 2002) a szereplők azért törekednek az együttműködésre más, heterogén kompetenciákkal rendelkező szereplőkkel, mert a felgyorsult versenyhelyzetben így tudják a fejlődéshez szükséges tudást megszerezni a leginkább hatékony módon.

Az innovációs folyamatok kockázatos voltát számos szerző részletesen bemutatta már (pl. Cantù et al. 2013, Weiss és Dale 1998). Az új technológia alkalmazása, az új partnerek kiválasztása vagy éppen az új piacok megcélzása is kockázattal jár, hogy csak a leggyakoribbakat említsük. Tanulmányunk az innováció egy speciális területével, a fenntarthatósághoz kapcsolódó innovációk körével, a megújuló energiaforrások felhasználásával foglalkozik, melyek esetében komoly kockázatot jelent, hogy „kettős externália” hatás (Ramkumar et al. 2022) érvényesül. Ez gátat jelenthet az ilyen jellegű innovációk fejlesztésének, mivel az ökoinnovációk esetén tudás- és környezeti externáliák is keletkeznek. Miközben a vállalat társadalmi értéket is létrehoz az innováció által, ez együtt jár olyan tudásalapú externáliák előállításával, ami lehetővé teszi a versenytársaknak, hogy megismerjék a megvalósítással kapcsolatos nehézségeket, és így megkönnyíti számukra az innováció átvételét. A fenntarthatóságot is szem előtt tartó fejlesztés emellett pozitív környezeti externáliát is eredményez a vállalat költségén, amely így előnyös helyzetbe hozza a vállalatot a szennyező magatartást folytató versenytárral szemben.

MÓDSZERTAN

A kvalitatív módszertan célkitűzése a mögöttes okok és motivációk alapvető megértése, mi pedig a hogyanra, miertre keressük a vá-

laszt. Kiszámú esettel dolgozik (nem reprezentatív), viszont alkalmas a problémák feltárására és megismerésére (Miles, 1994), ezért ez nagyon elterjedt kutatási módszertan például B2B-problémák vizsgálata során. A kvalitatív módszertan kiváló lehetőséget biztosít a hálózatban betöltött szerepek (Yeung et al., 1995), helyzetek, megoldások bemutatására. Yin (2018) megfogalmazásában az esettanulmány egy olyan empirikus módszer, amely egy kortárs jelenséget (az „esetet”) mélyrehatóan vizsgál, ha a jelenség és a kontextus közötti határok nem egyértelműek. Hozzáteszi, hogy egy esettanulmány megbirkózik azzal a technikailag sajátos szituációval, amelyben sokkal több változó lehet, mint adatpont, és ennek egyik előnye az adatgyűjtés, és az elemzés több bizonyítékforráson alapul. Az esettanulmány esetén a „mintát” nem az „eset” és nem az esettanulmány jelenti, hanem a megtapasztalás, a kirajzolódott komplex kép, ennek megfelelően a következtetések levonása a megértett folyamatok/körülmények/jellemzők összességéből történik (Lauckner et al. 2012).

Az egy esetből álló (klasszikus) esettanulmánynak megvan az a hátránya, hogy „minden tojást egy kosárba kell tenni” (Yin, 2018:108), azonban az elemzés menete alapvetően ugyanolyan, mint a több esetet magában foglaló esettanulmánynál. Mi azért választottunk egy esetet, mert a Békéscsabai Smart Grid minden tekintetben megfelel az intelligens hálózat definícióinak, nem átmeneti, kísérleti jelleggel működik, hanem folyamatosan, továbbá a szakértők szerint ma Magyarországon ez műszakilag a legkomplexebb, működő intelligens hálózat.

A mi esettanulmányunk egyrészt ún. feltáró esettanulmány, mivel célunk a smart gridek működésének megértése, ami alapján talán ajánlásokat, megfelelő kérdéseket tudunk majd megfogalmazni a további vizsgálatokhoz, illetve tájékoztató anyagokhoz. Másrészt kutatásunk az ún. kinyilatkoztatás esetéhez tartozik (revelatory case) (Yin, 2018); ez a helyzet

akkor áll fenn, amikor a kutatónak lehetősége van megfigyelni és elemezni egy olyan jelenséget, amely korábban nem volt elérhető a társadalomtudományi vizsgálat számára.

A kvalitatív adatok ellenőrzésére a trianguláció az egyik javasolt megoldás. A kifejezés a tengeri navigáció szótárából származik, és arra utal, hogy a pozíció pontos meghatározását három különböző irányból történő bemérés alapján végzik (Denzin, 1978). Az esettanulmányhoz kapcsolódó mélyinterjúk során az ún. módszer-triangulációt alkalmaztunk, azaz többféle megközelítésben tettük fel ugyanazon kérdéseket. Emellett alkalmaztuk a személyi triangulációt, hiszen több tapasztalt kutató vett részt a mélyinterjúk elkészítésében, és tapasztalatainkat folyamatosan megosztottuk.

Az adatgyűjtés négy szabálya (Patton, 2015):

❶ Több bizonyítékforrás használata, melyeket ellenőrzünk. Idetartozik az alkalmazott módszer- ill. személytrianguláció.

❷ Egy esettanulmány – adatbázis létrehozása. (Ennek ránk vonatkozó részletezése a következő bekezdésben található.)

❸ A bizonyítékok láncolatának fenntartása: Az esettanulmány folyamatának logikusnak kell lennie, valamint a korábbi szakaszokban lévő „bizonyítékoknak” (pl. kutatási kérdéseknek, tapasztalatoknak, eredményeknek) tükrözniük kell a későbbi szakaszban lévő fogalmakat (pl. megállapítások).

❹ Vigyázni kell a közösségimédia-forrásokból származó adatok felhasználásakor. (Esetünkben ez nem releváns.)

„A kutatás menete progresszív fókuszálás” – írja Szokolszky (2004) a kvalitatív kutatásról, és mi is ezt tapasztaltuk. Egy vonatkozóan kutatás (Ma et al., 2018) módszertanát felhasználva mélyinterjúkat kezdtünk készíteni a smart grid magyarországi szakértőivel az intelligens hálózat menedzsmentoldaláról, s a résztvevők együttműködési tapasztalatairól.

Az adatgyűjtés e szakaszában azt tapasztaltuk, hogy többen is a Békéscsabai Smart Gridről beszélnek. Ekkor döntöttünk úgy, hogy ezt az új projektet fogjuk esettanulmány formájában elemezni a félig strukturált mélyinterjú vázlatát megtartva és kiegészítve. Amikor újra beszélgettünk a legfontosabb szereplőkkel, egyrészt néhány témát pontosítottunk, másrészt az eltelt időszak működési tapasztalatairól is sokkal több információt sikerült szerezni. Összességében szakértői mélyinterjúkat készítettünk két körben (külső szakértőkkel, kivitelezővel, tulajdonosokkal és felhasználókkal), helyszíni látogatást tettünk, és felhasználtuk az adott smart gridről szóló primer, valamint szekunder forrásokat is (lásd 1. ábra).

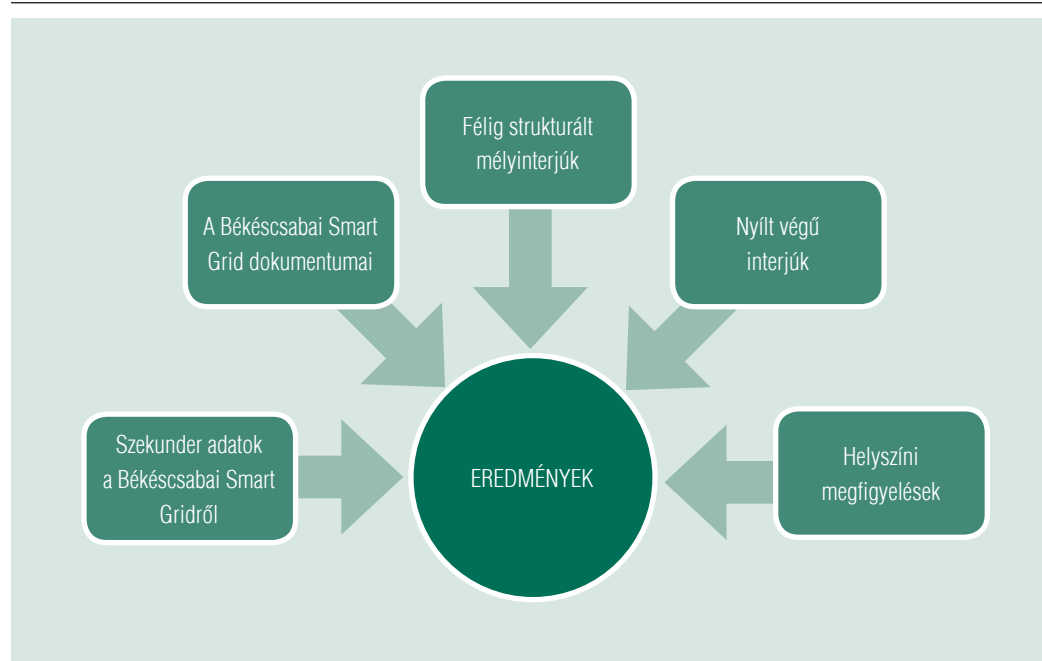
Az adatelemzés három klasszikus feladata: az adatredukció, az adatmegjelenítés, valamint a következtetések levonása és érvényesí-

tése. A megvalósult mélyinterjúkat rögzítettük, majd többször visszahallgattuk. Ennek során egyrészt kialakult bennünk egy általános kép az érintett témákról, másrészt egy részletes Excel-táblázatba beleírtuk a legjellemzőbb – vagy éppen különleges – kifejezéseket, mondatokat. Így megvalósult a teljes dokumentáció és az átláthatóság. A kategóriákba csoportosított gondolatokat, valamint a konkrét smart griddel kapcsolatos adatokat, információkat (adatredukció) ábrákba foglaltuk a problémák és a jelenségek minőségi megértésének céljából (adatmegjelenítés).

Az adatfeldolgozás során az ún. „ground up” (Yin, 2018) stratégiát alkalmaztuk, azaz nem egy előzetesen kialakított koncepciót vizsgáltunk, hanem fordítva, az adatok ismeretében, valamint mélyebb megértés után elemeztünk a releváns modellek felhasználásával.

1. ábra

A BIZONYÍTÉKOK KONVERGENCIÁJA A KONKRÉT ESETTANULMÁNY SORÁN



Forrás: saját szerkesztés

Tehát követtük az esettanulmány szokásos módszertani folyamatát:

① behatároltuk az esettanulmányt: a Békéscsabai Smart Grid vizsgálata a résztvevők és a szakértők szemszögéből;

② bemutatjuk az „esetet” a következő részben;

③ adatainkat a fentiekben leírt módokon ellenőriztük;

④ az „Eredmények” és a „Következtetések” című részekben térünk ki elemzésünkre.

AZ ESETTANULMÁNY BEMUTATÁSA

A vizsgálat tárgyát képező, hazánkban egyedülálló energetikai fejlesztési beruházás a Modern Városok Program támogatásával valósulhat meg. A megyei jogú város vezetése olyan komplex programot álmodott meg, amely hosszabb távon is fenntarthatóvá teszi a város bizonyos létesítményeinek üzemeltetését. Mi több, akár az elektromos tömegközlekedési rendszer kialakítását is támogatni tudja a napelemparkból származó elektromos áram vételezésének lehetőségével. *„Az energetikai fejlesztések célja a fenntarthatóság és az energiahatékonyság szempontjainak erőteljesebb érvényesítése a városban SMART GRID rendszer, épületenergetikai beruházások, geotermikus hőhasznosítás, SMART közvilágítási rendszer, valamint intelligens közlekedésvezérlő és környezetkímélő közösségi közlekedési rendszerek megvalósítása révén.”*¹⁶

A felsorolt öt fejlesztési terület közül is kiemelkedik az intelligens hálózat kialakítása, hiszen ez központi összekapcsoló szerepet tölt be a programban a többi terület energiaellátásának biztosítása révén. További különlegessége a smart grid rendszer fejlesztésének, hogy ilyen méretű, alhálózatként kialakított energiatermelő és tároló rendszer hálózaton belüli közvetlen felhasználók kiszolgálására optimalizálva még nem található Magyarországon.

A rendszer összetevői az 1,364 MWp teljesítményű napeleemes erőmű, a 2,4 MWh kapacitású akkumulátoros villamosenergia-tároló, a hozzá kapcsolt fogyasztók okos hálózati végponti eszközökkel ellátva, valamint a rendszer optimális működését szolgáló okos hálózati központ (adatgyűjtő és vezérlő rendszer).

Az innovációs hálózat szereplői

Kutatásunk során vizsgáltuk, hogy a fejlesztési projekt során milyen szervezetek és milyen funkciók ellátása érdekében működnek közre. Az innovációs folyamat a projekt tekintetében három szakaszra bontható. A kezdeményezés fázisában a projekt tervezésére került sor. Ebben az időszakban kulcsfontosságú a – hosszú távú fenntarthatósági és gazdaságossági célokat szolgáló – településfejlesztési szándék a városvezetés részéről, amelynek eredményeképpen a program megvalósításához szükséges képességekkel, tudással rendelkező projektmenedzsment-teamet alakították ki. Elsősorban a megújuló energiaforrások miatt elengedhetetlenek továbbá a település megfelelő természeti adottságai (napsütéses órák száma, geotermikus energia elérhetősége), valamint a finanszírozási forrás, amelyet állami támogatás formájában, a Modern Városok Program keretében tervezett biztosítani a város.

A kivitelezés időszakában a kulcsszerepet a technológiai megvalósító és alvállalkozói kapták. A projektmenedzsment-team elsődleges feladata ebben az időszakban a település érdekeinek érvényesítése mellett a finanszírozási forrás elvárásainak való megfelelés biztosítása, valamint az üzemeltetési szakasz előkészítése volt. A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (energiahivatal) és a villamos hálózatot üzemeltető és a villanyáram vételezését végző szervezet, valamint a megtermelt energia értékesítését lehetővé tevő közüzemi szolgáltató vállalat szerepe is a kivitelezési sza-

kaszban vált kiemelkedővé a rendszer üzemeltetéséhez szükséges feltételek kialakítása, valamint a működési megállapodások megkötése révén.

Bár a vizsgált smart grid rendszer az utolsó adatfelvétel időszakában hivatalosan tesztüzemeltetés alatt áll, az üzemeltetés szerződéses és szervezeti feltételei még nem véglegesek, azonban a szereplők köre és az üzemeltetési funkciók már azonosíthatók. A projekt során közreműködő innovációs partnerek és funkcióik összefoglalását a 2. ábra tartalmazza.

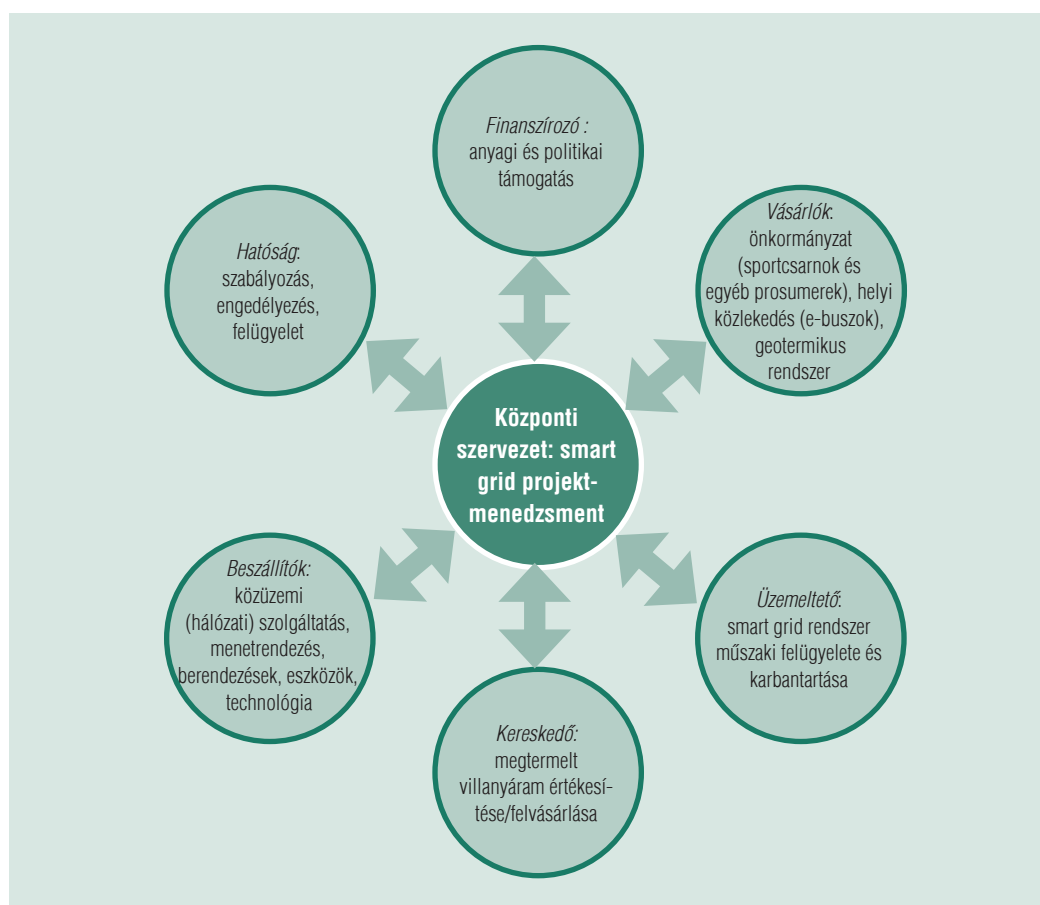
AZ EREDMÉNYEK

Motivációk

A békéscsabai intelligens hálózati rendszer megvalósítása kiemelt jelentőségű a település szempontjából. Bár az energiaárak mai drasztikus megemelkedése a projekt tervezési időszakában még nem volt előre látható, már az eredeti elképzelés során is az egyik meghatározó motiváció a villamosenergia-költségek optimalizálása volt. Ahogy a projektmenedzsment-

2. ábra

INNOVÁCIÓS PARTNEREK ÉS FUNKCIÓIK A SMART GRIDBEN



Forrás: Csizmadia 2004, 26. o. alapján saját szerkesztés

team egyik tagja fogalmazott: „Békéscsaba város egyik célja a hosszú távú költségsökkentés, városüzemeltetési megtakarítás realizálása, a tervezett új sportcsarnok és versenyszoda energiaellátásának biztosítása.” A projekt indulásakor a költség-haszon elemzés és a teljes élettartamra vonatkozó nettó jelenérték számítása is alátámasztotta a beruházás gazdasági indokoltságát, azonban „...az NPV és IRR számításokat a mostani energiaárak gyökeresen átírta”. Az energia világpiaci árának kiszámíthatatlan változása egy ilyen, 15–20 éves hasznos élettartammal számoló beruházás esetén komoly tervezési nehézséget jelenthet. Már a tervezés során is minimum több tízmillió forintos éves villamosenergia-költség-megtakarítással számolt az önkormányzat a sportlétesítmények villamos energiával történő ellátása révén, s az azóta megváltozott energiaárak ezt befolyásolják. Az így realizált megtakarításokat a városvezetés más feladatainak megvalósítása során tudja hasznosítani a lakossági igényeknek megfelelően.

Fontos cél volt a településhez kötődő széndioxid-kibocsátás mértékének csökkentése is, ami a megújuló energiaforrásra építő smart grid rendszer segítségével tudott megvalósulni. „A projekt egy komplex, a fenntarthatósági célokat szolgáló program részeként jön létre, ahol a helyi tömegközlekedés fejlesztésére elektromos buszok beszerzése, a városi létesítmények melegvíz-ellátására és fűtésére geotermikus rendszer, az áramellátás biztosítására napeleemes smart grid rendszer létesül, amelyet kiegészít a városi középületek energiahatékonyság-javítása és a közvilágítás korszerűsítése, smart városüzemeltetési rendszer kialakítása is.” (a projektmenedzsment team egyik tagja).

Harmadikként pedig meg kell említeni a projekt PR-értékét is, hiszen az innovativitás, a fenntarthatósági célok szem előtt tartása, mind pedig a felelős gazdálkodás a települési önkormányzatok komoly hírértékkel bíró erénye.

A kivitelező Infoware Zrt. részéről természetesen szintén a gazdasági cél (profit) tekinthető elsődleges motivációnak, de emellett a projekt újdonságértéke és az ebből fakadó tudás megszerzése, az eddig még nem tapasztalt projektkomplexitásban rejlő tapasztalati tanulás, valamint nem utolsósorban az egyedülálló referencia mint végeredmény megszerzése volt motiváló. A közüzemi szolgáltató részéről szintén érzékelhető volt a szakmai kíváncsiság is mint motiváció, hogy az itt megszerzhető tudást miképpen tudja majd más települések, jövőbeli projektek során kamatoztatni.

Összességében tehát a projektben közvetlenül részt vevő szereplők mindegyikében megjelenik a gazdasági, pénzügyi előnyyszerzés motivációja mellett a tanulás és a PR-értékteremtés is. Fontos megjegyezni, hogy a szervezeti piacokon nem csupán a szervezeti szintű motivációk jelentkeznek és képeznek izgalmas kutatási terepet. A szervezetek által megvalósított projektekből közreműködő egyének mind rendelkeznek egyéni célokkal, motivációkkal a projekt kapcsán. A jelen kutatásban azonban ezekre az egyéni motivációkra nem térünk ki.

Tanulási folyamatok

A komplex, innovatív projekt számos tanulási lehetőséget és tanulási kényszert rejt magában, amelyre a résztvevő szervezeteknek előre fel kellett készülni. Ilyen komplex beruházás még nem volt a kivitelező Infoware praxisában sem. Már a tervezés/engedélyeztetés is új volt. Nemcsak a kivitelező vagy a megrendelő Békéscsaba város számára, de a villamosenergia-szolgáltatást biztosító hatósági szereplők és közüzemi szolgáltatók számára is újdonság volt a villamosenergia-termelő erőművel egybekötött tároló- és fogyasztói kör, illetve a hosszabb távú elképzelés, hogy a megtermelt energiát közvetlenül értékesítse az üzemeltető más fogyasztóknak is. A projektmenedzsment-team tapasztal-

latait sommásan foglalja össze a csapat egyik tagja: „ilyen jellegű formanyomtatvány nincs...”.

Mivel az előállított villamos energia hálózati tárolására nincs lehetőség, ezért különösen fontos a villamosenergia-rendszer teljesítményegyensúlyának biztosítása, amit az országos villamosenergia-hálózat vonatkozásában az átviteli rendszerirányító felügyel. A békéscai projekt nem vesz részt közvetlenül a MAVIR (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Rt.) hálózati feszültség-szabályozásában, az országos rendszernek jelenleg még nem képezi elemét. A rendszer belső egyensúlyát mesterséges intelligencia kezeli, a kétkörös egyeztetést követően létrejövő menetrend tartására törekedve, amely figyelembe veszi a fogyasztási előrejelzéseket és a rendszerállapot változóit is. Ez újabb tanulási folyamatot eredményez az üzemeltető, a rendszer által kiszolgált fogyasztók és az MVM részéről egyaránt. Sőt a város is fontos tapasztalatokra tesz szert, tanul, a technológia és a menedzsment területén egyaránt. A projekt eredményeképpen megismeri, miként lehet egy villamos erőművet beleilleszteni egy önkormányzati rendszerbe. *„Mindkettő szigorú szabályok szerint működik, meg kell tanulni, hogy hogyan tudja az erőmű eladni az áramot az önkormányzati szereplők, az önkormányzati fenntartású vállalkozások számára (milyen áron adja: ingyen, egyetemes szolgáltatási áron, piaci áron)...”* „Rengeteget tanultunk ebből, hogy hogyan működik a villamosenergia-ipar, mit tud az erőművünk, mit tud a tárolónk, és milyen eljárások mentén tudjuk ezt a menetrendezést tartani” – fogalmazott a projektmenedzsment-team tagja.

Kockázatok

Az üzemeltetői oldalon az energiaválságból fakadó árváltozást látják legnagyobb kockázatnak, ami akár lehetőség is lehet a későbbiek-

ben, mivel a jelenlegi fogyasztási szint mellett a város energiátöbblettel rendelkezik, ami piaci áron is értékesíthető lehet a későbbiekben, így célszerű lehet az energiaközösségek kínálta lehetőség megvizsgálása. Az energiatörvény szerint már létezhet nálunk is az energiaközösség, azonban az azok létesítését és működését szabályozó végrehajtási rendelet még nincs kidolgozva. Az MNB Versenyképességi programja (2019) kiemelt célként kezeli a megújuló energiaforrások szerepének hazai bővítését, valamint a villamosenergia-hálózat nagy kapacitású áramtárolókkal való kiegészítését, aminek egyik konkrét megvalósulási iránya az energiaközösségek fejlesztése és a smart grid megoldások elterjedése lehet.

A projekt újdonságjellegéből fakadóan kockázatot jelent, hogy sem a szabályozási környezet, sem a hatósági, illetve közműszolgáltatói eljárások nincsenek teljeskörűen kidolgozva, kipróbálva egy ilyen méretű és komplexitású rendszer működtetéséhez. A tanulási folyamat szempontjából minden érintett számára fontos lehetőség az MVM-mel közösen fejleszteni a beruházás 2. ütemét. A partnerek közötti kommunikáció és a kockázatterzet kezelésének fontosságát jól szemlélteti azonban, hogy többévi egyeztetés után sem sikerült megállapodni az egyébként mindkét fél (a város és az MVM) által is fontosnak vélt közös K+F projekt feltételeiben.

További kockázatot rejt magában a projekt építési beruházási tartalma. A zöld energiatermelésnek is vannak közvetlen környezeti hatásai, például az építkezés miatt kivágandó fák és az e helyett történő áttervezés költségei milliós tételt tesznek ki. Technológiai kockázatot jelent az esetleges meghibásodások esetén az eszközök cseréje, a világkereskedelmi helyzet alakulása (a chip- és nyersanyagpiaci változások itt is éreztetik hatásukat), az akkumulátorpark jövőbeli cseréje, illetve az intelligens hálózat tervezett 2. üteme egy esetleges új akkumulátor (márka és akár technológia) bevonásával

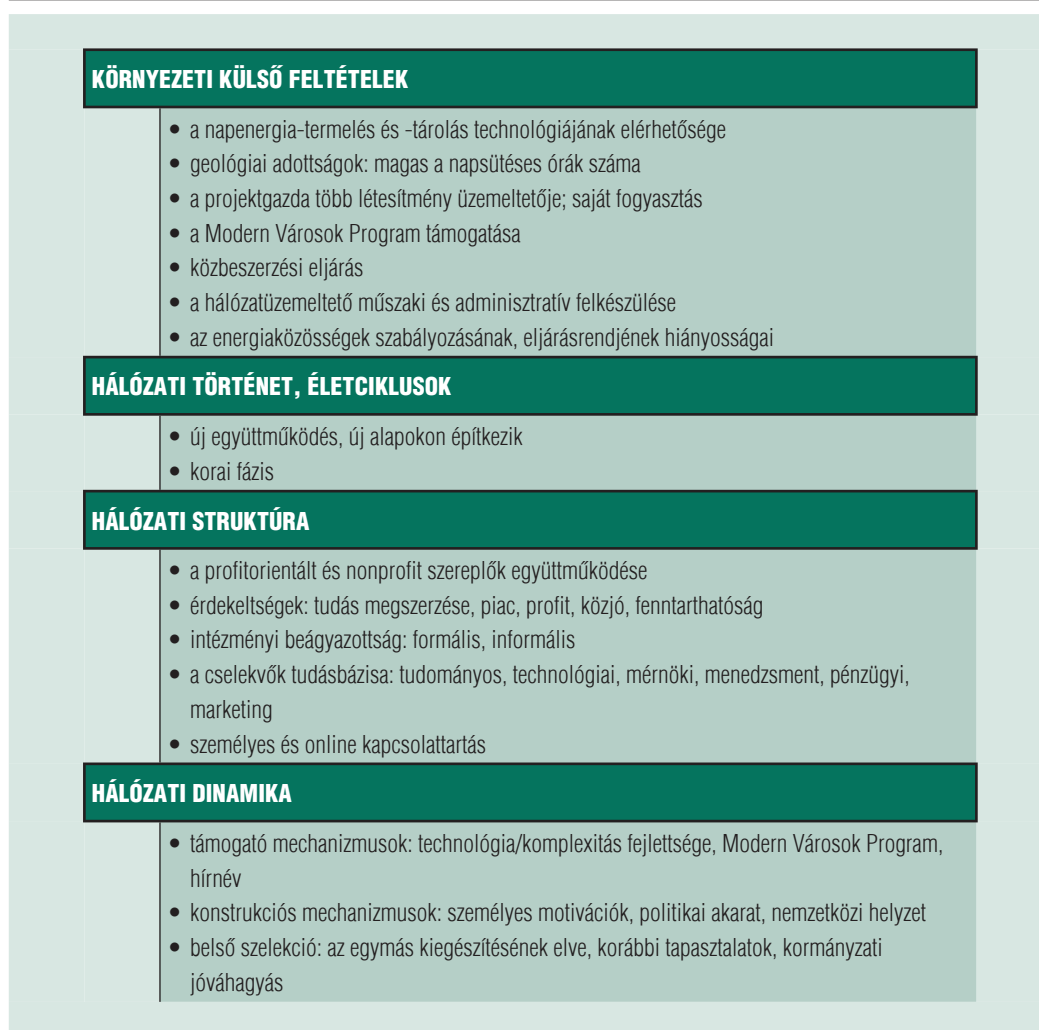
jöhet majd létre, ami kompatibilitási kérdéseket vet fel. Sőt az akkumulátorok használata nemcsak pénzügyi kérdést jelent, hanem környezetvédelmi kockázatokat is rejt magában. Rövid távon az akkumulátorok fokozott tűzveszélyessége is komoly kockázat.

A projekt kezdeti szakaszában a beruházás előtti kockázat az volt, hogy nem ismerték a kivitelezőt. Nem is volt ilyen volumenű, komp-

lexitású referenciamunkája senkinek itthon, de végül alapvetően elégedettek a kivitelezővel. Üzemeltetési időszakban probléma lesz, hogy a smart gridre rákötni tervezett fogyasztók (intézmények) számára szokatlan, hogy az energiaigényüket előre kell jelezni. A békéscsabai intelligens hálózati projekt során az innovációs folyamatok sikeres megvalósulásának alapjául szolgáló tényezőket a 3. ábra foglalja össze.

3. ábra

INNOVÁCIÓS FOLYAMATOK ÉS STRUKTÚRÁK A BÉKÉSCSABAI INTELLIGENS HÁLÓZATBAN



Forrás: Csizmadia 1.9. ábra, 42. o. alapján saját szerkesztés

KÖVETKEZTETÉSEK

Az általánosan elfogadott, változástól tartó emberi attitűd a bemutatott smart grid érintett szereplőiben az adatfelvétel idején (már) nem volt tapasztalható, inkább nyitottság és érdeklődés arra vonatkozóan, hogy mit lehet kihozni ebből a lehetőségből. Mindehhez rugalmasság is társult, amire szükség volt a váratlan költség-növekedés vagy a technológiai, jogi, irányítási folyamatok menedzselésekor. Ebben a projektben egy városi önkormányzat, az általa működtetett intézmények (sportlétesítmények), profitorientált szervezetek (mint kivitelezők, a működtetésben/karbantartásban részt vevők és mint áramkereskedők), valamint különböző (engedélyező) hatóságok vettek részt közvetlenül, ill. közvetve. Már ez a sokféle szervezet az eltérő működési, döntési mechanizmusuk miatt önmagában kockázati tényezőt jelent egy ilyen szoros, hosszú távú együttműködés során.

Néhány éve, a projekt indulásakor egészen más társadalmi, geopolitikai és gazdasági helyzet volt. Ami akkor előnyösnek tűnt a megrendelő önkormányzat szemében – az áramköltségek tartós, környezetbarát csökkentése –, ma fokozottan az. Mindegyik megkérdozett fél úgy látja, hogy elvárásai megvalósultak; nemcsak az anyagi előnyök, hanem a kevésbé számszerűsíthetők is, mint például a technológiák komplex beépítése és alkalmazása, a különleges referencia, a PR. Ehhez szervesen kapcsolódik egy sokrétű tanulási folyamat, ami szervezetenként nyilván különböző, de hosszú távon értékes.

Az önkormányzat az energiaválságból fakadó árváltozást, valamint a világvárvány utóhatásaként kialakult alkatrészhiányt, ami a

chipek elérhetetlenségéből adódott, tartja a legnagyobb kockázati tényezőnek. De már gondolnak az akkumulátorok jövőbeli cseréjére és a 2. ütem kihívásaira is. Az egyik fő kivitelező a következő területeken, ill. okokban lát kockázatot a jövőben:

- a kereskedelmi környezet, az energiaár változása;
- a (nagy) hálózatra továbbra is szükség van, mivel az adja a stabilitást;
- új szabályozások EU-s és nemzeti szinten;
- a villamosenergia-igény nagyon megnő;
- globális logisztikai bizonytalanság;
- a nyersanyag- és elektronikusalkatrész-árak megugranak;
- alkatrész- és nyersanyaghiány.

Ezek egy szervezet számára olyan külső hatások, amelyeket nem tud befolyásolni, de valamennyire fel tud rájuk készülni.

A bemutatott intelligens hálózat sikeresnek mondható, mert elérte és várhatóan a jövőben is betölti a megfogalmazott célokat. Mindezt rendkívül változékony környezetben, magyar szereplők közreműködésével, sőt együttműködésével. Egy innováció önmagában is magában rejt kockázatokat, ami hálózati alkalmazásban még bonyolultabb. Ebben az innovációs hálózatban szervezeti szereplők vettek részt, akik igény szerint tudtak megfelelő szakembert alkalmazni, megbízni. Kérdés azonban, hogy az egyéni szereplők, háztartások aktív részvétel esetén hogyan működik a motiváció, a tanulás, a közvetlen és közvetett előnyök vagy a korlátos körülmények értelmezése és kezelése. Azt feltételezzük, hogy a smart gridekre szükséges a megfelelő tájékoztatás és lakossági „felkészítés”. ■

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki a kutatás lebonyolítása során közreműködő szakembereknek: *Borbola István* energetikamenedzser-szakértőnek, *Kertész Sándor* ügyvezetőnek és *Szél Adrián* projektmenedzsernek.

JEGYZETEK

- ¹ Kasler, D. (2021). California's top utility regulator leaving as state wrestles with wildfires, power grid woes. Online: <https://www.sacbee.com/news/california/article254590317.html>
- ² Global Energy Trends (2021). Online: <https://www.enerdata.net/publications/reports-presentations/world-energy-trends.html>
- ³ Magyari Á. Már annak is örülhetünk, ha lesz elég gáz Európában, csak drágán. Euronews. 2022. 05. 06. Online: <https://hu.euronews.com/2022/05/06/mar-annak-is-orulhetunk-ha-lesz-eleg-gaz-europaban-csak-dragan>
- ⁴ Bessenyei T. (2014). Okos hálózatok egy villamosenergia-szolgáltató szemszögéből. – ELMŰ Nyrt. Online: https://www.okosjovo.hu/documents/OJIK%20-%20Smart%20Grid_BT.pdf
- ⁵ Lendvai Zs. 2035-re betiltják a belső égésű motoros autókat, de mit jelent ez nekünk? 2022. 06. 09. Online: <https://totalcar.hu/magazin/kozelet/2022/06/09/2035-re-betiltjak-a-belso-egesu-motoros-autokat-de-mit-jelent-ez-nekunk/>
- ⁶ Antal Zs. Nem csak modernnek, okosak is lesznek megyei jogú városaink. 2017. 04. 27. Online: <https://magyarepitok.hu/gazdasag/2017/04/nemcsak-modernnek-okosak-is-lesznek-megyei-jogu-varosaink>
- ⁷ Smart City Index 2021. Online: <https://www.planbe.com.gr/news/smart-city-index-2021>
- ⁸ Miskolc, Okos Város Online: <https://www.miskolc.hu/varoshaza/onkormanyzat/palyazatok/onkormanyzat-altal-elnyert-palyazatok/okos-varos/digitalis-varos>
- ⁹ Jeki G. Miskolcon és Pécsen élési csodafegyvert Brüsszel: mutatjuk, mire készülnek. 2022. 05. 14. Online: <https://www.hellovidek.hu/gazdasag/2022/05/14/miskolcon-es-pecsen-elesiti-csodafegyvert-brusszel-mutatjuk-mire-keszulnek>
- ¹⁰ Kulcsár S. (2014) Okos Városok – T-City Szolnok. Online: https://www.hte.hu/documents/329421/542195/3_Kulcsar_Sandor.pdf
- ¹¹ BÜKK-MAK. Online: <https://bukkleader.hu/rolunk/>
- ¹² Alternatív Energiaforrások Kutatóközpont. Óbudai Egyetem, Budapest Online: <http://ekik.uniobuda.hu/content/alternativ-energiaforrasok-kutato-kozpont>
- ¹³ A Smart Grid rendszerek Magyarországon, (2020). Innotéka, Online: https://www.innoteka.hu/cikk/a_smart_grid_rendszerek_magyarorszagon.2182.html
- ¹⁴ Könnyebb lesz a megújuló energiaforrások rendszerbe illesztése – Danube InGrid: százmilliárdos magyar-szlovák hálózatfejlesztési gigaprojektben vesz részt az E.ON Hungária Csoport. Online: <https://www.eon.hu/hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/konnyebb-lesz-a-megujulo-energiaforrasok-rendszerbe-illesztese.html>
- ¹⁵ Danube InGrid. Online: <https://danubeingrid.eu/hu/home-magyar/>
- ¹⁶ Békéscsaba komplex energetikai programja Online: <https://bcsenergia.hu/bekescsaba-komplex-energetikai-programja/>

IRODALOM

- AMIN, S. M., GIACOMONI, A. M. (2012). Smart grid, safe grid. *IEEE Power and Energy Magazine*, 10(1), pp. 33–40, <https://doi.org/10.1109/MPE.2011.943112>
- BAJOR, P. (2007). The bullwhip-effect in the electricity supply. In *Proceedings Papers of Business Sciences: Symposium for Young Researchers (FIKUSZ)*, pp. 19–25
- CANTÙ, C., CORSARO, D., FIOCCA, R., TUNISINI, A. (2013). IMP studies: A bridge between tradition and innovation, *Industrial Marketing Management* Vol. 42, pp. 1007–1016, <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.07.021>
- CORSARO, D., CANTÙ, C., TUNISINI, A. (2012). Actors' Heterogeneity in Innovation Networks, *Industrial Marketing Management* Vol. 41, pp. 780–789, <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2012.06.005>
- CZECZELI V., KOLOZSI P. P., KUTASI G., MARTON Á. (2020). Gazdasági kitettség és válságállóság exogén sokk esetén – A Covid-19-járvány rövid távú gazdasági hatása az EU-ban. *Pénzügyi Szemle* 2020/3. 323–349. oldal, https://doi.org/10.35551/PSZ_2020_3_1
- CSIZMADIA, Z. (2004). Az innováció hálózati alapú megközelítése: Tudásáramlás, innovációs rendszerek, regionális hálózatok. Elméleti és metodológiai irányvonalak, nemzetközi és hazai tapasztalatok. Online: <http://www.socialnetwork.hu/cikkek/CsizmadiaZoltanInnovacioMunkakozi1.pdf>
- DENZIN, N. K. (1978). The logic of naturalistic inquiry. In N. K. Denzin (Ed.), *Sociological methods: A sourcebook*. New York: McGraw-Hill, <https://doi.org/10.4324/9781315129945>
- HALMAI, P. (2021). Középpontban a reziliencia. *A Gazdasági és Monetáris Unió mélyülésének egyes mechanizmusai. Pénzügyi Szemle* 2021/1. 7–31. oldal, https://doi.org/10.35551/PSZ_2021_1_1
- HÅKANSSON, H., SNEHOTA, I. (1995). (ed.). *Developing relationships in business networks*, London, Routledge
- HOEVEN, E. (2021). Top PG&E regulator resigns. Online: <https://www.turn.org/in-the-news/california-public-utilities-president-stepping-down-at-the-end-of-the-year/>
- LAUCKNER, H., PATERSON, M., KRUPA, T. (2012). Using Constructivist Case Study Methodology to Understand Community Development Processes: Proposed Methodological Questions to Guide the Research Process. *The Qualitative Report*, 17 (13), pp. 1–22, <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2012.1790>
- MA, Z., ALLA ASMUSSEN, BO NORREGAARD JORGENSEN (2018). Industrial Consumers' Smart Grid Adoption: Influential Factors and Participation Phases. *Energies*, 11, 182, <https://doi.org/10.3390/en11010182>
- MANDJÁK, T., SZALKAI, Zs., HLÉDIK, E., NEUMANN-BÓDI, E., MAGYAR, M., SIMON, J. (2021). The knowledge interconnection process: evidence from contract manufacturing relationships, *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 36/9, pp. 1570–1584, <https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2020-0052>
- MANGAN, J., C. LAIWANI, T. BUTCHER (2008). *Global Logistics and Supply Chain Management*. Wiley
- MILES, M., HUBERMAN, A. (1994). *Qualitative data analysis. An expanded source-book*. Thousand Oaks, Sage Publications

- PATTON, M. Q. (2015). *Qualitative research and evaluation methods* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage
- PIRICZ N. (2020). Management Challenges of Smart Grids, In: Golinska-Dawson, P., D. Dujak, A. Kolinski (szerk.) *Integration of Information Flow for Greening Supply Chain Management*, Springer International Publishing, pp. 393–415
- PIRICZ N. (2021). Colaboration in a working smart grid – a case study from Hungary. 21st International Scientific Conference – Business Logistics in Modern Management, Eszék, Horvátország, pp. 295–309
- PYKA, A. (2002). Innovation Networks in Economics From the Incentive-based to the Knowledge-based Approaches, *European Journal of Innovation Management*, Vol. 5/3, pp. 152–163, <https://doi.org/10.1108/14601060210436727>
- RAMKUMAR, S., MUELLER, M., PYKA, A., SQUAZZONI, F. (2022). Diffusion of eco-innovation through inter-firm network targeting: An agent-based model, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 335, pp. 1–18, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130298>
- SZEGEDI Z., PREZENSZKI J., (2017). *Logisztika-menedzsment*. Kossuth Kiadó
- SZOKOLSZKY Á. (2004). *Kutatómunka a pszichológiában*. Osiris Kiadó
- VERBONG, G. P. J., SJOUKE BEEMSTERBOER, F. SENGERS (2013). Smart grids or smart users? Involving users in developing a low carbon electricity economy. *Energy Policy* 52, pp. 117–125, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.003>
- WEISS, J. A., DALE, B. C. (1998). Diffusing Against Mature Technology: Issues and Strategy, *Industrial Marketing Management* Vol. 27, pp. 293–304, [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(97\)00062-X](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(97)00062-X)
- YEUNG, H. W. (1995). Qualitative Personal Interviews in International Business Research: Some Lessons from a Study of Hong Kong Transnational Corporations. *International Business Review* Vol. 4, No. 3, pp. 313–339
- YIN, R. K., (2018). *Case Study Research and Applications – Design and Methods*. COSMOS Corporation, 6th Edition
- MNB (2019). *Versenyképességi program 330 pontban*, Online: <https://www.mnb.hu/kiadvanyok/jelentesek/versenykepességi-program-330-pontban>

A gázmotoros áramszolgáltatás üzleti lehetőségei az egészségügyi szektorban

Vokony István

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

vokony.istvan@vik.bme.hu

Sinkovics Bálint

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

sinkovics.balint@bme.hu

Sörös Péter Márk

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

sores.peter@vik.bme.hu

Divényi Dániel

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

divenyi.daniel@vik.bme.hu

Szalmáné Csete Mária

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

csete.maria@gtk.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

A kutatásban új energiatermelő eszközökre alapozva a hő- és villamos energia biztosítása mellett helyben a szünetmentes ellátást szavatoló – telephelyen kívülre rendszerszintű szolgáltatás értékesítésére építő – üzemeltetési koncepciót alakítottunk ki. A szektorra jellemző nemzetközi tapasztalatok alapján teljes üzleti koncepciót szükséges kialakítani a sikeres pilotprojektekhez. A megvizsgált műszaki-gazdasági és regulációs környezet tendenciái alapján látható, hogy a ma még bizonytalan kimenetelű változások iránya egyöntetű: mind támogatja a szekunder szabályozásra alkalmas kiserőművi eszközök piaci térnyerését és profitabilitásának fennmaradását. Fontos feladat az unikális elemek azonosítása az értékajánlatokban. A kutatás célja annak feltárása, hogy a realizált árkülönbség, a hőoldali bevételek, a termelési kihasználtság, az optimalizált üzemviteli működtetés, a méretezés stb. közül melyik és milyen mértékben van hatással a beruházásra, az üzemeltetésre és összességében az üzleti modellre, annak eredményességére.

KULCSSZAVAK: termelés optimalizálás, ESCO, gázmotor, üzemeltetés, UPS

JEL-KÓDOK: O0, O1, O3

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_6

Napjainkban már nem az a fő kérdés, hogy megújuló alapú vagy fenntartható energiaellátási megoldásokat válasszunk-e a hagyományos megoldások helyett, hanem sokkal inkább az, hogy a környezet- és klímabarát, energiahatékony megoldások közül melyik technológia és üzleti modell illeszkedik (Zheng et al. 2017) leginkább a felhasználási területhez és beruházási korlátokhoz. Az EU-s és hazai szakpolitikai környezet iránymutatásai és célkitűzései is mind ezt támasztják alá.

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (Corera, J., 2006) nem jelent radikális változást az elmúlt évtizedekben alkalmazott hő- és villamosenergia-termelési módokhoz képest, mindemellett magas hatásfokkal és jó megtérülési mutatóval bír. (Plahn P., Keene, K. Pendray J., 2015) A közvetlen előnyökön túl pedig közvetett haszna is van: a DSO (distribution system operator – elosztóhálózati engedélyes) számára lehetőséget hordoznak ezek az egységek egy szabályozható, elosztott energiatermelési pool kialakításában (Sioshansi, F., 2021), ami napjainkban a flexibilis szolgáltatás műszaki alapjait jelenti. (Bozkaya, B., Zeiler, W., Boxem, G., 2014) Természetesen egy ilyen alkalmazás nemcsak műszaki szempontoknak kell, hogy megfeleljen, sőt egy pénzügyileg életképes szolgáltatáscsomagot kell kialakítani, akár a szabályozásitartalék-piacon történő részvétellel vagy önmagában az alapfunkciókból adódóan: az intézmény normál- és szükségellátása céljából (European Council, 2022).

A gázmotorok alkalmazásának a kórházi energiaellátás fejlesztésére hazánkban már évtizedes története van hol sikeres, hol kevésbé sikeres megoldásokkal. A jelenlegi piaci környezetben, valamint a kórházak jelentős (mind villamos, mind pedig hőoldali) energiaigényére (Erdélyi, A., Pulay Gy., 2021), jellegzetes időbeli igényeloszlására alapozva az alapvető fontosságú, folyamatosan rendelkezésre álló, megbízható és minőségi energiael-

látás biztosítására együttesen megoldást kínáló szolgáltatáscsomag (Elekes, A., 2018) teljes egészében átalakíthatja a kórházak és energiaszolgáltatók eddigi kapcsolatrendszerét egy mindkét fél számára sikeres konstrukcióvá. (Gurieff, N., Green, D., Koskinen, I., et al, 2020) Különösen aktuális a kutatás amiatt is, mert a 2000-es években nagymértékben elterjedt KÁP/KÁT (kötelező átvételi támogatás, korábban KÁP) villamosenergia-értékesítésre létesített kapcsolt gázmotoros termelőegységek jó része műszakilag teljesen leamortizálódott, továbbá a kórházak hőszolgáltatási szerződése is lejáratközeli, vagy már le is járt, és csak átmenetileg hosszabbítják meg a jelenlegi eszközparkkal és szolgáltatóval. Ugyanakkor mint energetikai telephelyek, helyszínek kiválóan alkalmasak elosztott és rugalmas, menettrendtartó kapacitások fenntartására, bővítésére, modernizálására, a kapcsolt energiatermelés előnyeinek, a primer energia megtakarításának realizálására, ami a feszített földgázpiaci környezetben elkerülhetetlen feladata a hazai energiaszektornak. (Mihálovits, Zs., Tapaszi, A., 2018)

Tanulmányunkban kidolgoztunk egy lehetséges elképzelést a szolgáltatási koncepció fejlesztési irányára vonatkozóan, amelynek főbb sarokpontjai a következők.

▶ A DSO attraktív szolgáltatási ajánlattal sikeresen tud megjeleníteni a kórházak energiaellátásában és egyedi igényeinek kiszolgálásában egy új gázmotoros kapacitás létesítésével.

▶ Egyedi, megkülönböztető szolgáltatásként a szünetmentes villamosenergia-ellátás biztosításával értékesebbé válik az ügyfélajánlat;

▶ A DSO emellett ingyen/kedvező áron ad hőt a kórházaknak, a gázmotor tartalékpiacra értékesítő üzemeltetésével, valamint a villamos energia közvetlen értékesítésével az ügyfél számára, ami nagymértékben tudja javítani az elérhető üzemi fedezetet;

▶ A hálózati oldali szinergiahatásokkal együtt (földgázfogyasztás, RHD-rendszerhasználati

díj) rentábilis lehet a zérus/alacsony hődíjú hőszolgáltatásra építő, kapcsolt gázmotoros termelés.

Ahogy korábban is említettük, a műszaki megvalósítási javaslatok a lehetőséget teremtik meg, az irányt a gazdasági megfontolások fogják meghatározni.

Cikkünkben a téma meghatározása után összefoglaljuk, milyen műszaki-gazdasági forgatókönyveket lehet elképzelni, és ezek optimalizációjaként milyen szolgáltatásoknak (Mancarella, P., 2014) van létjogosultságuk. A következő fejezetben a gázmotor működésének műszaki szimulációs vizsgálatát mutatjuk be. A negyedik fejezetben az üzemeltetési kérdéseket és a költségszerkezetet tárgyaljuk. Az üzemkövetés matematikai modelljét és szimulációs elemzését az ötödik fejezet mutatja be. A hatodik fejezetben pedig a vizsgálatok kiértékelése, az üzemoptimalás bemutatása kapott helyet, azaz megmutatjuk, milyen szerkezetben képes nyereségesen üzemelni a gázmotor, egy ESCO (Energy Service Company) beruházási konstrukció esetén. Zárásként pedig a konklúzió és a hivatkozásjegyzék olvasható.

SZÜNETMENTES VILLAMOS ELLÁTÁS – EGYÉB KONCEPCIÓ

Gázolaj alapú motorok, aggregátorok

A szünetmentes ellátás hagyományos megoldásai a dízel energiaforrásról üzemeltethető, sok esetben konténeres kialakítású, belső égésű motoros (aggregátoros) energiatermelők. A közlekedésből jól ismert klasszikus kialakításukkal megbízható, gyorsan indítható és felterhelhető energiaforrásokról van szó, melyek alkalmazását a gyakorlatban a tüzelőolaj-ellátás, a zajosságuk, az emissziós követelmények – különösen városi környezetben – jelentős mértékben korlátozzák. A teljes névleges

teljesítménytartományuk elérhető, ugyanakkor nem jellemző rájuk a kapcsolt energiaellátás kiépítése, vagyis a hőenergia nem hasznosítható a továbbiakban.

A korszerű (Li-ionos technológiájú) akkumulátorok rendkívül rugalmasak, nagy tárolt energiakapacitás és teljesítmény jellemzi őket. Magas beruházási költségük, tűzvédelmi és biztonságtechnikai kötöttségeik miatt viszont csak korlátozottan alkalmasak a felhasználáshoz közeli, épületen belüli elhelyezésre. Emiatt előnyeik, az alacsony zajszint és az emissziómentesség kevésbé érvényesülnek; ha külön energetikai épületben helyezik el őket, már a hagyományos gáz/dízel alapú megoldások is felmerülhetnek. A nagy beruházási költség, továbbá a nettó energiaelnyelés miatt az üzemeltetési költségeik csak folyamatos kihasználtsággal térülnek meg. Nagy hozzáadott értékű rugalmassági szolgáltatások esetén ismertek jelenleg megtérülő scenáriók. Hátrányuk még azonban a konkrét alkalmazás szempontjából a hőfelhasználás megoldásának hiánya.

Mivel a gázmotorok igen rugalmasan szabályozhatók, műszaki adottságaik miatt előnyük lehet a vizsgált piacokon. Az üzemi tartományon belül, a 40–100 százalékos teljesítménytartományban mintegy 0,2–1,2 MW/perc sebességgel is szabályozhatók, így a kiegyenlítő szabályozás feltételei teljesíthetők, ha sikerül megfelelő kapacitású egységeket összekapcsolni.

ÜZEMELTETÉSIMODELL-JAVASLAT

Az összetett, műszaki és gazdasági optimalizációt is igénylő értékeléshez több, egymásra épülő elemzési réteget használtunk.

A lépéssorozatnak része a tényleges üzemeltetési optimalizáció is, amelynek a rugalmas gázmotorok esetében jelentős szabadsági foka van. (Közel nincs 100% környékén a lehetséges és tényleges hasznosítási órák számának ará-

nya.) A számításokat ugyanakkor bottom-up módon felépített, idősoros műszaki üzemviteli szimulációra és üzemeltetési cash flow kalkulációra alapozva végeztük, aminek a végén a teljes ESCO projekt üzleti modelljét értékeltük.

A gázmotorok műszaki üzemeltetési modellezését két részre bontottuk: üzemtervezés-optimalizálás és üzemkövetés-szimuláció.

A gazdasági változók (árak, teljesítmény-igények) szerinti üzemtervezés-optimalizálás eredménye megadja, hogy egy adott órában, adott ár és terhelés mellett hány gázmotor működjön, beállítja azok terhelését, valamint az elegendő hőmennyiséget.

Az üzemtervezés-optimalizálást a kívánt eredmények miatt a 2018 és 2040 közötti időszakra óránként végeztük, tehát forgatókönyvenként közel 200 000-szer. Az időhatékonyság céljából a feladatot mixed integer linear programming (MILP) alakban fogalmaztuk

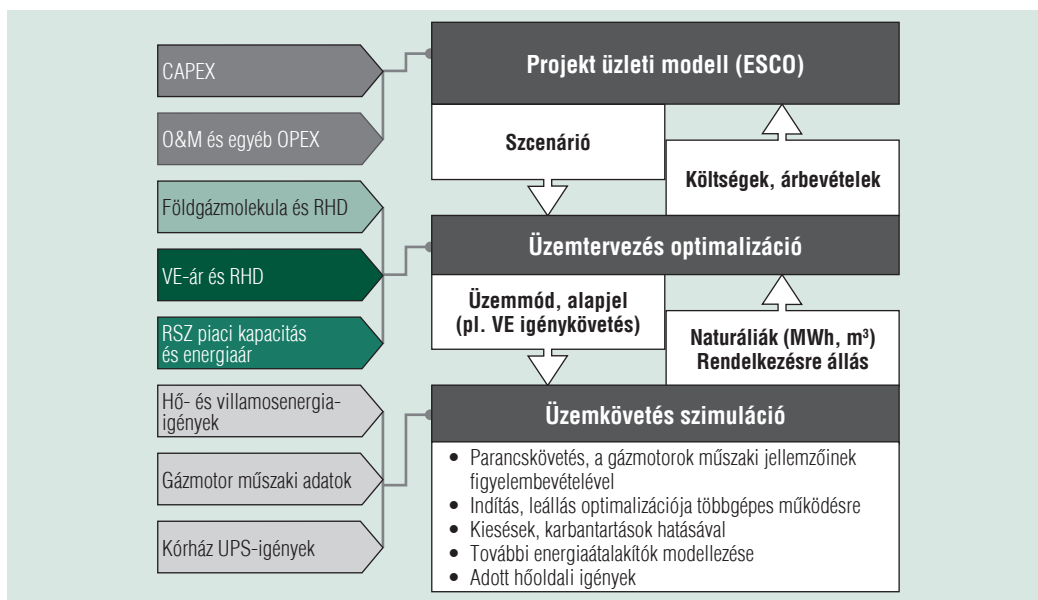
meg. Ebben a lineáris korlátok miatt némi egyszerűsítés szerepel, mivel nem vettük figyelembe a terhelésfüggő hatásfokot, ami nem kezeli az intertemporális korlátokat. A kapott alapjelek műszaki valószerűségét azonban a modellezés második szakaszában szimulációkkal ellenőriztük. Az optimalizálás matematikai leírását *A gázmotoros üzemeltetés ár- és költségkeretei* című fejezet mutatja be.

Az üzemkövetés-szimuláció bemutatja, hogy a kiszámított gázmotor-villamosalapjel a rendelkezésre álló motorok műszaki paramétereire szerint miként követhető. A szimulációnak ez a részeleme erősen műszaki fókuszú: figyelembe veszi a gradienkorlátokat, a hőszolgáltatási korlátokat, a be- és kikokszolást, a rendelkezésre állást és a karbantartásokat.

Az 1. ábrán a szimulációs keretrendszer számítási rétegei, illetve e felhasznált adatforrások kapcsolata látható.

1. ábra

A SZIMULÁCIÓS KERETRENDSZER SZÁMÍTÁSI RÉTEGEI, ILLETVE A FELHASZNÁLT ADATFORRÁSOK KAPCSOLATA



Forrás: saját szerkesztés

A GÁZMOTOR ÜZEMKÖVETÉSI, MŰSZAKI SZIMULÁCIÓJA

A gázmotor üzemviteli, idősoros szimulációja során egy adott, az üzemtervezés-optimalizáció által kalkulált üzemeltetési elvárásnak, alapjelnek megfelelő, többgépes műszaki optimalizáció és működés-ellenőrzés történik meg, figyelembe véve a gépparamétereket, a hő- és villamosenergia-korlátokat, valamint a lehetséges kieséseket.

A motorüzem változói egy korábbi kiserőműves felmérés tapasztalatai alapján:

- 98 százalékos rendelkezésre állás (Samad, T., Koch, E., Stluka, P., 2016),
- 600 kW/perc szabályozásgradiens motoronként,
- elengedhető a hő a termelt hőenergia 0–80 százalékos tartományában,
- a teljes villamos kapacitás min. 60 százaléka a tartós minimumterhelés 40 százalékaig megengedett (bár időben korlátozva) a teljesítmény visszafogása (alapvetően a kokszolódási korlát leképezése miatt).

A MATLAB környezetben implementált idősoros modell eredményként kapott tényleges villamosteljesítmény-idősor összehasonlítható az alapjellel.

Az üzemkövetés-szimulációhoz egy igen részletes gázmotormodellt alkalmaztunk, amely számos technikai korlátot figyelembe vesz: a hőigénykövetést, az indítási és leállítási időt, a kokszolódást, a kieséseket. Az egyes szempontok részletes bemutatását a további alfejezetek ismertetik.

A A HŐRENDSZER MODELLEZÉSE. A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés üzemére a hőoldali elvárások jelentős mértékben hatnak, a hőrendszert egy nem ideális tárolóként képeztük le. Az aktuális hőigény feletti betáplálás ezt a hőrendszert tölti, a hőigény részleges teljesítése a hőrendszerben lévő hőt (HIS) csökkenti. Ez a modellezett hőmennyiség akár ne-

gatív is lehet (ekkor a rendszer az igényekhez képest alulfűtött). A hőrendszer veszteségét, illetve a rendszerre tápláló többi hőforrást modellezve a HIS értéke előjeltől függetlenül folyamatosan nullához tart, kb. egy óra alatt 88–90 százalékos értékre csökken (2. ábra).

B A HŐIGÉNY KÖVETÉSE. A gázmotor az üzemtervezés-optimalizálásból származó villamos alapjelet követi, de minden esetben számítunk egy hőalapjelet is. Ez utóbbi figyelembe veszi az aktuális hőigényt, valamint a rendszerben lévő hőmennyiséget is (korábban túlfűtött rendszer esetén csökkenti, alulfűtött rendszerre kicsit jobban motiválja a rátáplálást). Mivel a villamos alapjelnek van prioritása, ezért a hőalapjelet csak a lehetőségekhez képest próbálja követni a gázmotor.

A villamos alapjelhez meghatározott üzemállapothoz tartozik egy megtermelt hőmennyiség is. Ha ez nagyobb, mint az aktuális hőalapjel, akkor a felesleget a gázmotor a bypass-ágakon elengedi.

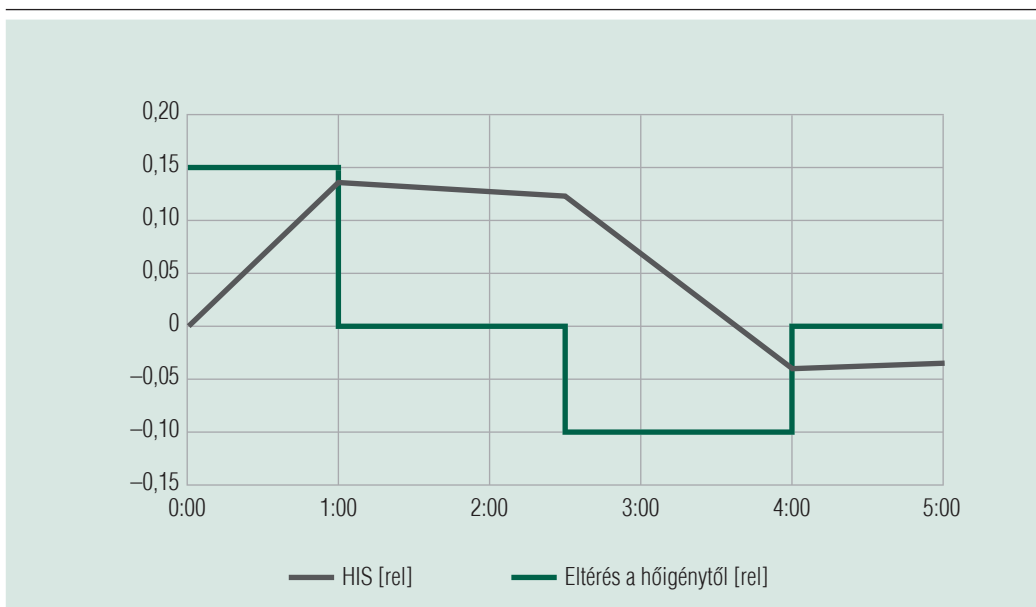
Mivel a hőalapjel követését a villamos alapjel követése felülírhatja, ezért a hőrendszer jelentős túl- és alulfűtését két további korlát implementálásával kezeltük.

A hőrendszer jelentős túl-, illetve alulfűtésének korlátját a hőrendszer-toleranciával paramétereztük: a hőrendszerben ténylegesen jelen lévő hőtöbbletet vagy hiányt erre a megengedett maximális értékre vonatkoztatva egy relatív értéket kapunk. Magas (50 százaléknál nagyobb) HIS-értékeknel a gázmotor korlátozza a rendszerbe táplálható (vagy –50 százaléknál kisebb értéknél az onnan kivehető) hőt a 3. ábra karakterisztikája alapján. Ez a korlátozás már képes felülbírálni az üzemtervezés-optimalizálás villamos alapjelét is.

Az első korlát azonban még mindig képes hosszabb ideig túl- vagy alulfűtésben tartani a rendszert. Ezért, ha a HIS > 50% huzamosabb ideig (1 óráig) fennáll, akkor a gázmotor mintegy második korlátként, függetlenül az üzem-

2. ábra

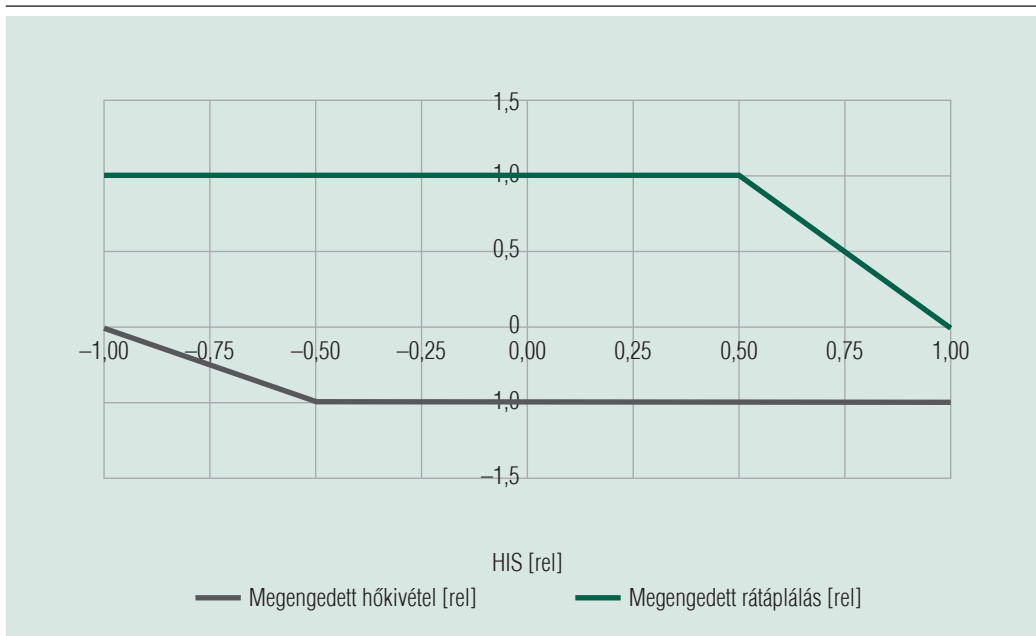
A HŐRENDSZER MODELLEZÉSE (A MENNYISÉGEKET VISZONYLAGOS EGYSÉGEKBE FELTÜNTETVE)



Forrás: saját szerkesztés

3. ábra

A HŐIGÉNYTŐL VALÓ ELTÉRÉS KORLÁTOZÁSA



Forrás: saját szerkesztés

tervezés-optimalizálás alapjelétől, saját vezérléssel egyensúlyba állítja a HIS értékét.

C **GÉPMENEDZSELÉS (SZABÁLYOZÁS, INDÍTÁS, LEÁLLÍTÁS, KOKSZOLÓDÁS).** Az üzemkövetés-szimuláció feladata, hogy a villamos alapjel követéséhez meghatározza az egyes gázmotorok optimális terhelését. Ennek az algoritmusnak a főbb lépései.

- 1 A nem vezérelhető gázmotorok teljesítményének meghatározása
 - A kiesés/karbantartás alatt álló gázmotorok vezérlésének tiltása.
 - A túl sokáig minimális terhelésen futó gépek felvezérlése (a kikokszolás érdekében) – független a villamos alapjeltől, az adott gázmotor műszaki elvárásai felülírják.
 - Előző időszakban megkezdett indítások/leállítások folytatása és befejezése – független a villamos alapjeltől, az elindított/leállított gépek indítási/leállítási folyamatát le kell zárni.
- 2 A vezérelhető gázmotorokra jutó teljesítmény és az ehhez szükséges gázmotorszám meghatározása.
- 3 A szükséges új motorindítás és leállítás megkezdése.
- 4 Az üzemelő motorok alapjelenek beállítása.

A nem vezérelhető gázmotorok teljesítményének meghatározása

A nem vezérelhető gázmotorok közé tartoznak a karbantartás/kiesés miatt nem működtethető gépek. A kiesés bekövetkezésekor az adott motort a modell azonnal leállítja, a gradienskorlát figyelembevétele nélkül. Értelemszerűen a nem üzemelő gépek leadott teljesítménye zérus.

A gázmotorok műszaki követelményei megengednek egy átmenetileg tartható minimális teljesítményt. Ez az alsó határ azon-

ban a modellben csak 3 óráig tartható, ezután a gázmotort „ki kell kokszolni”. A kikokszolás azt jelenti, hogy legalább 30 percig, tartósan legalább a megengedett minimális teljesítményen kell üzemeltetni. A vezérlési modell – ha egy gázmotor 3 óráig az átmeneti tartományában üzemel – kiveszi az üzemkövetés vezérelhető gépcsoportjából, és 30 percig a tartósan megengedett minimális teljesítményen üzemelteti. Ennek a gázmotornak a terhelése nem változtatható, de nem is zérus, mint a kiesett egységeké.

Végül az indítás/leállítás alatt lévő motorok tartoznak a nem vezérelhető egységek közé. Ezek teljesítménye a nulla és az átmenetileg megengedett minimális teljesítmény között van, s a parancstól függően teljesítményük a megengedett gradienssel folyamatosan növekszik (felfutás) vagy csökken (leállítás).

Az üzemelő gépek számának meghatározása

A nem vezérelhető gépek teljesítménye tehát rögzített, ezt a villamos alapjeltől levonjuk. A fennmaradó teljesítményt a vezérelhető gépek alapjelenek megadásával kell elérni. Mivel a gépek részterhelésen is üzemeltethetők, ezért előfordul, hogy egy adott teljesítmény nem determinálja egyértelműen az üzemben tartandó motorok számát. Például 2 darab 800 kW-os gázmotor esetén 720 kW-os teljesítmény teljesíthető két motorral (360 kW+360 kW, 45 százalékos terhelés), illetve egy géppel is (720 kW, 90 százalékos terhelés).

A szükséges új motorindítás és leállítás

A ténylegesen üzemben tartandó gépek számát a következő, egyszerű szabályokkal határozza meg a modell. Csak annyi motort állít le,

amennyit feltétlen szükséges. Ha gépindításra van szükség, akkor azt minden esetben végrehajtja. Előfordulhat, hogy az algoritmus gépindítást jelez szükségesnek, de nincsen indítható gép (pl. kiesett). Ilyenkor természetesen a vezérelhető gépek lesznek nagyobb mértékben felszabályozva a hiba csökkentése érdekében.

Az üzemelő motorok alapjelének beállítása

A rendelkezésre álló és üzemelő gépeknek, amelyek nem estek ki, nincs karbantartás vagy kikokszolás fázisa, tehát indítás vagy leállítás alatt kell teljesíteni a fennmaradó alapjelet. Ennek logikája nagyon hasonlít az indításhoz:

- ha növelni kell a teljesítményüket, akkor

először a nagyobb terhelésen lévő motorok terhelését emelik (maximum a névlegesig);

- ha a teljesítményüket összességében kell csökkenteni, akkor a kisebb terhelésen lévő motorok terhelését csökkentik.

A GÁZMOTOROS ÜZEMELTETÉS ÁR-ÉS KÖLTSÉGKERETEI

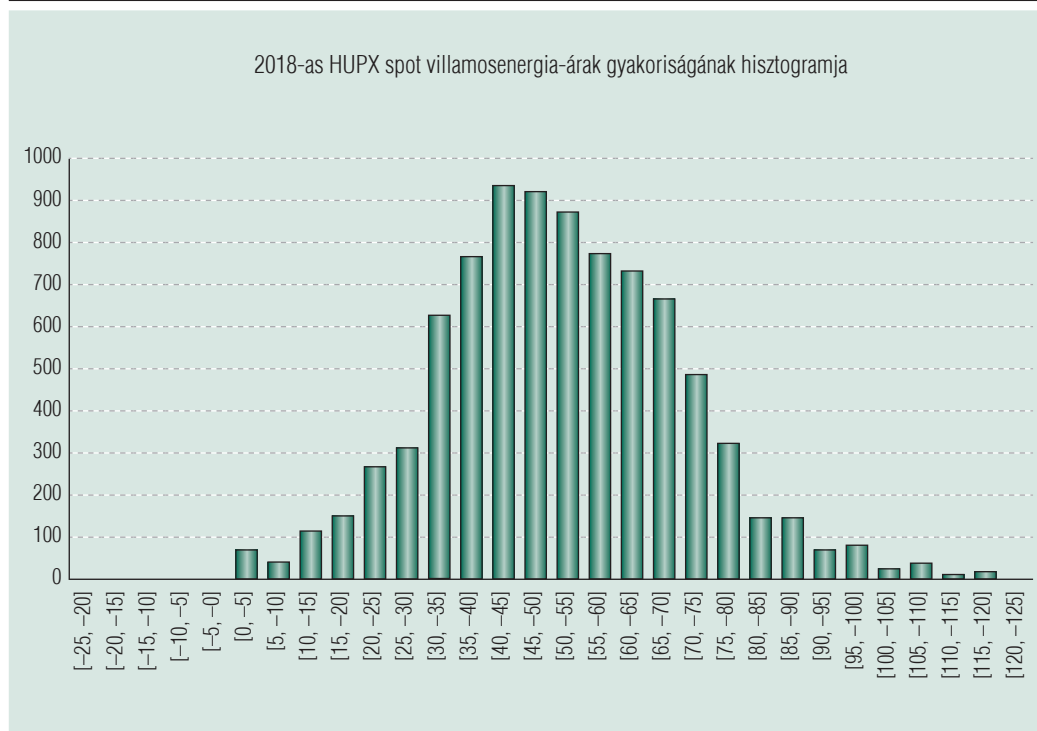
Az energiahordozók árkomponensei

A villamos energia nagykereskedelmi ára

Az erőművi értékesítésre vonatkozóan órás energia-árváltozásokkal számolunk, aminek alapja a 2018. évi HUPX (Hungarian Power Exchange) day-ahead spot elszámolóár-idősor (4. ábra).

4. ábra

A VILAMOSENERGIA-ÁRAK ALAKULÁSA A MÁSNAPI TŐZSDÉN



Forrás: saját szerkesztés, felhasznált adatforrás: hupx.hu

A további évekre vonatkozóan azonos éven belüli lefutású árprofillal számolunk, amelyet a jövőbeli átlagos zsinórár (base termék) változásaival indexálunk. Ezekre vonatkozóan, ameddig van jegyzett elszámolási ár a hazai határidős villamosenergia-piacon, azaz négy évre előre, a tőzsdei árakat vesszük figyelembe. A következő évekre vonatkozóan konzervatívan 3 százalékos éves növekedést feltételeztünk.

Földgáz-nagykereskedelmi árak

A földgáz esetében a jövőbeni nagykereskedelmi árazás tekintetében azonos módszertan szerint jártunk el, mint a villamos energia esetében. Apróbb eltérés a villamos energiához képest, hogy a TTF erős likviditása miatt 5 évre előretekintő, azaz 2019–2023-ra vonatkozóan is rendelkezésre állt a piaci jegyzés, így csak 2024-től kezdődően vettük figyelembe az évi 3 százalékos emelkedő indexálást.

Hőszolgáltatási értékesítési árak

A hőszolgáltatásra vonatkozó értékesítési árakra kiindulásul a vizsgált kórház korábbi releváns adatait használtuk fel az alábbiak szerint: hődíj, gázdíj, gőzdíj.

A hődíj a hőmennyiségmérők által mért, a kórházi hőközpontokon keresztül átadott hőmennyiségre fizetendő díjtétel. A kórház esetében ez mind a használati meleg víz, mind a fűtés, mind pedig a gőz formájában átadott hőmennyiségekre egyaránt vonatkozó tétel. A hődíjakat a gázdíjak változása alapján kalkuláltuk a gáz-hő konverzió hatásfoka alapján.

A gázdíj a hőszolgáltató által a szerződésben rögzített és a hővásárlóra áthárított földgáz-költség, amely lényegében átfolyó tételként szerepel a legtöbb szerződésben. Ennek alapján indexálódik a fizetendő hődíj a megvizsgált szerződések többségében.

A gőzdíj az átvett gőz után fizetendő összeg. Bizonyos szerződések nem határoznak meg külön gőzdíjat, hanem a hődíj alapján a gőz

entalpiáját figyelembe véve adják meg azt. A szokásos konverziós arány kb. 2,5 GJ/tonna.

A rendszerszintű szolgáltatási piaci bevételek és a kiegyenlítési költség

A virtuális erőművekként aggregált gázmotorok számára a szabályozástartalék-piac igen attraktív üzleti modellt biztosíthat gyors teljesítményváltozási képességüknek köszönhetően. A motorok esetében a gyorsabb és így értékeesebb aFRR (szekunder) termék kapacitáspiaca releváns, mind a fel-, mind pedig a le-szabályozási irányra.

A rendszerszintű szolgáltatás értékesítési árait a legfrissebb negyedéves tartaléklekötési tenderek alapján, a 2018 Q3 – 2019 Q2 időszakra vonatkozó eredmények átlagaként határoztuk meg. Mivel a scenáriókban a gázmotorok alapvetően magas kihasználtságúak (így támogatják az UPS szolgáltatást is), így a realizálható értékesítési ár az éves átlagos piaci árral kellő pontossággal közelíthető.

Az üzemeltetési és beruházási költségek adatai

A gázmotor beruházási és üzemeltetési költségeiről részletes szakirodalmi elemzést végeztünk. A ráfordítások közül a karbantartások és a nagyfelújítások különösen jelentős tételt képeznek. A jellemző néhány 1000, illetve 2000 üzemórás kisebb javítások, ellenőrzések mellett 8000–16 000 üzemóra után nagyjavításra, míg 45 000–80 000 üzemóra után komplett főjavításra (turbócsere, új perselyek stb.) van szükség. Praktikusan ez azt jelenti, hogy a 10 év után esedékessé váló teljes főjavítás előtt szükséges a gázmotor fenntartásának, üzleti értékének újbóli meghatározása, és dönteni kell arról, hogy a fennmaradó jellemzően 30 000–50 000 üzemórás élettartam alatt a gépegység

kitermeli-e a főjavítás árát. A különböző források eltérően jelenítik meg a gázmotorok üzemeltetési költségeit. Bizonyos költségek a gép beépített teljesítményével skálázódnak, így fix jellegű O&M költséget jelentenek. Több elemzés ugyanakkor mindennemű üzemeltetési és karbantartási költséget a megtermelt villamos energiára fajlagosítja, így csak változó O&M-mel számol. Mindazonáltal a változó szervizköltség-kalkulációk mindegyike tartalmazza a különböző nagyjavításokat is. Az egyes hivatkozásokban említett adatokat részletesen az 1. táblázat tartalmazza.

Mindezek alapján a modellszámítás során egy konzervatív becslési megközelítéssel számolva a teljes beruházási költséget tartalmazó CAPEX fajlagos egységár 2000 EUR/kW, a fix O&M 30 EUR/kW, míg a változó O&M 5 EUR/MWh. Az üzemeltetési költségek évente 3 százalékkal növekednek, követve a szolgáltatás várhatóan a hosszú távú inflációs rátával arányos növekedését.

AZ ÜZEMKÖVETÉS-SZIMULÁCIÓ MATEMATIKAI MODELLJE

Az üzemtervezés-optimalizálás matematikai formalizálását két gázmotoros egység együttes vezérlésén keresztül mutatjuk be. A gépekhez köthető döntési változók (2. táblázat). Az elegendhető hőmennyiség maximális értéke műszaki paraméter (maxbypassableheat), az optimalizálás bemeneteként adott. Az üzemelés bináris (op) és a terhelést leíró folytonos (LD_1, LD_2) változók közötti kapcsolatot az alábbi kényszerek biztosítják, melyek egyben előírják a minimális megengedett terhelést is az alábbiak szerint:

$$\min LD - (1 - op_1) \min LD \leq LD_1 \quad (1)$$

$$LD_1 \leq op_1 \quad (2)$$

Ha a gázmotor üzemen kívül van ($op=0$), akkor a fenti korlátokból következően a terhelés 0. Ellenkező esetben ($op=1$) a terhelést alulról a

1. táblázat

AZ ÁRAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AZ ELÉRHETŐ SZAKIRODALMI ÉS ÜZLETI FORRÁSOK ALAPJÁN

Forrás	CAPEX gépegység [€/kW]	CAPEX egyéb [€/kW]	Fix O&M [€/kW]	Változó O&M [€/MWh]	Összes O&M [€/MWh]
Energinet, 2018	1 000	–	10	5,4	6,7
IEA-ETSAP, 2010	870	–	35	0,0	4,7
EPRI, 2017	900	–	30	4,9	8,9
EIA, 2016	1 170	–	6	5,1	5,9
MIT, 2016	1 500–3 000	–	0	8,0–10,5	8,0–10,5
Wartsila, 2018	?	–	?	5,0	5,0<
EPA, 2015	1 325	675	0	20,0	20,0
Energy.gov, 2016	950–1 150	–	0	14,0–16,5	14,0–16,5
MDPI, 2017	?	–	?	6,5	6,5<

Forrás: saját szerkesztés

A GÉPEK DÖNTÉSI VÁLTOZÓI

A változó neve	Értelmezési tartomány	Megnevezés
op1, op2	{0;1}	a gázmotor üzemel
LD1, LD2	[0;1]	a gázmotor relatív terhelése
bypassed1, bypassed2	[0;maxbypassableheat]	a gázmotor elengedett hője [kW]

Forrás: saját szerkesztés

paraméterként megadott *minLD*, felülről pedig maga a bináris változó – melynek értéke ekkor 1, azaz 100 százalék – korlátozza.

A fenti egyszerű logikán túl a piaci logikából adódóan a következő korlátokat állítottuk fel. Az optimalizálás egy órára fut ($\Delta t=1h$), tehát a szükséges gázenergiát a teljesítményből származtathatjuk a szűrkeszínű segédváltozó felhasználásával.

$$E_{gas} = P_{gas} (LD_1 + LD_2) \Delta t \quad (3)$$

A villamosenergia-termelést a villamos hatásokkal (μ_{el}) számítjuk:

$$E_{el} = E_{gas} \mu_{el} \quad (4)$$

A termelt villamos energia két célra fordítható: vagy a szervezett villamosenergia-piacon (EM) értékesítik ($E_{el,EMsold}$), vagy a kórház villamos igényét elégíti ki ($E_{el,LDsold}$), az egyenletben minden tag csak pozitív lehet:

$$E_{el} = E_{el,LDsold} + E_{el,EMsold} \quad (5)$$

Ugyanakkor a kórháznak villamos igényét nemcsak a motor termeléséből ($E_{el,LOADsold}$), hanem hasonlóan a HUPX-ről vásárolva ($E_{el,HUPXbought}$) is lehet biztosítani:

$$E_{el,demand} = E_{el,LDsold} + E_{el,EMbought} \quad (6)$$

A villamos- és hőenergia-szolgáltatáson túl a szabályozási tartalékban (*afrr*) felajánlható a

teljes telephely fennmaradó kapacitása mind fel (E_{afrrp}), mind le (E_{afrrn}) irányban egy szabályozási központba való integráció esetében. Itt jegyezzük meg, hogy a szabályozó központok leirányú tartalékok esetén rendszerint nem számolnak az egyes gázmotorok minimális terhelésével, mivel a nagyszámú motor esetén rövid ideig mindig biztosítható a szükséges leirányú kapacitás, továbbá a nagy gradiensképesség miatt egy-egy gázmotor leállítása nem jelent műszaki korlátot.

$$E_{afrrp} = 2E_n - E_{el} \quad (7)$$

$$E_{afrrn} = E_{el} \quad (8)$$

A villamos és műszaki korlátokon túl a hőtermeléssel kapcsolatos peremfeltétel az egységenkénti termelt hő ($E_{heatprod}$). Az egységenként termelt hőt a hőhatásfok (μ_{heat}) határozza meg:

$$E_{heat_prod1} = P_{gas} \mu_{heat} LD_1 \quad (9)$$

$$E_{heat_prod2} = P_{gas} \mu_{heat} LD_2 \quad (10)$$

A hőrendszerbe betáplált hő (*Eheatsupply*) a hőelengedéssel (*bypassed*) szabályozható:

$$0 \leq E_{heat_supply1} = E_{heat_prod1} - bypassed_1 \quad (11)$$

$$0 \leq E_{heat_supply2} = E_{heat_prod2} - bypassed_2 \quad (12)$$

Végül a hőrendszer igénye ($E_{heatdemand}$) és a betáplált hő kapcsolata tartalmazza a nem szolgáltatott hőmennyiséget ($E_{el,notserved}$).

$$E_{heatdemand} = E_{heat_supply1} + E_{heat_supply2} + E_{el,notserved} \quad (13)$$

A korlátok után ismertetjük a célfüggvény megfogalmazását, amely az alábbi költségelemeket tartalmazza:

- EM tranzakciók költségét ($E_{el,EMsold} - E_{el,EM,bought}$) a szervezett villamosenergia-piaci áron (p_{EM});
- a kórháznak eladott villamos energiából ($E_{el,demand}$) származó bevételt rögzített kereskedői áron (p_{el});
- a fel- és leirányú tartalékok rendelkezésre állási díjából (p_{afrrp} , p_{afrrn}) származó bevételt;
- a hőbevételt, amely csak a hőigény után kerül kifizetésre, ha azt a gázmotor betáplálja, p_{heat} az egységnyi hő ára;
- végül a primer energia (földgáz) költségét (p_{gas}).

$$\begin{aligned} & (E_{el,EMsold} - E_{el,EM,bought})p_{EM} \\ & + (E_{el,demand})p_{el} \\ & + E_{afrrp}p_{afrrp} \\ & + E_{afrrn}p_{afrrn} \\ & + (E_{heatdemand} \\ & - E_{elnotserved})p_{heat} \\ & - E_{gas}p_{gas} \end{aligned} \quad (14)$$

ÜZEMOPTIMALIZÁLÁSI SZCENÁRIÓK ISMERTETÉSE

Az üzemoptimalizálás során 2020-ra meghatározott menetrendekre az üzemkövetési simulációt minden vizsgált forgatókönyvre elvégeztük. Ellenőriztük a működés pontosságát, a menetrendtartást, valamint műszaki korlátok betartását (indítási számok, részterhelés). Számítottuk a gépenkénti futási időket terhelési állapot szerint kategorizálva (százalékosan a teljes terhelésen és a részterhelésen töltött időt). Az utóbbinál a több scenárió esetén látható <1 százalékos érték elhanyagolható, ugyanis ez gyakorlatilag az indítási felfutásokhoz kapcsolódik. Az elvárt alapjel és a tényleges villamosenergia-termelvény közötti eltérés kiegyenlítő energiaköltséget okoz, melyet szintén idősorosan számítottunk ki.

A vizsgált gázmotorvariánsokat a Jenbacher 3-as, 4-es és 6-os gépcsaládjából választottuk (Chengyang, L., Jing Yang, R., Yu, X., et al, 2021). Más gyártók termékpalettáin a vizsgált 1–2 MW-os mérettartományban a főbb paraméterekben nagyon hasonló termékek érhetők el, így ennek a gyártónak a kiválasztása is adhat általános megállapításhoz eredményeket.

A telephelyre alkalmas gázmotortípusok hőteljesítmény-, villamoshatásfok- és teljesítményadatait a 3. táblázat tartalmazza. A 4. táblázat pedig a különböző konfigurációkat hasonlítja össze.

A telephelyi teljesítményigények, adottságok, valamint a gázmotor-terméksorozat egyedi típusainak méretlépcsői alapján:

- egygépes konfigurációban a J612-es és J420-as típusokkal,
- kétgépes konfigurációban a J316-os és J320-as egységekkel,
- háromgépes konfigurációban pedig a J312-es géppel végeztük el a számításokat.

A futtatás során tisztán az üzemi eredményesség maximalizálása a cél az adott energiaigények és árak mellett. Ez esetben tehát lehetséges a kórház energiaigényének piacról, tőzsdéről való ellátása is, ha az kedvezőbb, mint a saját termelés. A kórház hőigénye a vizsgált gázmotorok névleges teljesítményének közelében van, a hőértékesítés szinte folyamatosan lehetséges.

A lehetséges alternatív forgatókönyvek, a műszaki és üzemviteli kombinációk sokféleségét szűkítendő, elsőként az üzemvitel szempontjából megfelelő (indítások száma, részterhelések jellege) egy, két és három gázmotoros konfigurációk kiválasztását végeztük el az 5. táblázatban bemutatott 5 esetből. Az üzemkövetési elemzés a ténylegesen megvalósuló gázmotor-üzemállapotok mellett egyben a kiegyenlítő energia mennyiségére és a költségére is pontos idősoros eredményt ad. A futtatási időszakra a gázmotorok üzemállapotának

3. táblázat

A TELEPHELYRE ALKALMAS GÁZMOTORTÍPUSOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Típus	Vill. telj. [kW]	Hőteljesítmény [kW]	Villamos hatásfok [%]	Gázmotorok száma
Jenbacher 3				
J312	635	739	40,8	3
J316	851	991	40,7	2
J320	1 067	1 241	40,9	2
Jenbacher 4				
J420	1 497	1 563	42,9	1
Jenbacher 6				
J612	2 017	1 930	45,2	1

Forrás: saját szerkesztés

4. táblázat

A KÜLÖNBÖZŐ KONFIGURÁCIÓK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

	aFRR +[MWh/év]	aFRR -[MWh/év]	Hőérté- kesítés [MWh/év]	VE termelés [MWh/év]	Gáz- fogyasztás [MWh/év]	δ	Primer hatásfok (%)	Villamos hatásfok (%)
3x635kW	2 799	13 843	16 110	13 843	33 928	0,86	88,3	40,8
2x1067kW	3 108	15 535	18 068	13 772	37 982	0,76	83,8	36,3
1x2017kW	2 659	14 962	14 316	13 193	33 101	0,92	83,1	39,9

Forrás: saját szerkesztés

5. táblázat

ÜZEMÁLLAPOT-ÖSSZEHASONLÍTÁS

Motorkonfiguráció	Terhelés (állás-részterhelés-teljes terhelés) [%]	Fajlagos kiegyenlítési költségek [€/kW]
3xJ312	21-0-79	17,6
2xJ316	16-6-79	17,3
2xJ320	22-0-78	16,1
1xJ420	21-0-79	22,1
1xJ612	20-0-78	22,3

Forrás: saját szerkesztés

megoszlását, illetve a kiegyenlítési költségek alakulását az 5. táblázat tartalmazza.

A vizsgált motorkombinációk közül az egyik legfontosabb kérdés az optimális méretezés, ugyanis a magas kihasználási óraszám alapjaiban határozza meg a megtérülést. A 2 db J316-os motort modellező konfiguráció esetében a vizsgált energiaigény-görbékhez illesztett optimáló működés sok esetben részterheléses üzemhez vezet, míg az 1db J420-as scenáriót rosszabb megtérülése, magasabb fajlagos beruházási költsége miatt elvetettük.

A kiegyenlítési költségek kb. 20–50 ezer EUR/év értékűek, azaz a teljes bevétel 1–2 százalékát, a működési költségek 3–5 százalékát teszik ki. Így önmagukban nem okozzák a megtérülési kilátások jelentős romlását, noha a vártak megfelelően az egygépes kialakítások valamelyest kedvezőtlenebb eredményt adnak.

Összehasonlítva a kiválasztott egy- és háromgépes kialakítás éves üzemét (5. ábra),

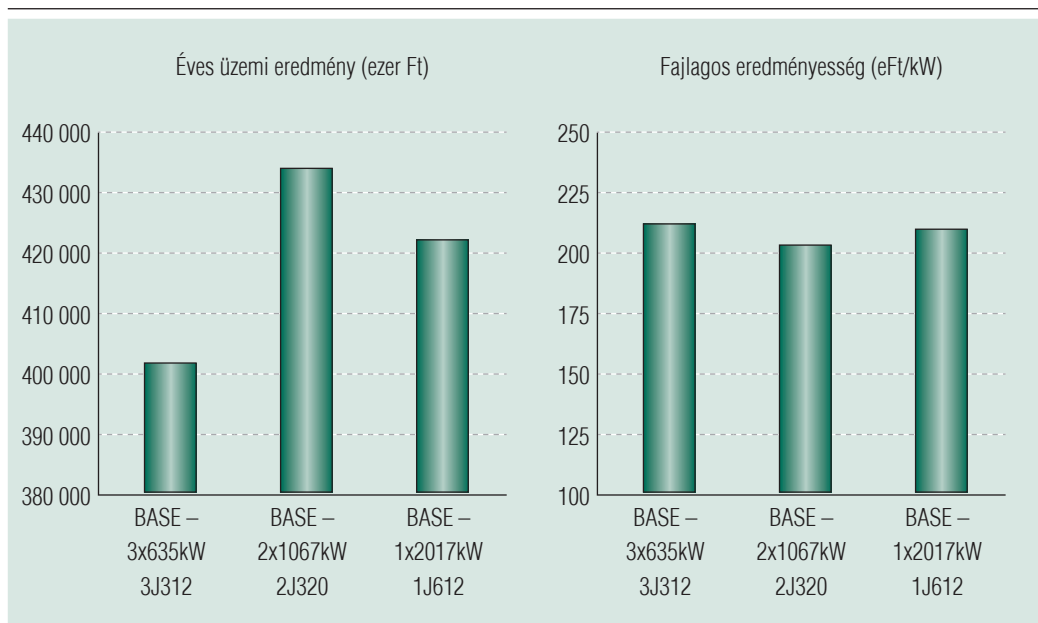
noha több gép esetén az átlagos kihasználtság nem nagyobb, mégis több olyan időszak határozható meg, amikor egy-egy motornak a kisebb teljesítménnyel már érdemes belépnie a termelésbe.

A menetrend-optimalizálás eredményét 10 évre előre tekintve vizsgáltuk a kiemelt három műszaki forgatókönyvre. Az értékesített rugalmasság, tartalékkapacitás a motorkihasználtsággal és a beépített kapacitással arányosan változik az aFRR- termék esetében. Az aFRR+, azaz felszabályozás esetén már a háromgépes rendszer relatív hátránya is csökken a kétgépes összeállításhoz képest.

Érdeemes még kiemelni, hogy a névleges (teljes terheléshez tartozó) gázmotorhatásfokok a valóságban korlátozottan realizálhatók, és a rugalmasabb hárommotoros kialakítás a kevesebb részterhelés miatt végül kedvezőbb hatásfokú, mint a base load termelésben hatékonyabb 6-os sorozatú gépek.

5. ábra

AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AZ 1-2-3 GÉPES RENDSZERRE



Forrás: saját szerkesztés

Az egyszerűsítetten számított éves átlagos eredményesség (operational spread) számítása során a hő- és villamosenergia-értékesítési bevételeket, a földgázkiadásokat, valamint a kiegyenlítő energiakiadásokat is figyelembe vettük. Ahogyan az 5. ábra alapján látható, az abszolút eredményesség mintegy 7–8 százalékkal eltér a két szélső érték között, azonban az összkapacitásra vetített fajlagos, azaz a beruházási költséggel arányos mutató már csak 3,5 százalékos legnagyobb különbséget mutat, és a motorok sorrendje is megváltozott.

Mindezek alapján kijelenthető, hogy az eredményoptimalizált működés során a háromféle kialakítás üzeme hasonlóan alakul, de több további szempont szerint a háromgépes kialakítás a leginkább kedvező.

Az esetek közötti további eltéréseket a CAPEX és más OPEX tételek figyelembevételével, valamint a módosított alapjel-optimalizáció esetén kereshetünk. A projekt egészére vonatkozó megtérülésszámítás és a módosított alapjelű üzemvitel elemzése a jövőbeli bizonytalanságok szélesebb skáláján is segít kiválasztani a robusztus megoldást az alternatívák közül.

ÖSSZEFOGLALÁS

A UPS-k hasznosítása a kórházak szünetmentes tápellátásában a múltban változó sikereket mutatott. A jelenlegi műszaki-gazdasági környezet és a kórházak villamosenergia- és hőenergia-igényének jellegzetes időbelisége azonban ezt a képet teljesen megváltoztathatja. A cikkben a szerzők egy tanulmányt mutattak be, amelynek célja a UPS üzleti modellek több tényezőtől való függésének értékelése volt, beleértve az árreket, a hőenergia-bevételt, az éves felhasználási tényezőket. Esettanulmányt mutattak be az egy-, két- és háromgépes kon-

figurációkra. Ezen esetek összehasonlítása azt mutatta, hogy míg több gép használata esetén az átlagos kihasználtsági tényező nem magasabb, addig a villamosenergia- és hőenergia-igény időbelisége jobb lehetőségeket teremt kisebb egységek indítására. Az aFRR szolgáltatás esetén az értékesített flexibilitás (tartalékkapacitás) arányos az üzemelő UPS-k kihasználtságával és névleges kapacitásával. Az aFRR+ szolgáltatások esete (felfelé szabályozás) még a háromgépes rendszer hátrányainak relatív csökkenését is jelzi a kétféles konfigurációhoz képest.

Az alapeset feltételezésével kedvező megtérülés várható. A projekt pozitív cash flowja az üzemeltetés alatt stabil, az üzemórától függően kb. 2033–36-ig várható az élettartam. A scenáriók eredményei kedvezőek piaci árszint esetén: alaplíjjal 11,0–11,5 százalékos az IRR, alaplíj nélkül is kedvező, 8,3 százalékos IRR (2019-ben, nem 2022-es premiszszákkal!).

Több érzékenységvizsgálat készült az alapjel-optimalizációt tartalmazó forgatókönyvekkel. A CAPEX/OPEX növekmény, a beruházáskésedelem negatív hatású, 1 év csúszás és/vagy 10% beruházás ráfordításnövekedés 1,5 százalékos IRR csökkenést jelent. Az adó meghatározása közelítő számítással készült, nemcsak a TAO (9%) és az energiaellátók jövedelemadó-hatása (31%) számítható, hanem az esetleges profitmegosztási konstrukciók is. Az egyharmados megosztás közel nullszaldóssá teszi a projektet.

A szerzők végső következtetése az, hogy ha a UPS-ek működése kizárólag a profit optimalizálására épül, akkor a háromgépes konfiguráció minden tekintetben szilárd teljesítményt mutat, és további jelentős előnyök is láthatók több szempont figyelembevételével, különösen üzleti céllal. ■

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk megköszönni a kutatásban részt vevő kollégák, dr. Hartmann Bálint és Kiss József közreműködését és hozzájárulását, hogy ezek az eredmények elkészülhettek.

IRODALOM

- ANTTI ALAHÄIVÄLÄ, JUHA KIVILUOMA, JYRKI LEINO AND MATTI LEHTONEN (2017). System-Level Value of a Gas Engine Power Plant in Electricity and Reserve Production, <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/7/983/pdf>
- BOZKAYA, B., ZEILER, W., BOXEM, G. (2014). *Integration Of Aquifer Thermal Energy Systems (Ates) Into Virtual Power Plant As A Source Of Flexibility*; Fifth German-Austrian IBPSA Conference RWTH Aachen University
- CHENGYANG, L., JING YANG, R., YU, X., ET AL SUN, C., WONG, P.S.P., ZHAO, H. (2021). Virtual power plants for a sustainable urban future, *Sustainable Cities and Society*, 65., <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102640>
- CORERA, J. (2006). *Virtual Power Plant Concept in Electrical Networks*; 2nd International Conference on Intgeration of Renewable and Distributed Energy Resources Napa, CA
- ELEKES, A. (2018). Fenntartható növekedés – fenntartható pénzügyi szolgáltatások az Európai Unióban, *Pénzügyi Szemle*, 63(3), 328–344. oldal
- ERDÉLYI, A., PULAY GY. (2021). Mérhető hozzájárulás a tisztább energiaellátáshoz, *Pénzügyi Szemle online*, <https://www.penzugyiszemle.hu/tanulmányok-eloadasok/merheto-hozzajarulas-a-tisztabb-energiaellatashoz>, 2021. április 08.
- GURIEFF, N., GREEN, D., KOSKINEN, I., ET AL LIPSON, M., BALDRY, M., MADDOCKS, A., MENICTAS, C., NOACK, J., MOGHADERI, B., DOROODCHI, E. (2020). *Healthy Power: Reimagining Hospitals as Sustainable Energy Hubs*, *Sustainability*, 12(20), 8554, <https://doi.org/10.3390/su12208554>
- MANCARELLA, P. (2014). MES (multi-energy systems). An overview of concepts and evaluation models, *Energy*, 65., <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.041>
- TAPIA-AHUMADA, K., DUENAS, P. (2016). Interplay of Gas and Electricity Systems at Distribution Level, <https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/Working-Paper-Interplay-of-Gas-and-Electricity-Systems-TapiaAhumadaDuenas-December2016.pdf>
- MIHÁLOVITS, ZS., TAPASZTI, A. (2018). Zöldkötvény, a fenntartható fejlődést támogató pénzügyi instrumentum, *Pénzügyi Szemle*, 63(3), 312–327. oldal
- PLAHN, P., KEENE, K., PENDRAY, J. (2015). *330 kWe Packaged CHP System with Reduced Emissions*; United States, <https://doi.org/10.2172/1223435>
- SAMAD, T., KOCH, E., STLUKA, P. (2016). Automated Demand Response for Smart Buildings and Microgrids: The State of the Practice and Research Challenges, *Proceedings of the IEEE*, 104(4), <https://doi.org/10.1109/JPROC.2016.2520639>
- SIOHANSI, F. (2021). *How can flexible demand be aggregated and delivered?*; Variable Generation, Flexible Demand, Academic Press, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823810-3.00014-5>

WARTSILA (2022). Combustion Engine vs. Gas Turbine: Pulse Load Efficiency and Profitability, Letöltés helye: <https://www.wartsila.com/energy/learn-more/technical-comparisons/combustion-engine-vs-gas-turbine-pulse-load-efficiency-and-profitability>. A letöltés ideje: 2022. 08. 31.

ZHENG MA, JOY DALMACIO BILLANES, BO NORREGAARD JORGENSEN (2017). Aggregation Potentials for Buildings – Business Models of Demand Response and Virtual Power Plants; *Energies* 2017, 10(10), 1646, <https://doi.org/10.3390/en10101646>

Electric Power Research Institute (2017). Power Generation Technology Data For Integrated Resource Plan Of South Africa

European Council (2022). Fit for 55. The EU's plan for a green transition, <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

International Energy Agency – Energy Technology Systems Analysis Program (2010) Combined Heat and Power, https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/E04-CHP-GS-gct_ADfinal.pdf

U.S. Department of Energy (2016). Combined Heat and Power Technology Fact Sheet Series, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/CHP-Recip%20Engines.pdf>

U.S. Energy Information Administration (2016). Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants

A pénzügyi szereplők éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdjének és a realizálódó kockázatoknak lehetséges reálgazdasági következményei

Málits Péter

Budapesti Corvinus Egyetem
pmalits00@gmail.com

El-Meouch Nedim Márton

Pécsi Tudományegyetem
nedu02@gmail.com

Drabancz Áron

Budapesti Corvinus Egyetem
aron.drabancz@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÓ

Az éghajlatváltozás reálgazdaságot érintő hatásai a pénzügyi rendszerben is megjelennek. A tanulmányban a tématerület szakirodalmára alapozva azt vizsgáljuk, milyen attitűd jellemzi a pénzügyi rendszer meghatározó szereplőit (a központi és kereskedelmi bankokat) az éghajlatváltozás pénzügyi vonatkozású kockázatait tekintve. A pénzügyi rendszer meghatározó szereplőit, a vállalati szféra klímaváltozás-specifikus kapcsolatait és az őket összekapcsoló fő csatornákat egy vállalati projektértékelési modell segítségével szemléltetjük, részben felmérve, hogy mely változókat, illetve kockázatokat érdemes mérlegelnie egy vállalatnak a befektetéséről való döntéshozatalban. Eredményeink alapján számtalan módon hathat a klímaváltozás a pénzügyi intézmények teljesítményére, azonban ezek a kockázatok a magyarországi kamatfelárakban egyelőre egyértelműen nem azonosíthatók.

KULCSSZAVAK: klímaváltozás, pénzügyi intézmények, kamatfelár

JEL-KÓDOK: H43, Q56

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_7

Az éghajlatban megfigyelhető változások cselekvési kényszer elé állítják a gazdaság szereplőit. Tanulmányunkban a kérdést a pénzügyi intézmények irányából közelítjük meg. Ezt az indokolja, hogy a szegmens egyrészt kapcsolatban áll a reálgazdaság minden szereplőjével, másrészt képes a fenntartható működés eléréséhez szükséges (de önmagában nem elégséges) anyagi erőforrásokkal ellátni az átálláshoz nélkülözhetetlen gazdasági szektorokat, bizonyos mértékig a politikai döntéshozók elkötelezett támogatása nélkül is. Kiemelten a központi és kereskedelmi bankokat vizsgáljuk az éghajlatváltozás vonatkozásában.

Abból eredően, hogy a pénzügyi intézményrendszer gyakorlatilag minden más gazdasági szereplővel kapcsolatban áll, indokoltnak tartjuk feltérképezni azt is, hogy az őket érintő kockázatok és a rájuk jellemző attitűd hogyan érinti a reálgazdaság szereplőit, és melyek azok a csatornák, amelyeken keresztül ezek a hatások realizálódnak a vállalatok működésében. Mindezt egy mikroszintű modell segítségével demonstráljuk, melyben egy valóságos adatokon alapuló, ám szükségszerűen leegyszerűsített vállalati projektértékelési helyzetbe építjük bele a különböző aspektusokat. Emellett makroszinten vizsgáljuk meg, hogy ezen kockázatok megjelennek-e vagy sem a hitelek árazásában, a kamatfelárak növekedésében Magyarországon.

A tanulmány három célt követ. Az első, hogy rendszerezze a pénzügyi intézményeknek a klímaváltozásban betöltött szerepét elemző és gyorsan bővülő szakirodalmat, és bemutassa a megfigyelhető trendeket. A második, hogy elméleti megközelítést alkalmazva rávilágítsunk a kockázatok realizálódásának és a pénzügyi közvetítőrendszer éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdjének a vállalati működést befolyásolni képes aspektusaira egy modell segítségével. Harmadik célként empirikus megközelítést alkalmazva vizsgáljuk meg, hogy a kockázatok milyen mértékben árazód-

tak be eddig a hitelek kamatfelárába Magyarországon.

Kutatási kérdéseink mindezek alapján a következők:

► Milyen szerepet töltenek be, illetve tölthetnek be a jegybankok és a kereskedelmi bankok a klímaváltozás folyamatának lassításában?

► A klímaváltozáshoz kapcsolódó kockázatok megjelennek-e a hiteltermékek árazásában, a karbonintenzív iparágakban magasabb felárakkal szembesülnek a hitelfelvevők?

A tanulmány következő fejezetében áttekintjük az éghajlatváltozás kutatás szempontjából releváns koncepcionális keretét, majd bemutatjuk a tanulmányban alkalmazott módszertant, végül a bankrendszer szerepét vizsgáljuk elméleti és empirikus alapon, végül összefoglaljuk a főbb megállapításainkat.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS FŐ JELLEGZETESSÉGEI

Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC) átfogó jelentésében célzottan a döntéshozók számára publikált összefoglalót az éghajlatváltozás okairól és következményeiről, melyben kifejezetten arra próbálták felhívni a figyelmet, hogy mekkora különbséget jelentene, ha 2015-ben a párizsi éghajlatvédelmi egyezményben a Föld országainak döntő többsége által elfogadott, a felmelegedést 2 °C-ban maximáló cél helyett legfeljebb 1,5 °C elérése érdekében tennénk erőfeszítéseket (IPCC, 2018).

A jelentésnek a tanulmány szempontjából releváns megállapításai:

- a felmelegedés a 1,5 °C-ot meghaladó tartományban várhatóan a mai éghajlati viszonyok között nem tapasztalt extrém időjárási jelenségeket okoz, a tengerszint emelkedésével párhuzamosan ez az épített infrastruktúra jelentős károsodáshoz vezetne;

- az éghajlatváltozás hatásai közvetlen hatást gyakorolhatnak az emberi egészségre, az étel- és ital-ellátásra, a mezőgazdasági tevékenységre, ezek pedig a teljes világgazdaság teljesítményében mérhető csökkenéshez vezetnének;
- az üvegházhatású gázok kibocsátásának jelenlegi ütemének fenntartását feltételezve egy igen behatárolt időintervallum választja el az emberiséget az 1,5 °C-os felmelegedést okozó kibocsátási szint elérésétől.

Bár a klímaváltozás valóban összetett folyamat, a megoldása – elméleti síkon legalábbis – kevésbé az: ahhoz, hogy a felmelegedés a párizsi éghajlatvédelmi egyezményben elfogadott határon belül maradjon, az üvegházhatású gázok emisszióját vissza kell szorítani. Ebből kifolyólag azon tevékenységeket, melyek a legjelentősebb forrásai az emisszióknak, és amelyekre a továbbiakban karbonintenzív tevékenységekként fogunk utalni, alacsonyabb karbonintenzitású alternatívákra kell cserélni az ellátásbiztonság fenntartása mellett. A klímaváltozás gazdasági szempontból olyan externális jelenség, amely globális méretű problémát jelent, és amellyel, hogy a kár okozása nem szándékosan történik, maguk a károsultak sem azonosíthatók közvetlenül, hiszen a negatív hatásokat az előrejelzések szerint a következő generációk fogják viselni (Stern, 2006). A jövőbeli energiafejlesztések között különbséget kell tenni:

a zöld energiatermelők (pl. szél- és naperőmű, akár atomenergia);

b az átmeneti időszakban feltétlenül fontos (pl. földgáz-erőmű, LNG-terminál; gázvezeték) beruházások;

c az egyéb fosszilis energiára alapozó beruházások (pl. szén-erőmű, szénbánya).

Fontos a szabályozónak a bankrendszer felől olyan ösztönzőket nyújtani, hogy az segítse az *a*) csoportot, fogja vissza a *c*) alatti fejlesztéseket, és tegye mindezt úgy, hogy közben az ellátáshoz szükséges kapacitások létrehozását lehetővé tegye finanszírozva a *b*) csoport esetében.

A MODELLEZÉS MÓDSZERTANA

A modellezés célja és elméleti megközelítés

A pénzügyi intézmények (jegybankok és kereskedelmi bankok) alkalmazkodásának a gazdasági szereplőket érintő hatásait a már említett módon egy (olajipari) vállalat döntési helyzetén keresztül modellezzük. A modell alkalmazásának célja, hogy egy valószerű példán mutassa be azokat a csatornákat, melyeken keresztül a vizsgált jelenségek befolyásolhatják a vállalati működést. Az általunk felépített, a valóságot szükségképpen leegyszerűsítő modell egy olyan módszertant mutat be, amely az adott vállalat jellemzőihez igazítva a valódi döntéshozatalban is alkalmazható lehet.

Példánkban a profitmaximalizáló, egyféle tevékenységet (olajfeldolgozást) végző vállalat egy projektről való döntés előtt áll. A projekt keretében egy, a hagyományos olajipari tevékenységhez kapcsolódó, magas karbonintenzitással működő *olajfinomító üzemegység* működésbe léptetését tervezi, ami várhatóan 10 éves időtávon fog üzemelni, és az időszak alatt lineárisan amortizálódik maradványérték nélkül. Döntési kritériumként a vállalatnál a projekt eredményeképpen előálló pénzáramlások diszkontálásával számítható nettó jelenértéket (NPV) használják. Ha ennek értéke a vizsgált időintervallumban pozitív, a projekt végrehajtása mellett döntenek, ellenkező esetben elutasítják.

Célunk nem szigorúan a döntés modellezése, hanem hogy azonosítsuk az ezt potenciálisan befolyásolni képes eseményeket. A feltett kérdés tehát nem az általános „megéri-e a vállalatnak a beruházás”, hanem az, „hogyan döntene a vállalat a beruházásról, ha tudná, hogy ezek a változások bekövetkeznek”. Mindezek mellett az alábbi feltevésekkel élünk:

① A vállalat tőkeszerkezete állandó, a vizsgált időszakban nem változik. A modellben

a számítás egyszerűsítése érdekében nem számoltunk a nettó forgótőke (készletek, forgóeszközök stb.) változásával sem. A vállalatvezetés racionalitása feltételezhető, és kizárólag az NPV alapján dönt a beruházásairól; a modellkörnyezetben egy univerzális adókulcs van jelen. A vállalat pénzügyi ráfordítását kizárólag a fizetett és kapott kamatok különbsége alkotja, egyéb tényezőt nem veszünk figyelembe.

② A projekt adatai iparági alapokra épültek, de nem feleltethetők meg teljesen a valóságnak. Ily módon a projekt 10 éves időtartama is egyszerűsítés a projekt áttekinthetősége érdekében.

③ Az egyes hatások kapcsán azok bekövetkezését *ceteris paribus* (minden más változatlansága mellett) feltételezzük, hogy az egyes csatornák jól elkülöníthetőek legyenek, továbbá a bevételek és költségek az időtartam alatt állandóak. Az egyes forgatókönyvekben bekövetkező változások közvetlenül a döntésre hatnak; a kompenzálásra, így pl. a termék árának emelésére, ezáltal a bevétel növelésére nincs mód a kereslet érzékenysége miatt.

A számítás menete és a kiinduló paraméterek

A döntés alapjául szolgáló nettó jelenérték (NPV) a szokásos egyenletből származik:

$$NPV = \sum_{t=0}^{10} FCF_t \times \left(\frac{1}{1+WACC_{projekt}} \right)^t$$

A projektre jellemző súlyozott átlagos tőke-költség

$$WACC_{projekt} = WACC_{vállalat} + \alpha = \left[\frac{E}{V} \times r_e + \frac{D}{V} \times r_d \times (1-T) \right] + \alpha$$

összefüggés alapján (Modigliani, Miller, 1958) számítható ki a szokásos módon.

• r_e : a vállalat saját tőkéjének hozama a CAPM alapján (Sharpe, 1964), ahol a kockázatmentes hozam (az 1. táblázatban: r_f) a 10 éves forintkötvény hozama 2021. március 24-én (Trading Economics, 2021), a béta (az 1. táblázatban: β) a MOL kockázatának megfelelő béta az S&P500-hoz viszonyítva (Erste, 2021), a piaci hozam (az 1. táblázatban: r_m) pedig az S&P500 elvárt átlagos hozama 2021–2030 között (Scheid, 2020);

• α : a projektre jellemző kompenzációs tag. Ennek az értéknek létjogosultságát az adja, hogy a mintavállalatként szolgáló MOL beszámolójában szereplő adatokból kiszámított vállalati WACC-értéket közelítsük a beszámolóban említett, az olajfinomítással kapcsolatos projektekre jellemző értékhez.

A vállalat pénzügyi adatai a MOL 2019-es beszámolóján alapulnak (MOL, 2019). Az egyes paraméterek modellben felvett kiinduló értékei az 1. táblázatban láthatók.

A vállalat nulladik évi beruházási költsége 5,5 milliárd dollár. Mindezt Tuttle (2019) megadott intervallumainak számtani közepe alapján becsültük, aki írásában említette, hogy Kanadában 6,9–8,6 milliárd, míg Kínában 2,9–3,6 milliárd dollár egy napi 100 ezer hordó előállítására képes olajfinomító létesítési költsége (Tuttle, 2019).

Az olajfinomító kapacitása 100 ezer hordó/nap, aminek hosszabb távon 53 dollárra becsülük a hordónkénti egységárát (Fitch, 2021), az éves nyersanyagköltség évi 360 napos működés esetében 1 908 millió dollár. Az olajfinomítókra a jellemző költségmegoszlás alapján – 85%-ot tesz ki a nyersolaj, és 15% a többi működési költség (Robinson, 2006) – a működési költség éves szinten 337 millió dollár; e kettő összege adja a teljes éves költséget (2 245 millió dollár).

Az USA-beli olaj- és gázipari vállalatok 2014–2019 közötti átlagos bruttó árrésére (30%) alapozva (Avdeey & Co, 2021) a kalkulált éves bevétel 3 207 millió dollárnak adódik

A MODELLVÁLLALAT PARAMÉTEREI

	<i>millió Ft</i>	%
<i>E</i>	2 451 369	
<i>D</i>	2 680 918	
<i>V</i>	5 132 287	
Adózás előtti nyereség	275 699	
Adókiadás	47 318	
<i>T</i>		17,16
Összes hitel	909 039	
Összes kamatráfordítás	19 946	
r_d		2,19
r_f		2,71
r_m		6,00
β	1,23	
r_e		6,76
α		3,00

Forrás: saját számítás MOL (2019) adatai alapján

(a modell kiinduló paramétereit lásd a 2. táblázatban). A kiinduló modellben $NPV=445$ (millió dollár), tehát a racionális vállalatvezetés a jelenlegi ismereteit felhasználva a projekt megvalósítása mellett döntene.

A BANKRENDSZER SZEREPE AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSBÓL EREDŐ PÉNZÜGYI KOCKÁZATOK KEZELÉSÉBEN

A fejezetben először a releváns szakirodalom segítségével áttekintjük, hogy a központi bankok milyen szerepet tölthetnek be a klímaváltozás elleni küzdelem finanszírozásának előremozdításában. Ezt követően a kereskedelmi banki gyakorlatot és a mögötte meghúzódó fő mozgatókat mutatjuk be, végül modellezzük a megfigyelhető trendeknek a vállalati döntéshozatal szempontjából releváns elemeit.

Szakirodalmi áttekintés

Több tanulmány is rámutat arra, hogy alapvetően a politikai legitimációval felhatalmazott döntéshozók azok, akik a megfelelő intézkedésekkel hozzá tudnak járulni ahhoz, hogy megtörténjen az átmenet a kevésbé karbonintenzív gazdasági szerkezetre (UN, 2017; Breitenfellner et al., 2019). Annak érdekében, hogy a szén-dioxid-kibocsátás intenzitása csökkenjen, megfelelő ösztönzők kiépítése szükséges, praktikusán valamilyen kibocsátásra kivetett egységes ár-, adó- vagy kvótarendszer, melynek gyakorlati megvalósítási módjáról gyakran születnek elemzések (vö.: Martin, 2014). Az ilyen szabályozásoknak a központi bankok szempontjából releváns vonatkozásáról is készítettek tanulmányt: a klímavédelmi szabályozás jellege gyakorlatilag eldönti, hogy arra milyen monetáris politikai reakció

2. táblázat

A MODELL KIINDULÓ PARAMÉTEREI

Megnevezés	ÉV										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(1) Árbevétel	0	3 206,7	3 206,7	3 206,7	3 206,7	3 206,7	3 206,7	3 206,7	3 206,7	3 206,7	3 206,7
(2) Nyersanyagköltség	0	1 908,0	1 908,0	1 908,0	1 908,0	1 908,0	1 908,0	1 908,0	1 908,0	1 908,0	1 908,0
(3) Működési költség	0	336,7	336,7	336,7	336,7	336,7	336,7	336,7	336,7	336,7	336,7
(4) EBITDA (1)-(2)+(3)]	0	962,0	962,0	962,0	962,0	962,0	962,0	962,0	962,0	962,0	962,0
(5) Amortizáció	0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0
(6) EBIT (4)-(5)	0	412,0	412,0	412,0	412,0	412,0	412,0	412,0	412,0	412,0	412,0
(7) Pénzügyi eredmény	0	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9
(8) Adóteher	0	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7
(9) NOPLAT (6)-(7)-(8)	0	303,4	303,4	303,4	303,4	303,4	303,4	303,4	303,4	303,4	303,4
(5) Amortizáció	0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0
(10) Működési CF (9)+(5)	0	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4
(11) TE-beszerezés	5 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(12) Beruházási CF [-(11)]	-5 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(13) FCFF (10)+(12)	-5 500	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4	853,4
(14) Diskontárta	1	0,93	0,87	0,81	0,76	0,7	0,66	0,62	0,57	0,54	0,50
(15) PV (13)×(14)	-5 500	796,24	742,92	693,18	646,76	603,45	563,04	525,34	490,16	457,34	426,72
NPV [(15) összege]						445,0					

Forrás: saját számítás

indokolt, éppen ezért a szabályozói és központi banki együttműködés kiemelten fontos (McKibbin et al., 2017).

A monetáris politikának az éghajlatváltozás elleni küzdelemben betöltött szerepéről nincsen konszenzus a téma szakértőinek körében. Vannak olyan kutatók, akik szerint a jegybankok képesek a politikai döntéshozók, illetve más releváns szereplők helyébe lépve a terület éharcosává válni. Mivel a szén-dioxid kibocsátásának beárnyékolása politikai és társadalmi megfontolásokból nem kivitelezhető, így szerep hárul a központi bankok szabályozói tevékenységére (Campiglio, 2016). Szintén a jegybanki szerepvállalás mellett érveként kerül elő Campigliónál, hogy a 2008–2009-es pénzügyi válságot követő szabályozások bevezetése óta létezik egy másodlagos piaci kudarc is a hitelpiacokon, ami abban nyilvánul meg, hogy azóta a kereskedelmi bankok fokozottan kerülnek a kockázatos, így a hosszabb távú, kevésbé likvid eszközök tartását és hitelezést, ezért nem veszik figyelembe a karbonadóból származó árjelzéseket, és emiatt nem preferálják a rendszerint hosszú távú befektetést igénylő „zöld” beruházásokat sem. Mindezek miatt a szerző szerint az adójellegű, árra ható megközelítés nem célravezető, ezért szerep hárul a központi bankokra, amelyek más jellegű szabályokon keresztül képesek ösztönözni az átállást.

Az elmondottak konzisztensek azon megállapítással, mely szerint a központi bankoknak azért kell feladatot vállalniuk a klímaváltozás elleni küzdelemben, mert az az elsődlegesen legjobb scenárió, tehát a politikai szabályozás kudarcot vall (UN, 2017). Ez azonban értelem szerűen az adott központi bank törvényben foglalt hatáskörének kiterjedtségétől függ.

Az előzők alapján azonosítható az elemzőknek és a szakma szereplőinek egy olyan rétege, akiknek álláspontja szerint – ha az éghajlatvédelmi szabályozások a politika oldaláról nem vezetnek eredményre – a központi ban-

kok beavatkozása is szükségessé válik. Az, hogy ez milyen mélységben történjen meg, vita tárgyát képezi, mert sokan tartanak attól, hogy az éghajlati ügyekbe való aktív involválódástól sérülnek az „eredeti” jegybanki hatáskörök.

A központi bankok azonban világszerte felismerték a klímaváltozás kockázatait a pénzügyi stabilitásra. 2017 végén 18 központi bank és felügyelőtestület, valamint 5 nemzetközi szervezet közreműködésével létrejött a „Központi Bankok és Felügyelők Hálózata a Pénzügyi Rendszer Zöldítéséért” (NGFS) (NGFS, 2018), amely 2021 októberében 98 aktív és 16 megfigyelő státuszú tagot számlált (NGFS, 2021), és ajánlásokkal igyekszik segíteni a jegybankokat és a felügyeleti szerveket. Nemrégiben megjelenő publikációjában az NGFS arra hívja fel tagjait, hogy térképezzék fel a felügyeletük alá tartozó pénzügyi intézmények kiterjedését azokban a szektorokban, amelyeket leginkább érinthetik az átállási kockázatok, valamint törekedjenek arra, hogy ezek az intézmények megfelelő módon menedzseljék kockázataikat, és szükség esetén avatkozzanak be a folyamatba (NGFS, 2020). A klímareleváns jegybanki szerepvállalással kapcsolatos viselkedés fokozódó földrajzi disztribúciója is megfigyelhető az elmúlt időszakban. Ennek igen szimbolikus példája, hogy az első számú globális tartalékvaluta szerepét betöltő dollárt kibocsátó Federal Reserve 2020 végén először integrálta az éghajlati eredetű kockázatokat pénzügyi stabilitási jelentésébe (FED, 2020), valamint csatlakozott az NGFS-hez is (Brainard, 2020).

A különböző központi bankok gyakorlatának áttekintése nyomán 2 fő beavatkozási módot érdemes elkülöníteni (Campiglio et al., 2018). Az egyik a kockázatok felméréseinek irányából közelít a kérdéshez, és tartalmilag nagyon hasonló az NGFS előbbiekből vázolt ajánlásához. Ennek gyakorlati megvalósítása közül kiemelendő a magyarul *éghajlati stresszteszt*ként fordítható eljárás (Boros,

2020), melynek során a bankok (a bankrendszer minden szintjén) modellezik, hogy az egyes éghajlatváltozási kockázatok realizálódása milyen hatást okoz az egyes bankok, illetve a teljes bankrendszer vonatkozásában. A gyakorlatban már több országban fejlesztenek hasonló eljárást (ACPR, 2019; BoE, 2019), de a Magyar Nemzeti Bank (MNB) is tervezi ennek bevezetését (Gyura, 2020a), a Holland Nemzeti Bank pedig el is végezte, ami gyakran szerepel hivatkozási alapként a szakirodalomban. Ebben kétfajta átállási sokk forgatókönyvének makroökonómiai vonatkozását vizsgálták, majd ennek hatásait vezették le 56 iparágra, végül modellezték ennek a pénzügyi rendszerre gyakorolt hatásait függően attól, hogy az egyes pénzügyi közvetítőknek milyen mértékű a kitettségük a sokkban érintett karbonintenzív iparágakban. A kutatás megállapította, hogy amennyiben a bankok saját esetükben is végeznek tesztek, azok eredményeiből a befektetési döntéseket is alapjaiban befolyásoló következtetéseket vonhatnak le (Vermeulen et al., 2018).

A jegybanki beavatkozások második csoportjába a környezetvédelmi megfontolásoknak a szabályozási metódusba való beépítése tartozik (Campiglio et al., 2018). Főleg fejlődő országokból látni példát arra, hogy a központi bank az alacsony karbonintenzitású projekteket finanszírozó kereskedelmi bankoknak extra likviditást biztosít, illetve előír egy minimumkövetelményt, amennyit nekik kötelező ilyen projektekbe fektetniük. Hasonló ehhez a kínai szabályozás, ahol a központi bank irányelvet fogalmazott meg arra vonatkozóan, hogy a pénzügyi közvetítőknek előnyben kell részesíteniük az alacsonyabb karbonintenzitású projekteket befektetési döntéseik során (CBRC, 2012). Egy másik példa az Európai Központi Bank gyakorlata, hogy a saját kezelésében lévő nyugdíjalapját, illetve tartalékát a fenntarthatósági kritériumoknak megfelelő módon igyekszik befektetni (Cœuré, 2018).

Másik lehetőség lehet a tőkekövetelmények dinamikus meghatározása aszerint, hogy a bank környezetvédelmi szempontból milyen vállalatot finanszíroz (Rozenberg et al., 2013). Ehhez hasonló az MNB nemrégiben bevezetett, a lakóépületek energiahatékonyágának növeléséért elindított programja, amely tőkekövetelmény-kedvezményt biztosít azon hitelintézeteknek, melyek ilyen célra folyósítanak kölcsönt (MNB, 2021).

A központi bankok kezében lévő és talán legvitatottabb beavatkozási eszköz a mennyiségi lazítás klímavédelmi szempontok szerinti alkalmazása, amely a jelen esetben azt jelenti, hogy a központi bank olyan vállalatok által kibocsátott kötvényeket vásárol, melyek tevékenysége alacsony karbonintenzitással jár (Mihálovits, Tapaszi, 2018). A 2008–2009-es válság után különösen Nagy-Britanniában volt terítéken annak lehetősége, hogy ezt a nem konvencionális jegybanki eszközt a gazdaság zöld szemléletű újjáépítésének ösztönzésében vessék be (Harvey, 2012). Az elképzelésnek azonban kritikusi is akadnak: *Rudebusch* (2019) amerikai példán keresztül azzal érvelt, hogy a hatályos jogszabályok szerint a Federal Reserve csak kormányzati szervek kötvényeit jogosult megvásárolni, így nem lehetséges ezen eszköz „zöld” célú hasznosítása (Rudebusch, 2019). *Matikainen et al.* (2017) pedig az Európai Központi Bank (EKB) és a Bank of England példáján mutatták be, hogy e két intézmény kötvényvásárlási programja keretében sokkal nagyobb mértékben vásárol karbonintenzív tevékenységet folytató vállalatoktól. Ez gyakorlatilag azt eredményezi, hogy ezek a gazdasági struktúrába mélyebben beágyazódnak, ami megnehezíti leváltásukat éghajlati szempontból kedvezőbb alternatívákra (Matikainen et al., 2017).

Cœuré (2018) erre a kritikára adott válasza két problémára is rávilágít. Azzal érvelt ugyanis, hogy az EKB azért vásárolja ezen vállalatok kötvényeit, mert azoknak likvid jellege alkal-

massá teszi őket a devizapiaci ügyletekben való alkalmazásra, amire ahhoz van szükség, hogy az EKB teljesíteni tudja elsődleges célját, az árstabilitás fenntartását az eurózónában. Ez egyrészt azt bizonyítja, hogy az EKB mandátuma elsődlegesen az árstabilitás elérésére terjed ki, és minden más cél csak annyiban lehet követendő, ameddig az nem korlátozza az elsődleges cél megvalósítását (EU, 2016), ennél fogva a központi bankoktól összességében nem várható el, hogy ilyen szinten aktív szereplői lesznek a klímaváltozás elleni küzdelemnek. Coeuré álláspontja egyben a jelenleginél lényegesen aktívabb jegybanki szerepvállalást ellenző oldal fő érve is.

Másrészről pedig az eszközök likviditásának kérdése azt jelzi, hogy a kereskedelmi bankok oldaláról mi az egyik legfontosabb probléma az alacsonyabb karbonintenzitású gazdasági modellre való átállás során; ezzel pedig rátérünk a kereskedelmi bankok tárgyalására.

Spencer, Stevenson (2013) rámutatnak arra, hogy a 2008–2009-es válság, valamint az azt követő, a bankrendszer stabilitásának megerősítését célzó egyezmények (pl. Bázel-III) egyaránt olyan környezetet teremtettek a pénzügyi piacokon, ami arra ösztönzi a bankokat, hogy tartózkodjanak a hosszú távú, nagyobb kockázatú, kevésbé likvid eszközök tartásától. Tekintve, hogy az alacsony karbonintenzitású projektek finanszírozása leginkább ebbe a kategóriába sorolható, ez jelentősen megnehezíti azok tőkével való ellátását. Azt a kereskedelmi banki gyakorlatot tehát, hogy miért nem alkálnak több forrást az éghajlatvédelmi szempontból kedvezőbbnek számító iparágakba, jelentős mértékben a hitelpiaci és szabályozási körülmények indokolják. Ettől függetlenül a bankok szerepe folyamatosan növekszik a klímaváltozás elleni küzdelemben élen járó iparágak finanszírozásában (Buchner et al., 2019), valamint egyre több fórumon igyekeznek kifejezni eltökéltségüket a fenntarthatóbb pénzügyi rendszer irányában (Gyura,

2020b). A banki szerepvállalás egy, az utóbbi években növekedésnek indult szegmense a fenntarthatósághoz kötött hitelek megjelenése, melyek lényege, hogy a kamat mértéke attól függ, hogy a hitelfelvevő teljesíti-e a vállalt fenntarthatósági célt – vonatkozzon ez az energiahatékonyság fokozására, a szén-dioxid-kibocsátás vagy a vízfelhasználás csökkentésére (LMA, 2019).

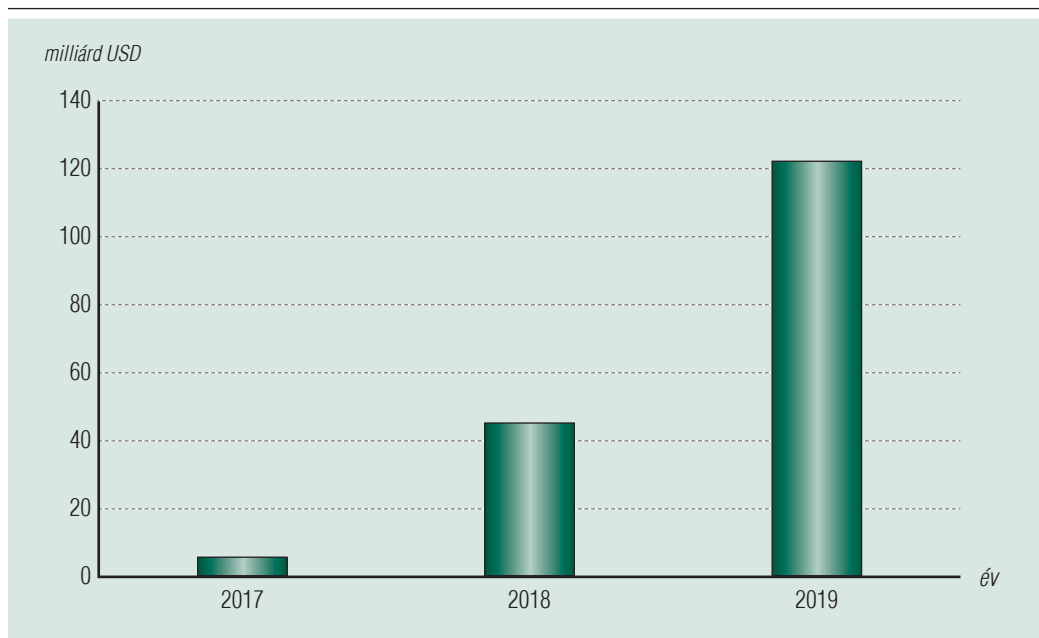
A vállalatoknak ez azért lehet kedvező, mert így a saját működésük külső érintettjei felé bizonyítékot szolgáltathatnak arról, hogy működésükben érvényesülnek a fenntarthatóság szempontjai. Ahogy az *1. ábrán* is látható, ezen hitelek piaca gyakorlatilag 2017-től lépett működésbe, és ezt követően igen jelentős növekedésnek indult: 2017 és 2019 között a 24-szeresére nőtt az allokált összvolumen (Statista, 2020). Emellett *Tóth et al.* (2021) rámutattak, hogy a környezeti, társadalmi és vállalatiirányítási (ESG) teljesítmények alkalmazása már ma is fontos szemponttá vált, és kedvező hatást gyakorol a pénzügyi stabilitásra.

A bankrendszer szerepvállalása, a vállalati projektértékelésre gyakorolt hatás modellezése

Az elemzés ezen részének (modellezés) fontos előfeltevése, hogy a vállalat minden külső kötelezettsége azonos specifikációjú, és a bank módosíthatja a feltételeket. A scenárióban azt feltételezzük, hogy a hitelek hozama nő, aminek okait és a hatásmechanizmust a *3. táblázat* foglalja össze.

Ahogy a *3. táblázatból* is látható, mind a jegybanki szabályozói környezet megváltozása, mind a bankok saját működésükben végrehajtott változása hatást gyakorolhat a vállalati döntésre. A hatás két csatornán keresztül jelentkezik, egyrészt a diszkontráta értékét, másrészt a vállalat által realizált eredményt csökkenti. Mindkét tényező azt eredményezi, hogy

A KIBOCSÁTOTT, FENNTARTHATÓSÁGHOZ KÖTÖTT HITELEK ÉRTÉKE



Forrás: Statista Research Department (2020) alapján saját szerkesztés

A BANKRENDSZER SZEREPVÁLLALÁSA NYOMÁN JELENTKEZŐ VÁLTOZÁSOK HATÁSMECHANIZMUSA

Esemény	Kiváltó okok	Hatás a vállalati döntésre
A kereskedelmi banki hitelek hozama nő	Szigorúbb, éghajlati hatáshoz kötött jegybanki tőkekövetelmények;	1 A vállalat külső kötelezettségeinek elvárt hozama emelkedik a pénzáramok jelenértéke csökken; 2 A vállalat kamatráfordítása nő, a pénzügyi ráfordítás nő, a pénzáramok jelenértéke csökken
	Általános, kötelező érvényű éghajlati közzétételi kötelezettség bevezetése vagy saját hatáskörben végzett éghajlati stresszteszt eredménye, aminek hatására a bank a kockázatok megnövekedésének megfelelő kamatkiiigazítást hajt végre (kapcsolat az átállási kockázatok realizációjával)	
	A bank hitelezési gyakorlatának piaci igényekhez igazodó változtatása (pl. a fenntarthatósághoz kötött hitelek további térnyerése)	

Forrás: saját szerkesztés

a pénzáramok jelenértéke az első évtől csökken, a kezdeti beruházási költség azonban a nulladik évben, tehát a jelenben realizálódik, ezért arra a változások nincsenek hatással.

Ebben a scenárióban azt modellezzük, hogy mi a vállalat külső kötelezettségeinek azon szintje, ahol NPV=0, ha a hatás már az első évtől jelentkezik, illetve ha csak a hatodik évtől. Az eredményeket a 4. táblázat foglalja össze.

Ha már az első évtől megemelkedik a kamat, 3,59 százalék az a szint, ahol az NPV=0; ez 1,40 százalékpontos, 63,82 százalékos növekedést jelent. Ha a változás csak a hatodik évtől történik meg, akkor 2,92 százalékpontos (132,96 százalékos) növekedés esetén éri el a kamat az NPV=0 szintet eredményező 5,11 százalékos éves szintet. Ez utóbbi jelentősebb növekedést jelent, de ennek a szakirodalmi megállapítások tükrében megvan a valós kockázata. Elfogadva a tudományos konszenzus helyességét a „szén-dioxid-kibocsátási keret” létezéséről, ez a kibocsátási keret a legrosszabb következmények elkerülésére 2026-ban lényegesen kisebb lesz, mint ma, ha addig *business as usual* viselkedést feltételezünk. A megnövekedett kockázatoknak megfelelő kiigazítás így módon természetesen nagyobb lenne.

A KAMATFELÁRAK ALAKULÁSA

Elemzésünkben egy másik szempontból is megvizsgáljuk a hitelezés fenntarthatósági karakterisztikáit. Empirikus elemzésünkhöz az MNB HITREG adatszolgáltatásának magyarországi hiteladatait használjuk fel, a 2015 és 2021 májusa között folyósított vállalati hitelszerződések instrumentumainak kamatfelárait vetjük össze. Mivel nincs információ az egyedi hitelek fenntarthatósági jellemzőiről, ezért nemzetgazdasági áganként aggregáljuk a vállalatokat és az átlagos kamatfelárat, és azoknak időbeli változásait vizsgáljuk meg. Fontos kiemelni, hogy az elérhető aggregáltági fokon, tehát nemzetgazdasági ágakon belül nem számítanak karbonintenzitás szerint homogénnek az odatartozó vállalatok,¹ emiatt a nemzetgazdasági ágak üvegházhatásának mértékét az Európai Bankhatóság 2021-es felmérése alapján azonosítjuk (2. ábra). Az adatok alapján a legszennyezőbb nemzetgazdasági ágak a villamosenergia-ipar, a mezőgazdaság, a vízellátás, a bányászat, a szállítás és raktározás és a feldolgozóipar. Relatív alacsony környezetszennyezési hatással jellemezhetők az infokommunikáció, az ingatlanügyletek, a szakmai, tudományos és művészeti tevékenységek és az adminisztratív szektorok.

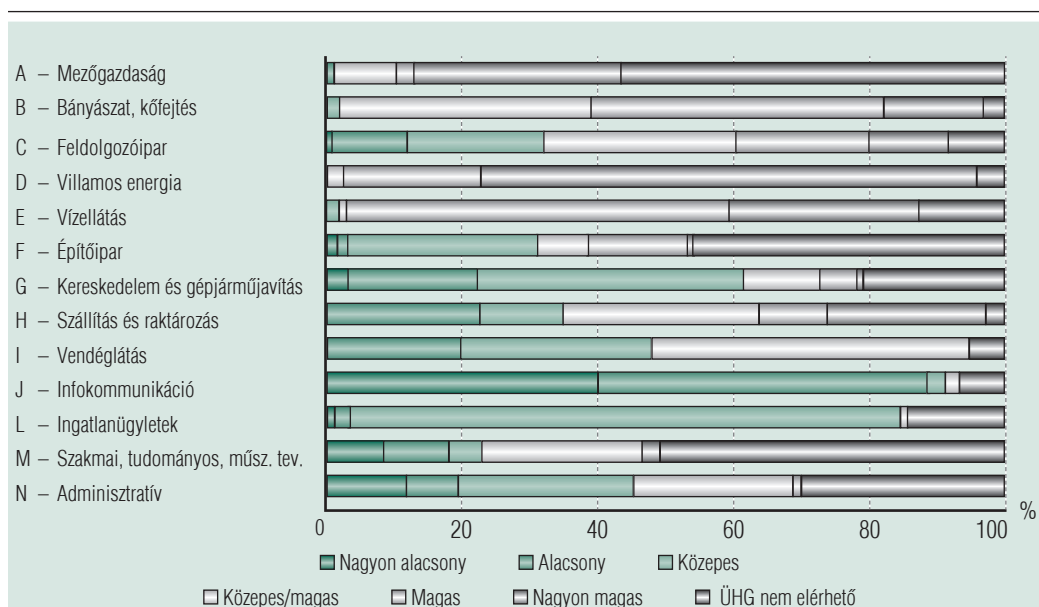
4. táblázat

A MODELLVÁLLALAT PROJEKTÉRTÉKELÉSÉNEK ÉRZÉKENYSÉGE A BANKRENDSZER FELTÉTELEZHETŐ ATTITÚDVÁLTOZÁSA ESETÉBEN: A NULLA NETTÓ JELENÉRTÉKHEZ VEZETŐ SZINT

A hitelezők által elvárt hozam szintje	Elvárt hozam (r_d) (%)	Pénzügyi ráfordítás (millió USD)	Növekedés (százalékpont)	Növekedés (%)
Alapeset	2,19	37,92	–	–
Növekedés az 1. évtől	3,59	79,66	1,40	63,82
Növekedés a 6. évtől	5,11	124,87	2,92	132,96

Forrás: saját számítás

A VÁLLALATOK ÜVEGHÁZHATÁSÚGÁZ-ENERGIAINTENZITÁSÁNAK ELOSZLÁSA AZ EGYES NEMZETGAZDASÁGI ÁGAKBAN



Forrás: EBA, 2021

Elemzésünkben alapvetően a folyósított hitelek átlagfelárának az adott évek közötti változását vizsgáljuk. Összehasonlítási okokból szűkítenünk kellett a felhasználható hitelszerződéseket: az elemzésbe kizárólag az állami vagy jegybanki programmal nem támogatott, referenciakamathoz kötött beruházási hiteleket vettük be². A beruházási hitelekre azért esett a választásunk, mert úgy gondoljuk, hogy az esetleges kamatfelár-növekedést az évek során leginkább a hosszabb távú, kutatásunk szempontjából relevánsabb hiteleknél lehetjük fel. Fontos kiemelni, hogy adatelérési okokból az elemzésünk nem tekinthető teljesen bizonyító erejűnek, mivel a meghitelezett vállalatok összetételben eltérhetnek az adott nemzetgazdasági ágakban az egyes évek során, valamint a nem meghitelezett vállalatok okozta torzítást sem tudjuk mérni. Továbbá meg kell jegyeznünk, hogy a kamatfelár megszabása egyéb körülményektől is függhet, és ahogyan

az a 2. ábrán látható, a nemzetgazdasági ágak sem homogének, egyaránt megtalálható bennük az alacsony és a magas üvegházhatású vállalatok halmaza, amiket az aggregálással összehasonunk (5. táblázat).

Eredményeink alapján az figyelhető meg, hogy 2016 és 2020 között a nagyobb karbonintenzitású nemzetgazdasági ágak minimálisan nagyobb arányban tapasztaltak növekvő kamatfelárakat, valamint relatíve nagyobb arányú felárnövekedést tapasztaltak, mint az alacsony kibocsátású társaik. Mind a mezőgazdaság, a bányászat, a feldolgozóipar, a villamos energia, a vízellátás és a szállítás és raktározás szektorában növekedett az átlagos kamatfelár a két időpont között. Ezek közül jelentős növekedés a vízellátás, a villamos energia, a bányászat, a szállítás és raktározás esetében látható.³ A feldolgozóipar és mezőgazdaság esetében a köztes években nagy emelkedés volt tapasztalható, amely visszacsökkent, de

A FOLYÓSÍTOTT VÁLLALATI HITELEK ÁTLAGFELÁRA ÉV ÉS NEMZETGAZDASÁGI ÁG SZERINT BONTVA

Nemzetgazdasági ág	Kötési év						Arány (%)	Változás (százalékpont)
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2020/2016	2020/2016
Mezőgazdaság	2,52	2,63	2,77	2,73	2,54	2,53	100,93	0,02
Bányászat, kőfejtés	2,06	2,23	1,78	2,20	2,65		128,48	0,59
Feldolgozóipar	2,82	3,30	3,40	3,75	2,96	2,80	104,96	0,14
Villamosenergia	2,05	2,37	2,15	2,37	2,34	2,32	114,09	0,29
Vízellátás	1,52	3,85	2,75	2,71	2,54	2,40	167,20	1,02
Építőipar	3,47	4,40	3,81	3,76	3,44	3,71	99,15	-0,03
Kereskedelem és gépjárműjavítás	3,72	3,77	3,73	3,57	3,36	3,18	90,22	-0,36
Szállítás és raktározás	3,07	3,73	3,72	3,80	3,43	3,49	111,60	0,36
Vendéglátás	3,73	4,07	3,71	3,71	3,67	3,11	98,31	-0,06
Infokommunikáció	3,76	4,43	4,19	4,21	4,21	4,36	111,81	0,44
Pénzügyi, biztosítási tevékenység	2,73	2,38	2,66	2,14	2,42	1,94	88,67	-0,31
Ingtatlanügyletek	5,71	4,85	4,25	4,64	4,81	4,78	84,27	-0,90
Szakmai, tudományos, műszaki tev.	3,75	4,37	4,16	3,95	3,84	3,52	102,43	0,09
Adminisztratív	3,51	4,02	4,06	3,46	3,64	3,38	103,73	0,13
Közigazgatás		2,00	3,75	2,20				0,00
Oktatás	4,48	4,90	4,55	4,29	3,56		79,41	-0,92
Szociális ellátás	3,72	4,36	4,08	4,00	4,04	3,69	108,48	0,32
Művészet, szórakoztatás, szabadidő	4,54	3,81	4,22	4,97	4,26	2,83	93,74	-0,28
Egyéb	4,15	4,97	4,88	4,05	4,67	2,95	112,49	0,52

Megjegyzés: A 2021-es év május végéig tartalmaz adatokat.

Forrás: MNB HITREG (2021)

2020-ra még így is kisebb mértékű emelkedés figyelhető meg. A kevésbé szennyező nemzetgazdasági ágak közül egyedül az ingatlanügyletek szektor tapasztalhatott kamatfelár-csökkenést, a szakmai, tudományos és művészeti, valamint az adminisztratív tevékenységek esetében 2–4 százalékos közötti emelkedés látható. Az utóbbi két ágazat esetében hasonló jelenség látható, mint a feldolgozóipar és a mezőgazdaság esetében. Az infokommunikációs szektor

kamatfelára egyértelműen megnövekedett az időszak alatt, 2016 és 2020 között 12 százalékos növekedés látható. Emellett hasonlóan egyértelműnek tűnik az ingatlanügyletek ágazat, ahol 16 százalékos csökkenés következett be az időszak alatt. Az üvegházhatás alapján be nem sorolt szektorok közül a kereskedelmet és gépjárműjavítást érdemes kiemelni, ahol egyértelmű csökkenő tendencia rajzolódott ki, ami a két időpont között 10 száza-

lékos csökkenésbe torkollott. Összességében egyértelmű tendenciabeli különbséget nem vélünk felfedezni az üvegházhatású gázok szempontjából jobban és kevésbé szennyező szektorok átlagfelárai között; az előbbi halmazban nem jelentősen, de valamennyivel nagyobb növekedést tapasztaltunk átlagosan. Azonban egyértelműbb kapcsolatok feltárásához minőségi, egyedi mikroszintű, dezaggregáltabb hiteladatok szükségesek, amelyeknek ismertek a fenntarthatósági jellemzői, és lehetővé tehetik egy komplexebb módszertan alkalmazását.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a releváns szakirodalom áttekintésével és egy erre alapozott, olajipari tevékenységet végző vállalat beruházási döntésén keresztül vizsgálta meg az éghajlatváltozás pénzügyi-gazdasági kockázatait. Ezen belül leginkább a szűken értelmezett bankrendszer éghajlati eredetű kockázatok kezelésével, illetve az éghajlatváltozás jelenségével kapcsolatos attitűdjét és ennek a vállalati működést befolyásoló aspektusait járta körül.

Egyre jelentősebb a tudományos diskurzus azzal kapcsolatban, hogy kell-e szerepet vállalniuk a központi bankoknak a klímaváltozás problémájának megoldásában, és ha igen, azt milyen mélységben tegyék. A központi bankok és a prudenciális szabályozók nemzetközi együttműködése folyamatosan bővül, és egyre nagyobb méreteket ölt. A kutatók és jegybankárok egy része a jegybankok feladatát a bankrendszerre veszélyt jelentő kockázatok feltérképezésében látja, amitől azt várja, hogy a bankrendszer szereplői felismerik a rájuk leselkedő kockázatokat,

és ennek alapján változásokat eszközölnek működésükben. Mások a szabályozásokkal történő beavatkozás mellett tesznek hitet, mellyel a kereskedelmi bankokat tevékenyen lehet ösztönözni arra, hogy az alacsony karbonintenzitású projektek finanszírozását részesítsék előnyben. Számos szabályozás figyelhető meg már most világszerte, és folyamatosan mérlegelik továbbiak bevezetését is. Az egyik legdrasztikusabb beavatkozási módot a mennyiségi lazítás éghajlati célú alkalmazása jelenti. Ez azonban fokozottan vitatott felvetés, és rámutat arra, hogy a jegybankok jelenlegi eszköztárába nem tartozik bele az aktív éghajlatvédelmi szerepvállalás. A kereskedelmi bankoknak, melyek finanszírozási döntései jelentős befolyásoló tényezők lehetnek a klímaváltozás elleni harcban, a meglévő szabályozások és a hitelpiac általános jellemzői miatt jelenleg nem áll közvetlenül érdekükben a karbonintenzív iparágak helyett az alternatív megoldásokat finanszírozni. Ennek ellenére a fenntarthatósági szempontok szerinti tőkeallokáció irányába fokozatos elmozdulás tapasztalható a bankok részéről.

A vállalati döntési modellbe a bankrendszer éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdjének változása a vállalat külső kötelezettségeitől elvárt hozam szintjében jelentkezik; növekedése csökkenti a projekt által termelt pénzáramot és a vállalat pénzügyi eredményét az első évtől kezdve, így növeli a megtérülési időt. A magyar hiteladatokon egyelőre nem látható egyértelműen a klímaváltozáshoz kapcsolódó kockázatok realizálódása a kamatfelárakban, ám az elemzés nem tekinthető teljes körűnek, ezért úgy gondoljuk, hogy igazán precíz elemzést a jelenleg nem elérhető mikroadatokon keresztül lehetne végezni. ■

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Támogatja az Innovációs és Technológiai Minisztérium, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal Kooperatív Doktori Programja.

JEGYZETEK

- ¹ Jó példa erre a villamosenergia-termelési ág, melyen belül vannak a klímaharcban felkarolandó területek (pl. naperőmű, szél erőmű), ugyanakkor visszafogásra javasolt területek is (pl. szén erőművek), továbbá az átmeneti időszakban növelni kívánt alágazatok (pl. földgáz erőművek az időjárásfüggő zöld áramtermelés miatti ingadozás kiegyenlítésére).
- ² A referenciakamathoz kötöttség a kamatfelárak összehasonlíthatóságát segíti, a támogatás hiánya értelemszerűen a kamatfelárban nyújtott támogatások okozta torzítástól tisztítja meg az elemzést.
- ³ Az előbbi hármat az alacsony elemszám miatt gyors ugrások tarkítják a 2016–2021 közötti időszakban.

IRODALOM

- AVDEEV & Co. (2021). *Oil And Gas Extraction: average industry financial ratios for U.S. listed companies*. Avdeev&Co. Online: <https://www.readyratios.com/sec/industry/13/>
- BOROS E. (2020). *Az éghajlatváltozás a bankokat is eléri? – Klímakockázatok a hitelintézeti stressztesztekben*. MNB
- BRAINARD, L. (2020). *Strengthening the Financial System to Meet the Challenge of Climate Change*. The Financial System & Climate Change: A Regulatory Imperative, Washington DC: USA. 2020. december 18-án tartott előadása
- BREITENFELLNER, A., POINTER, W., SCHUBERTH, H. (2019). *The potential contribution of central banks to green finance*. Vierteljahrshfte zur Wirtschaftsforschung 88. (2019), 2. pp. 55–71, <https://doi.org/10.3790/vjh.88.2.55>
- BUCHNER, B., CLARK, A., FALCONER, A., MACQUARIE, R., MEATTLER, C., TOLENTIN, R., WETHERBEE, C. (2019): *Global Landscape of Climate Finance 2019*. Climate Policy Initiative
- CAMPIGLIO, E. (2016). Beyond carbon pricing: The role of banking and monetary policy in financing the transition to a low-carbon economy. *Ecological Economics* 121., pp. 220–230, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.020>
- CAMPIGLIO, E., DAFERMOS, Y., MONNIN, P., RYAN-COLLINS, J., SCHOTTEN, G., TANAKA, M. (2018): Climate change challenges for central banks and financial regulators. *Nature Climate Change* 8., pp. 462–468, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0175-0>
- CŒURÉ, B. (2018). *Monetary policy and climate change*. Scaling up Green Finance: The Role of Central Banks. Berlin, Germany, 2018. november 8-án tartott előadása
- GYURA G. (2020a). Klímakockázatok és üzleti lehetőségek – Beszámoló a 2019 novemberében Budapesten megtartott Nemzetközi Zöld Pénzügyi Konferenciáról. *Hitelintézeti Szemle* 19., 1. 188–191. oldal
- GYURA G. (2020b). Mennyire felelősek ténylegesen bankjaink? *MNB*
- HARVEY, F. (2012). Sir David King: quantitative easing should be aimed at green economy. *The Guardian*. Online: <https://www.theguardian.com/environment/2012/jun/26/david-king-quantitative-easing-green>

- MATIKAINEN, S., CAMPIGLIO, E., ZENGHELIS, D. (2017). *The climate impact of quantitative easing*. Policy Paper. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment
- MCKIBBIN, W., MORRIS, A., PANTON, A. J., WILCOXEN, P. J. (2017). Climate change and monetary policy: Dealing with disruption. *CAMA Working Paper 77/2017*. The Brookings Institution
- MIHÁLOVITS Z., TAPASZTI A. (2018). Zöldkötvény, a fenntartható fejlődést támogató pénzügyi instrumentum. *Pénzügyi Szemle*, 63/3. 312–327. oldal
- MODIGLIANI, F., MILLER, M. H. (1958). The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. *American Economic Review* 48., 3. pp. 261–297
- ROBINSON, P. R. (2006). Petroleum Processing Overview. In: Hsu C. S., Robinson P. R. (eds) *Practical Advances in Petroleum Processing*. Springer, New York, NY
- ROZENBERG, J., HALLEGATTE, S., PERRISSIN-FABERT, B., HOURCADE, J.-C. (2013). Funding low-carbon investments in the absence of a carbon tax. *Climate Policy* 13., 1., pp. 134–141, <https://doi.org/10.1080/14693062.2012.691222>
- RUDEBUSCH, G. D. (2019). Climate Change and the Federal Reserve. *FRBSF Economic Letter*, 9. San Francisco, USA.
- SCHEID, B. (2020). S&P 500 returns to halve in coming decade – Goldman Sachs. *S&P Global Market Intelligence*, Online: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/s-p-500-returns-to-halve-in-coming-decade-8211-goldman-sachs-59439981>
- SHARPE, W. F. (1964). *Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk*. *The Journal of Finance* 19., 3. pp. 425–442, <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>
- SPENCER, T., STEVENSON, J. (2013). EU Low-Carbon Investment and New Financial Sector Regulation: What Impacts and What Policy Response? *IDDRI Working Papers* 4., p. 13
- STERN, N. (2006). What is the Economics of Climate Change? *World Economics* 7., 2. pp. 1–10
- TÓTH, B., LIPPAI-MAKRA, E., SZLÁDEK, D., KISS, G. D. (2021). Az ESG-információk hozzájárulása az európai bankok pénzügyi stabilitásához. *Pénzügyi Szemle*, 66(3), 440–461. oldal, https://doi.org/10.35551/PSZ_2021_3_7
- TUTTLE, R. (2019). Alberta's potential new refinery to reduce oil glut may only end up giving it a gasoline glut instead. *Financial Post*. Online: <https://financialpost.com/commodities/energy/if-you-cant-pipe-it-refine-it-alberta-seeks-oil-glut-solution>
- VERMEULEN, R., SCHETS, E., LOHUIS, M., KÖLBL, B., JANES, D.-J., HEERINGA, W. (2018). An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands. *DNB Occasional Studies* 16., 7. De Nederlandsche Bank
- WEITZMAN, M. L. (2014). Can Negotiating a Uniform Carbon Price Help to Internalize the Global Warming Externality? *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 1(1-2), pp. 29–49, <https://doi.org/10.1086/676039>
- ACPR (2019). French banking groups facing climate change-related risks. *Analyses et synthèses*, No. 101. Banque de France, Paris, France
- BoE (2019). The 2021 biennial exploratory scenario on the financial risks from climate change, *Discussion Paper December 2019*, Bank of England, London, UK

Erste (2021). *MOL – Piaci információk*. Online: <https://www.erstemarket.hu/termek/98/MOL>, Letöltve: 2021. 04. 01.

FED (2020). *Financial Stability Report – November 2020*

Fitch (2021). Fitch Ratings Raises Short-Term Oil and Gas Price Assumptions. *Fitch Ratings*, Online: <https://www.fitchratings.com/research/corporate-finance/fitch-ratings-raises-short-term-oil-gas-price-assumptions-17-03-2021>, Letöltve: 2021. 04. 08.

CBRC (2012). *Notice of the CBRC on Issuing the Green Credit Guidelines*. China Banking Regulatory Commission

EBA (2021). Mapping climate risk: Main findings from the EU-wide pilot exercise, EBA/Rep/2021/11

EU (2016). *Consolidated version of the Treaty on the Functioning of the European Union-Part Three, Title VII, Chapter 2, Article 127*

IPCC (2018). Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. IPCC.

LMA (2019). *Sustainability Linked Loan Principles*. Loan Market Association. Online: <https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/LMASustainabilityLinkedLoanPrinciples-270919.pdf>

MNB (2021). Tájékoztató a lakáscélú Zöld Tőkekövetelmény-kedvezmény Program feltételeiről. *MNB*. Online: <https://www.mnb.hu/letoltes/tajekoztato-lakascelu-zold-toke-kedvezmeny.pdf>

MOL (2019). *Konzolidált Éves Jelentés*. MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt. Online: https://molgroup.info/storage/documents/publikaciok/eves_jelentesek/2019/mol_group_annual_report_2019_hun.pdf

NGFS (2018). *NGFS First Progress Report*. Network for Greening the Financial System Online: <https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/818366-ngfs-first-progress-report-20181011.pdf>

NGFS (2020). *Guide for Supervisors Integrating climate-related and environmental risks into prudential supervision*. Network for Greening the Financial System. Online: https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_guide_for_supervisors.pdf

NGFS (2021). *Membership*, Online: <https://www.ngfs.net/en/about-us/membership>, Letöltve: 2021. 11. 02

Statista (2020). *Value of sustainable debt issued worldwide from 2017 to 2019, by type*, Online: <https://www.statista.com/statistics/1149343/global-sustainable-debt-issuance-by-type/>

Trading Economics (2021). *Hungary Government Bond 10Y*. Online: <https://tradingeconomics.com/hungary/government-bond-yield>. Letöltve 2021. 03. 24.

UN (2017). *On the Role of Central Banks in Enhancing Green Finance*. Inquiry Working Paper 17/01. United Nations Environment Programme

A közigazgatásban végzett ellenőrzési tevékenységek értékelése az ellenőrzési típusokra összpontosítva

A V4 országainak közszférájában alkalmazott gyakorlat

Lenka Hudáková Stašová

Kassai Műszaki Egyetem

lenka.hudakova.stasova@tuke.sk

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat a számvevőszékek által a közigazgatásban végzett ellenőrzéseket veszi górcső alá. Célja a visegrádi csoport (V4) legfőbb ellenőrzési intézményei által végzett tevékenység értékelése az ellenőrzések típusaira összpontosítva (megfelelőségi ellenőrzések, teljesítmény-ellenőrzések, pénzügyi ellenőrzések) 2005 és 2020 közötti időszakban. A felállított hipotézisek tesztelésére a Pearson-féle és a Spearman-féle korrelációs együtthatót használtuk. A tanulmány az elvégzett ellenőrzések száma, az ellenőrzés megállapításai, ajánlásai és az ellenőrzött intézkedéseinek száma közötti kapcsolatot vizsgálja. Szlovákiában és Magyarországon a megfelelőségi ellenőrzések túlsúlyban vannak. A teljesítményellenőrzések aránya ugyanakkor fokozatos növekszik. A legtöbb teljesítményellenőrzést a Csehországban végezték. Az elemzés szignifikáns kapcsolatot talált az elvégzett teljesítményellenőrzések száma és az számvevői ajánlások száma között Lengyelországban és Magyarországon. Lengyelországban és Csehországban emellett szignifikáns kapcsolat áll fenn az elvégzett teljesítményellenőrzések és az ellenőrzési megállapítások száma között.

KULCSSZAVAK: számvevőszék, teljesítmény-ellenőrzés, megfelelőségi ellenőrzés

JEL-KÓDOK: H83, H72

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_8

A dolgozat a számvevőszékek által a közigazgatásban végzett ellenőrzési tevékenységek értékelésére fókuszál. Meghatározott hatáskörében a számvevőszék a legfőbb ellenőrzési intézmények nemzetközi normáin alapuló szabványok szerint megfelelési, teljesítmény- és pénzügyi ellenőrzéseket végez.

Az állam megfelelő működéséhez független és objektív visszacsatolás szükséges. Ezek az információk fontosak a parlamentek és kormányok számára, amelyek a számvevőszékek fő partnerei, valamint a nagyközönség számára is. A számvevőszék viszonylag erős pozícióban van, ami nemcsak abból fakad, hogy független a végrehajtó hatalomtól, hanem – és ez talán még fontosabb – abból is, hogy hosszú ideje megbízható, professzionális és hiteles partnernek és információforrásnak bizonyul. A számvevőszék létezése a legtöbb országban közvetlenül az alkotmányon alapul, amely garantálja a függetlenségét a törvényhozó, a végrehajtó és a bírói hatalomtól. Így a számvevőszék a parlamentáris demokrácia pótolhatatlan elemét jelenti. Az ellenőrzési tevékenységét meghatározott terv szerint végzi. Dolgozatunk célja a legfőbb ellenőrzési intézmények által végzett tevékenység értékelése, a V4-országokban végzett ellenőrzések típusaira összpontosítva.

AZ IRODALOM ÁTTEKINTÉSE

A legfőbb ellenőrzési intézmények fontos szerepet töltenek be a közigazgatás elszámoltathatóságának nyomon követésében és fenntartásában, amelynek során főleg a közszféra szervei által készített beszámolók ellenőrzésére összpontosítanak, valamint arra, hogy felmérjék azok hitelességét és megfelelését, miközben tanácsot adnak és teljesítmény-ellenőrzéseket végeznek. A legfőbb ellenőrzési intézmények nemzetközi szervezete által kiadott szabványok útmutatással szolgálnak annak az értéknek a megértéséhez, amelyet a legfőbb ellenőrzé-

si intézmények teremtenek az állampolgárok, a parlamentek és egyéb érdekeltek számára. A legfőbb ellenőrzési intézmények feladata, hogy vizsgálják és számonkérjék a közigazgatás hatékonyságát és eredményességét (Cordery & Hay, 2019; Noore, 2013).

A demokráciákban a legfőbb ellenőrzési szervek a kormányzati hatáskör gyakorlását is vizsgálják. Ennek a fontos funkciónak a betöltéséhez nagyfokú függetlenségre van szükségük. A jelenlegi gyakorlatban a legfőbb ellenőrzési intézmény által végzett teljesítmény-ellenőrzésnek a kormányra és a kormány irányelveinek végrehajtására is ki kell terjednie (Triantafyllou, 2020). A közigazgatásban végzett ellenőrzések jelentősen hozzájárulnak az állami erőforrások megfelelő felhasználásának értékeléséhez és az állam gazdasági és társadalmi céljainak eléréséhez. A legfőbb ellenőrzési intézmények garantálják az állami erőforrások létrehozásának, elosztásának és felhasználásának hatékonyságát, eredményességét és törvényességét (Isaev et al., 2021). Ezek az intézmények nélkülözhetetlenek a közszféra számára, mivel felügyelik a közpénzek felhasználását, és biztosítják az elszámoltathatóságot (Bonollo, 2019). A legfőbb ellenőrzési intézmények elsődleges szerepe az államháztartás kezelésének és elszámoltathatóságának vizsgálata, és az érdekeltek elvárják, hogy az ellenőrzéseket szakszerűen és kompetens módon végezzék, ami a kötelességük (Julianto et al., 2021).

A legfőbb ellenőrzési intézmény olyan nélkülözhetetlen szervezet, amely elszámoltatja a kormányzatot az államháztartást érintő intézkedéseiről és döntéseiről, különösen az államadosság emelkedő szintje miatt (Cordery & Hay, 2021). A kormányzati szervek külső ellenőrzései szintén jelentősen befolyásolják a pénzügyi átláthatóságot. Ilyen esetekben a legfőbb ellenőrzési intézmény kiemelt figyelmet fordít az ellenőrök függetlenségére, és arra, hogy az ellenőrzéseket a Legfőbb Ellenőrző Szervezetek Nemzetközi Szerveze-

te (INTOSAI) által kidolgozott szabványoknak és módszereknek megfelelően végezzék (Riadinska, 2020). Az aktualizált INTOSAI-szabványok módszertani alapot biztosítanak mindenfajta közigazgatási ellenőrzés lefolytatásához.

Ezenfelül hitelt érdemlő információkat is kell szolgáltatniuk a közpénzek kezeléséről és felhasználásáról. Ezért figyelembe kell venniük a kormányzati szektor komplexitását a kulturális és nemzeti tényezőkkel együtt, a minőségi közszolgáltatások iránti növekvő igényt, a közszolgáltatások nyújtása közben megjelenő heterogenitást, az érintettek nagy számát és az információk összetettségét. Ebben az értelemben a teljesítmény-ellenőrzések interfészt alkotnak a közszféra szervei és az érintettek között (Pitulice & Stefanescu, 2021; Dragusin et al., 2021).

A legfőbb ellenőrző intézmények a teljesítmény-ellenőrzésekkel hozzájárulnak a gazdaság általános fejlődéséhez, miközben a végső ellenőrzési jelentésekben megfogalmazott ajánlásokkal fokozzák a kormányzati szervek hatékonyságát és eredményességét is. Ezek az intézmények kétféle módon működhetnek: az egyik a német módszer, amely parlamenti intézkedéseken alapul, a másik pedig az angol-szász, amelyben az intézkedéseket az ellenőrzött szerv hajtja végre (Torres et al., 2019). A teljesítmény-ellenőrzések mind demokratikus, mind politikai szempontból nézve megfelelők a közigazgatás számára. A legfőbb ellenőrzési intézmény biztosíthatja az átláthatóság védelmét és a kormány megfelelő működését, mivel meg tudja állapítani, hogy a kormányzati szervek jól működnek-e. Ebben a vonatkozásban mind az INTOSAI, mind a kutatóintézetek lényegesnek tartják a közigazgatási ellenőrzéseket (Svardsten, 2019). A teljesítmény-ellenőrzések jelenlegi tendenciája szerint az ellenőrök igyekeznek nagyobb mértékben bevonni az ellenőrzött szervezetet, a médiát és a parlament képviselőit az ellenőrzések

végrehajtásába, miközben fenntartják az ellenőrzési hatásköreiket. Az ellenőrzött intézmények így együttműködőbb, felelősségteljesebb és nyitottabb módon állnak hozzá az ellenőrök ajánlásaihoz (Parker et al., 2021). Ha az érintettek, nevezetesen a kormány, a parlament, a kormányzati szervek, az állampolgárok és mások értik, hogy a legfőbb ellenőrzési intézmény mire összpontosít a teljesítmény-ellenőrzések során, akkor hajlandók támogatni a tevékenységét (Ahonen & Koljonen, 2020; Jeppesen, 2017). Elméleti szempontból úgy tekinthető, hogy a legfőbb ellenőrzési intézmény független szervként olyan visszajelzéseket képes adni, amelyek támogatják a közigazgatás fejlesztését (Nemec et al., 2016). Mivel a legfőbb ellenőrzési intézmények független szervezetek, az általuk a nyilvános tájékoztatás működésének javítása érdekében kiadott ajánlásokon keresztül tudják befolyásolni az állampolgárok életét (Gorrissen, 2020).

Bár a teljesítmény-ellenőrzéseket sikeresen és gyakran használták, bizonyos szempontokból ellentmondásosak lehetnek (Reichborn-Kjennerud & Johnsen, 2018), és nem mindig tudnak változást elérni az irányelvekben vagy az adminisztratív eljárásokban. Mindazonáltal az ellenőrzött intézmények hasznosnak találhatják őket. A teljesítmény-ellenőrzések érzékelt hasznavehetőségét és hasznosságát az ellenőrzöttek által az ellenőrök szakértelméről alkotott vélemények is befolyásolják: hogy nyitottak-e, és képesek-e kommunikálni, és hogy milyen a végleges ellenőrzési jelentés minősége. Ezek a tényezők befolyásolják az ellenőrzött szervezet azon hajlandóságát, hogy elfogadja az ellenőr által javasolt változtatásokat (Raudla et al., 2016).

A legfőbb ellenőrzési intézmények az OECD számos országában fokozták a kormányzati szervezeteknél végzett ellenőrzéseiket, hogy biztosítsák az ár-érték arányt (Triantafyllou, 2015). Az ellenőröknek nagyobb mértékben ki kellene használniuk a

modern számítástechnika által kínált lehetőségeket az ellenőrzésekben és az ellenőrzési eljárások javítására, beleértve a vizsgálati munkát is, valamint a nemzetközi átláthatóság szintjének emelését (Antipova, 2018). A közigazgatási folyamatok átláthatóságának javítása fontos tényező a kormányzati hatóságok hatékonyabbá tételében (Muratbekova et al., 2017).

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A dolgozat célja a legfőbb ellenőrzési intézmények által végzett tevékenység értékelése, a végzett ellenőrzések típusaira összpontosítva. A V4-országok (Magyarország, Lengyelország, Csehország és Szlovákia) legfőbb ellenőrzési intézményei alkotják az értékelés alapját.

Az értékeléshez a V4-országokat, tehát négy közép-európai országot választottunk, amelyek mindig ugyanannak a civilizációnak a részét képezték, és azonos kulturális, intellektuális és vallási hagyományokkal és értékekkel rendelkeznek.

Az elemzéshez felhasznált adatokat az összes elvégzett ellenőrzésből vettük, miközben három típusra bontottuk őket: teljesítmény-, megfelelőségi és pénzügyi ellenőrzés, majd tovább az ellenőrzési megállapítások teljes euróban kifejezett összege, a szervezetek által tett javító intézkedések teljes száma, az ellenőrök által tett ajánlások száma, valamint az ellenőrzött szervezetek száma szerint minden értékelt évben.

Az összehasonlíthatóság biztosítása érdekében az adatokat felhasználás előtt relatív mutatókra konvertáltuk az egyes számvevőszékek ellenőrzési hatáskörébe tartozó szervezetek teljes száma szerint. A megállapítások volumenére vonatkozó, euróban kifejezett adatokat relatív mutatóra konvertáltuk a konkrét országok gazdaságának mérete szerint (a GDP volume-ne szerint). A megállapítások volumenét mindig az egyes években december 31-én érvényes

aktuális árfolyammal konvertáltuk euróra. Tizenhat éves időszakot (2005–2020) értékeltünk.

Az egyes országok számvevőszékeinek éves jelentéseiből külön gyűjtöttük az adatokat; irányított interjúk sorozatának köszönhetően részletesebb információkat tudtunk gyűjteni – célzott konkrét kérdések feltevésével, melyek célja azoknak a szükséges adatoknak a beszerzése volt, amelyeket alapértelmezés szerint nem tesznek közzé az éves jelentésekben – a számvevőszéki munkatársakkal (Magyarországon a módszertani és a nemzetközi tanulmányok osztályának vezetőjével; Csehországban a kommunikációs osztály vezetőjével; Szlovákiában pedig a kommunikációs és PR-osztály egy munkatársával).

A kitűzött cél elérése érdekében az alábbi kutatási kérdéseket és hipotéziseket fogalmaztuk meg.

KUTATÁSI KÉRDÉSEK:

KK1: A számvevőszék több ellenőrzési megállapítást tesz, ha több megfelelőségi ellenőrzést hajt végre?

KK2: A számvevőszék több ellenőrzési megállapítást tesz, ha több teljesítmény-ellenőrzést hajt végre?

KK3: Az ellenőrök több ajánlást fogalmaznak meg a megfelelőségi ellenőrzésekhez, mint a teljesítmény-ellenőrzésekhez?

KK4: Az ellenőrzött szervezetek több intézkedést tesznek a megfelelőségi ellenőrzésekben, mint a teljesítmény-ellenőrzésekben?

HIPOTÉZISEK:

H1: Ha több megfelelőségi ellenőrzést hajtának végre, akkor több megállapítás, intézkedés és ajánlás születik.

H2: Ha több teljesítmény-ellenőrzést hajtának végre, akkor több megállapítás, intézkedés és ajánlás születik.

A számvevőszékek által az adott országokban végzett ellenőrzési tevékenység (a végre-

hajtott ellenőrzések száma és az ellenőrzések típusai szerinti lebontás) értékeléséhez leíró statisztikákat alkalmaztunk (átlag, medián, mód, standard eltérés).

A Pearson-féle korrelációs együtthatóval elemeztük azokat a hipotéziseket, amelyek szerint statisztikailag jelentős kapcsolat áll fenn a változók között, ha teljesült a normalitás feltételezése, és nem voltak kilengések az adatokban. Ha az adatok nem normálisan oszlottak el, nem parametrikus alternatívát alkalmaztunk, a Spearman-féle korrelációs együtthatót. A Pearson- és a Spearman-féle korrelációs együtthatók két folyamatos változó között mérik a kapcsolatot. A kapcsolat erejét és irányát mérik.

Erősség:

±1 – tökéletes korreláció

±0,50 és ±1 között – erős korreláció

±0,30 és ±0,49 között – közepesen erős korreláció

0,29 alatt – gyenge korreláció

Az irányt az előjel határozza meg: a negatív előjel negatív korrelációt jelez (amikor az egyik forrás növekszik, a másik csökken), a pozitív előjel pedig pozitív korrelációt (az egyik változó növekedése a másik változó növekedését is jelenti).

AZ EREDMÉNYEK ÉS TÁRGYALÁSUK

A számvevőszék teljesítményét először általában értékeltük az elvégzett ellenőrzések volumenének felméréseivel (1–4. táblázat).

Az ellenőrzési tevékenység elvégzéséhez a számvevőszék az ellenőrzések három alapvető típusát alkalmazza: a jogszabályoknak való megfelelés (törvényességi ellenőrzés), a teljesítmény-ellenőrzés és a pénzügyi ellenőrzés. A megfelelés ellenőrzésével a számvevőszék azt vizsgálja, hogy az ellenőrzött tevékenységek megfelelnek-e a vonatkozó törvényeknek, jogszabályoknak, szerződéseknek stb., valamint a ténybeli és formai helyességüket is ellenőrzi olyan mértékben, ami az ellenőrzés tárgyához szükséges. A teljesítmény-ellenőrzések során a számvevőszék felméri azt a hatékonyságot, a gazdaságosságot és az eredményességet, amellyel az ellenőrzött intézmények kezelik az állami költségvetési forrásokat és az állami vagyont, vagy olyan egyéb forrásokat és vagyont, amelyeket a számvevőszék a hatáskörének megfelelően ellenőriz. A pénzügyi ellenőrzésekben a számvevőszék azt vizsgálja, hogy az ellenőrzött szervezetek pénzügyi kimutatásai hitelesen és valóban mutatják-e be az elszámolás tárgyát a jogszabályokkal összhang-

1. táblázat

ELVÉGZETT MEGFELELŐSÉGI ELLENŐRZÉSEK

	SK	CZ	PL	HU
Átlag	0,005	0,014	0,002	0,016
Medián	0,005	0,015	0,002	0,016
Mód	0,008	0,012		0,003
Standard eltérés	0,003	0,002	0,001	0,012
Minimum	0,002	0,009	0,001	0,003
Maximum	0,009	0,017	0,004	0,034
Szám	16	16	16	16

Forrás: saját kidolgozás

2. táblázat

ELVÉGZETT TELJESÍTMÉNY-ELLENŐRZÉSEK

	SK	CZ	PL	HU
Átlag	0,002	0,027	0,004	0,003
Medián	0,001	0,026	0,004	0,003
Mód	0,001	0,021	0,004	0,001
Standard eltérés	0,002	0,005	0,001	0,001
Minimum	0,001	0,021	0,003	0,001
Maximum	0,009	0,034	0,006	0,007
Szám	16	16	16	16

Forrás: saját kidolgozás

3. táblázat

ELVÉGZETT PÉNZÜGYI ELLENŐRZÉSEK

	SK	CZ	PL	HU
Átlag	0,001	0,006	0,00004	0,002
Medián	0,001	0,005	0,00003	0,002
Mód	0,001	0,005	0,00005	0,002
Standard eltérés	0,001	0,002	0,00002	0,001
Minimum	0,000	0,003	0,00001	0,001
Maximum	0,002	0,011	0,0008	0,006
Szám	16	16	16	16

Forrás: saját kidolgozás

4. táblázat

A SZÁMVEVŐSZÉK ELLENŐRZÉSI HATÁSKÖRÉBE TARTOZÓ SZERVEZETEK SZÁMÁHOZ KÉPEST ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

	SK	CZ	PL	HU
Átlag	0,008	0,047	0,007	0,020
Medián	0,007	0,048	0,007	0,015
Mód	0,010	0,053		
Standard eltérés	0,002	0,007	0,002	0,012
Minimum	0,004	0,034	0,005	0,007
Maximum	0,010	0,058	0,009	0,042
Szám	16	16	16	16

Forrás: saját kidolgozás

ban, és hogy megbízható alapot jelentenek-e a központi költségvetés fejezeteinek végső kimutatásaihoz. Ez arra szolgál, hogy ellenőrizzék a központi költségvetési fejezetekben megadott információkat, melyeket a számvevőszék felhasznál a végső kimutatás véleményezésekor. Az egyes közigazgatási szervek elszámolásából és jelentéseiből származó információk a fontos makrogazdasági mutatók részévé válnak, és Szlovákia számvevőszéke segíti ezeknek a mutatóknak a helyes meghatározását.

A megfelelőségi ellenőrzések átlagos száma Magyarországon volt a legmagasabb, és Lengyelországban a legalacsonyabb. A teljesítmény-ellenőrzések átlagos száma Csehországban volt a legmagasabb, és Szlovákiában a legalacsonyabb. A pénzügyi ellenőrzések átlagos száma szintén Csehországban volt a legmagasabb, és Lengyelországban a legalacsonyabb. Az összes elvégzett ellenőrzés átlagos száma a szervezetek számához képest Csehországban volt a legmagasabb, és Lengyelországban a legalacsonyabb.

A HIPOTÉZISEK ÉRTÉKELÉSE

Az első hipotézisben az elvégzett megfelelőségi ellenőrzések száma és a megállapítások, intézkedések és ajánlások volumene közötti kapcsolatot vizsgáltuk. Arra kerestük a választ, hogy a nagyobb számú megfelelőségi ellenőrzés növelné-e az ellenőrzési megállapítások számát, vagy az ellenőrök több ajánlást fogalmaznának-e meg.

H1: Ha több megfelelőségi ellenőrzést hajtanak végre, akkor több megállapítás, intézkedés és ajánlás születik.

Szintén statisztikailag szignifikáns kapcsolat (5–8. táblázat) áll fenn az elvégzett megfelelőségi ellenőrzések száma és az ellenőrök megállapításainak száma között Lengyelországban ($p = 0,004$) és Csehországban ($p = 0,008$).

Statisztikailag szignifikáns kapcsolat állt fenn a megfelelőségi ellenőrzések száma és az ajánlások száma között Lengyelországban ($p = 0,000$) és Magyarországon ($p = 0,001$).

A második hipotézis az elvégzett teljesítmény-ellenőrzések száma és a megállapítások, intézkedések és ajánlások volumene közötti kapcsolatot vizsgálta. Arra kerestük a választ, hogy a nagyobb számú teljesítmény-ellenőrzés növelné-e az ellenőrzési megállapítások számát, vagy az ellenőrök több ajánlást fogalmaznának-e meg.

H2: Ha több teljesítmény-ellenőrzést hajtanak végre, akkor több megállapítás, intézkedés és ajánlás születik.

Statisztikailag szignifikáns kapcsolat állt fenn (9–12. táblázat) a teljesítmény-ellenőrzések száma és az ajánlások száma között Lengyelországban ($p = 0,016$) és Magyarországon ($p = 0,035$). Szintén statisztikailag szignifikáns kapcsolat áll fenn az elvégzett teljesítmény-ellenőrzések száma és az ellenőrök megállapításainak száma között Lengyelországban ($p = 0,0179$) és Csehországban ($p = 0,002$).

Az ellenőrzések mindhárom típusa a maga módszereivel arra a kérdésre igyekszik választ adni, hogy a szervezetre bízott közpénzeket a gazdaságosság, a hatékonyság és az eredményesség elvei szerint használták-e fel. Az ellenőrzések azonban nem egyformák.

Bizonyos országokban a megfelelőségi ellenőrzések vannak túlsúlyban (Szlovákia, Magyarország).

A megfelelőségi ellenőrzés a gazdaságosság, a hatékonyság és az eredményesség elveinek való megfelelést annak értékelésével ellenőrzi, hogy az állami forrásokat helyesen használták-e fel a vonatkozó törvények, jogszabályok és szerződések stb. szerint, és hogy minden szabványt alkalmaztak-e az erőforrások felhasználása során. Az általában érvényes szabályok és normák alkalmazása vagy megsértése jelentős hatást gyakorol a pénzügyek-

5. táblázat

A H1 HIPOTÉZIS ÉRTÉKELÉSE A SZÁMVEVŐSZÉK MAGYARORSZÁGI ELLENŐRZÉSI TEVÉKENYSÉGÉRE VONATKOZÓAN

	Ellenőrzés típusa	Korrelációk	Megfelelőségi ellenőrzés	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	A szervezetek által tett javító intézkedések	Az ellenőrök által tett javaslatok
Spearman-féle együttható	Megfelelőségi ellenőrzés	Korrelációs együttható	1,000	250	037	0,769*
		Szig. (kétoldali)	.	589	939	001
		N	16	8	8	16
	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	Korrelációs együttható	251	1,000	750	535
		Szig. (kétoldali)	589	.	052	215
		N	8	8	8	8
	A szervezetek által tett javító intézkedések	Korrelációs együttható	036	750	1,000	0,893*
		Szig. (kétoldali)	939	052	.	007
		N	8	8	8	8
	Az ellenőrök által tett javaslatok	Korrelációs együttható	0,769*	536	0,894*	1,000
		Szig. (kétoldali)	001	215	007	.
		N	16	8	8	16

* A korreláció 0,01-es szinten szignifikáns (kétoldali).

Forrás: saját kidolgozás

6. táblázat

A H1 HIPOTÉZIS ÉRTÉKELÉSE A SZÁMVEVŐSZÉK LENGYELORSZÁGI ELLENŐRZÉSI TEVÉKENYSÉGÉRE VONATKOZÓAN

	Változók	Korrelációk	Megfelelőségi ellenőrzés	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	A szervezetek által tett javító intézkedések	Az ellenőrök által tett javaslatok
Spearman-féle együttható	Megfelelőségi ellenőrzés	Korrelációs együttható	1,000	-0,086	714	0,807*
		Szig. (kétoldali)	.	872	004	000
		N	16	8	16	16
	A szervezetek által tett javító intézkedések	Korrelációs együttható	-0,086	1,000	771	600
		Szig. (kétoldali)	872	.	071	208
		N	8	8	8	8
	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	Korrelációs együttható	0,715*	771	1,000	0,736*
		Szig. (kétoldali)	004	072	.	003
		N	16	8	16	16
	Az ellenőrök által tett javaslatok	Korrelációs együttható	0,807*	600	0,736*	1,000
		Szig. (kétoldali)	000	208	003	.
		N	16	8	16	16

* A korreláció 0,01-es szinten szignifikáns (kétoldali).

Forrás: saját kidolgozás

**A H1 HIPOTÉZIS ÉRTÉKELÉSE A SZÁMVEVŐSZÉK CSEHORSZÁGI ELLENŐRZÉSI
TEVÉKENYSÉGÉRE VONATKOZÓAN**

Spearman-féle együttítható	Változók	Korrelációk	Megfelelőségi ellenőrzés	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	A szervezetek által tett javító intézkedések	Az ellenőrök által tett javaslatok
	Megfelelőségi ellenőrzés	Korrelációs együttítható		1,000	0,652*	-0,418
Szig. (kétoldali)			.	008	351	959
N			16	16	8	16
Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	Korrelációs együttítható		0,652*	1,000	-0,429	-0,039
	Szig. (kétoldali)		008	.	337	88 915
	N		16	16	8	16
A szervezetek által tett javító intézkedések	Korrelációs együttítható		-0,418	-0,429	1,000	0,964*
	Szig. (kétoldali)		350	337	.	000
	N		8	8	8	8
Az ellenőrök által tett javaslatok	Korrelációs együttítható		015	-0,039	0,964*	1,000
	Szig. (kétoldali)		959	889	000	.
	N		16	16	8	16

* A korreláció 0,01-es szinten szignifikáns (kétoldali).

Forrás: saját kidolgozás

**A H1 HIPOTÉZIS ÉRTÉKELÉSE A SZÁMVEVŐSZÉK SZLOVÁKIAI ELLENŐRZÉSI
TEVÉKENYSÉGÉRE VONATKOZÓAN**

Spearman-féle együttítható	Változók	Korrelációk	Megfelelőségi ellenőrzés	Az ellenőrök által tett javaslatok	A szervezetek által tett javító intézkedések	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában
	Megfelelőségi ellenőrzés	Korrelációs együttítható		1,000	133	650
Szig. (kétoldali)			.	732	058	940
N			16	10	10	16
Az ellenőrök által tett javaslatok	Korrelációs együttítható		133	1,000	217	250
	Szig. (kétoldali)		732	.	576	516
	N		10	10	10	10
A szervezetek által tett javító intézkedések	Korrelációs együttítható		650	217	1,000	200
	Szig. (kétoldali)		058	576	.	606
	N		10	10	10	10
Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	Korrelációs együttítható		-0,021	250	200	1,000
	Szig. (kétoldali)		940	516	606	.
	N		16	10	10	16

Forrás: saját kidolgozás

9. táblázat

A H2 HIPOTÉZIS ÉRTÉKELÉSE A SZÁMVEVŐSZÉK MAGYARORSZÁGI ELLENŐRZÉSI TEVÉKENYSÉGÉRE VONATKOZÓAN

	Változók	Korrelációk	Teljesítmény-ellenőrzés	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	A szervezetek által tett javító intézkedések	Az ellenőrök által tett javaslatok
Spearman-féle együttható	Teljesítmény-ellenőrzés	Korrelációs együttható	1,000	-0,107	-0,393	0,547**
		Szig. (kétoldali)	.	819	384	035
		N	16	8	8	16
	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	Korrelációs együttható	-0,107	1,000	750	536
		Szig. (kétoldali)	819	.	052	215
		N	8	8	8	8
	A szervezetek által tett javító intézkedések	Korrelációs együttható	-0,393	751	1,000	0,893*
		Szig. (kétoldali)	383	052	.	007
		N	8	8	8	8
	Az ellenőrök által tett javaslatok	Korrelációs együttható	0,547**	535	0,893*	1,000
		Szig. (kétoldali)	035	215	007	.
		N	16	8	8	16

* A korreláció 0,01-es szinten szignifikáns (kétoldali). ** A korreláció 0,05-ös szinten szignifikáns (kétoldali).

Forrás: saját kidolgozás

10. táblázat

A H2 HIPOTÉZIS ÉRTÉKELÉSE A SZÁMVEVŐSZÉK LENGYELORSZÁGI ELLENŐRZÉSI TEVÉKENYSÉGÉRE VONATKOZÓAN

	Változók	Korrelációk	Teljesítmény-ellenőrzés	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	A szervezetek által tett javító intézkedések	Az ellenőrök által tett javaslatok
Spearman-féle együttható	Teljesítmény-ellenőrzés	Korrelációs együttható	1,000	0,622**	486	0,627**
		Szig. (kétoldali)	.	017	329	016
		N	16	16	8	16
	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	Korrelációs együttható	0,622**	1,000	771	0,736*
		Szig. (kétoldali)	017	.	072	003
		N	16	16	8	16
	A szervezetek által tett javító intézkedések	Korrelációs együttható	486	771	1,000	600
		Szig. (kétoldali)	329	072	.	208
		N	8	8	8	8
	Az ellenőrök által tett javaslatok	Korrelációs együttható	0,627**	0,736*	601	1,000
		Szig. (kétoldali)	016	003	208	.
		N	16	16	8	16

* A korreláció 0,01-es szinten szignifikáns (kétoldali). ** A korreláció 0,05-ös szinten szignifikáns (kétoldali).

Forrás: saját kidolgozás

A H2 HIPOTÉZIS ÉRTÉKELÉSE A SZÁMVEVŐSZÉK CSEHORSZÁGI ELLENŐRZÉSI TEVÉKENYSÉGÉRE VONATKOZÓAN

	Változók	Korrelációk	Teljesítmény-ellenőrzés	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	A szervezetek által tett javító intézkedések	Az ellenőrök által tett javaslatok
Spearman-féle együttható	Teljesítmény-ellenőrzés	Korrelációs együttható	1,000	0,730*	-0,415	-0,032
		Szig. (kétoldali)	.	002	355	909
		N	16	16	8	16
	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	Korrelációs együttható	0,730*	1,000	-0,429	-0,039
		Szig. (kétoldali)	002	.	337	889
		N	16	16	8	16
	A szervezetek által tett javító intézkedések	Korrelációs együttható	-0,414	-0,429	1,000	0,964*
		Szig. (kétoldali)	355	337	.	000
		N	8	8	8	8
	Az ellenőrök által tett javaslatok	Korrelációs együttható	-0,032	-0,039	0,964*	1,000
		Szig. (kétoldali)	908	889	000	.
			16	16	8	16

* A korreláció 0,01-es szinten szignifikáns (kétoldali).

Forrás: saját kidolgozás

A H2 HIPOTÉZIS ÉRTÉKELÉSE A SZÁMVEVŐSZÉK SZLOVÁKIAI ELLENŐRZÉSI TEVÉKENYSÉGÉRE VONATKOZÓAN

	Változók	Korrelációk	Teljesítmény-ellenőrzés	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	A szervezetek által tett javító intézkedések	Az ellenőrök által tett javaslatok
Spearman-féle együttható	Teljesítmény-ellenőrzés	Korrelációs együttható	1,000	-0,072	050	-0,433
		Szig. (kétoldali)	.	800	898	244
		N	16	16	10	10
	Ellenőrzési megállapítások a GDP vonatkozásában	Korrelációs együttható	-0,072	1,000	200	250
		Szig. (kétoldali)	800	.	606	516
		N	16	16	10	10
	A szervezetek által tett javító intézkedések	Korrelációs együttható	050	201	1,000	217
		Szig. (kétoldali)	898	606	.	576
		N	10	10	10	10
	Az ellenőrök által tett javaslatok	Korrelációs együttható	-0,433	250	216	1,000
		Szig. (kétoldali)	244	516	576	.
			10	10	10	10

Forrás: saját kidolgozás

re, a költségvetésekre, az elszámolásra és az állami és önkormányzati vagyon kezelésére. Bár magától értetődőnek tűnhet, hogy a közigazgatási szervek és szervezetek az elfogadott jogi normák és belső szabályok szerint járnak el, a számvevőszéki ellenőrzések azt mutatják, hogy még bőven van mit javítani, és ebben kulcsszerepet kell vállalniuk a belső ellenőrzéseknek és a belső ellenőrzési rendszereknek.

Az elemzés statisztikailag szignifikáns kapcsolatot talált az elvégzett megfelelőségi ellenőrzések száma és az ellenőrzési megállapítások száma között (Lengyelország, Csehország), valamint az elvégzett megfelelőségi ellenőrzések és az ellenőrök által tett ajánlások között (Lengyelország, Magyarország).

A számvevőszékek munkatársaival készített interjúk során megállapítottuk, hogy a jelenlegi tendencia és stratégiai szándék az, hogy fokozatosan növeljék a teljesítmény-ellenőrzések és a kombinált típusok arányát, hogy jobban lehessen elemezni az állami politikákat, és növelni lehessen a számvevőszékek ellenőrzési tevékenységének hozzáadott értékét. Az értékelt időszakban, 2005 és 2020 között végzett teljesítmény-ellenőrzések többségét Csehországban végezték, a legkevesebbet pedig Szlovákiában.

A végrehajtott ellenőrzések struktúrájában bekövetkezett változás szintén jól tükröződik a megállapítások, az intézkedések és az ajánlások statisztikáiban. A teljesítmény-ellenőrzések lényege más, mint a megfelelőségi vagy pénzügyi ellenőrzéseké. Ezekben az esetekben az ajánlások főleg szisztematikus jellegű problémákra vonatkoznak, és ezeknek a száma objektíve kisebb, mint a számvetési ellenőrzéseké.

A teljesítmény-ellenőrzések nagyobb aránya viszont a megállapítások – és így a javasolt intézkedések és ajánlások – kisebb számában fog tükröződni. Az ajánlások számának csökkenése főleg a ténybeli fókusszal kapcsolatos. Az ajánlásokat jelenleg fokozatosan és egyre inkább szisztematikus intézkedésként határozzák meg, csökkentve a teljes számukat.

A teljesítmény-ellenőrzések végrehajtása során az ÁSZ értékeli az állami források felhasználásának gazdaságosságát, hatékonyságát és eredményességét. A gazdaságosságot azonban nemcsak az áruk, munkák és szolgáltatások legjobb áron történő beszerzésének (vásárlásának) tekintetében értékeli, hanem úgy is, hogy az árura vagy szolgáltatásra egyáltalán szüksége van-e. A számvevőszék azt is felméri, hogy az árukat és szolgáltatásokat észszerű mennyiségben vásárolják-e. A gazdaságosság mellett az ÁSZ a hatékonyságot is értékeli, tehát vizsgálja az inputok és outputok közötti optimális arányt. A közkiadások eredményességének felmérése során megállapítja, hogy teljesültek-e a célok, és ha nem, akkor mi volt ennek az oka. Ezt a fajta ellenőrzést a számvevőszék főleg az állami erőforrások felhasználásának az értékelésére használja, melynek során értékeli az állami politikákat, meghatároz olyan folyamatokat, amelyek kielégítik a kitűzött célokat, felméri az elért célok eredményességét vagy hatékonyságát stb. A megfelelőségi ellenőrzési alapelvek alkalmazása gyakran párosul a megfelelőségi ellenőrzés és a pénzügyi ellenőrzés alapelveivel.

Az elemzés statisztikailag szignifikáns kapcsolatot tárt fel az elvégzett teljesítmény-ellenőrzések száma és az ellenőrök által tett ajánlások száma között (Lengyelország, Magyarország), valamint szintén statisztikailag jelentős kapcsolatot tárt fel az elvégzett teljesítmény-ellenőrzések száma és az ellenőrzési megállapítások száma között (Lengyelország, Csehország).

KÖVETKEZTETÉS

A számvevőszék stratégiai missziója az, hogy objektív információkkal szolgáljon a közpénzek állami kezeléséről. Az ellenőrzési következtetések és vélemények formájában megjelenő outputok célja különösen az, hogy fontos in-

formációkat szolgáltasson a közpénzek kezelésének törvényességéről, eredményességéről, gazdaságosságáról és hatékonyságáról, és ezzel hozzájáruljon a jó gyakorlatok kialakításához.

A számvevőszék és az ellenőrzött szervezetek közötti kölcsönös kommunikáció fontos, ez ugyanis lehetővé teszi, hogy az ellenőrzött szervezetek több intézkedést tudjanak végrehajtani, és a számvevőszék magasabb elvárásokat tudjon támasztani az azonosított eltérések kiküszöbölésére irányuló intézkedések minőségét és hatályát illetően. A jó kommunikáció növeli az ellenőröktől származó ajánlások számát is.

Tevékenysége során az ÁSZ független és objektív visszacsatolást ad. Elengedhetetlen annak biztosítása, hogy az ÁSZ objektív, célzott és átfogó következtetései és ajánlásai ne csak az azonosított helyzetről szóló megállapítások maradjanak, hanem kiváltsák a hiányosságok megszüntetését és a pozitív elmozdulást az állami források és a vagyon kezelésében és a jó gazdálkodási gyakorlatok elősegítésében.

Az ellenőrzések mindhárom típusának az a célja, hogy betartassa a gazdaságosság, a hatékonyság és az eredményesség elveit. Az elemzés segítségével statisztikailag szignifikáns kapcsolatot találtunk az elvégzett megfelelőségi ellenőrzések száma és az ellenőrzési megállapítások száma között (Lengyelországban és Csehországban), valamint az elvégzett megfelelőségi ellenőrzések és az ellenőrök által tett

ajánlások között (Lengyelországban és Magyarországon).

Szlovákiában és Magyarországon a megfelelőségi ellenőrzések túlsúlyban. A jelenlegi tendencia azonban az, hogy fokozatosan növelni kell a teljesítmény-ellenőrzések arányát. A teljesítmény-ellenőrzések jellege más, mint a megfelelőségi vagy pénzügyi ellenőrzéseké. Az ajánlások főleg szisztematikus problémákra vonatkoznak. A legtöbb ilyen ellenőrzést Csehországban végezték. Az elemzés statisztikailag szignifikáns kapcsolatot talált az elvégzett teljesítmény-ellenőrzések száma és az ellenőrök ajánlásainak száma között Lengyelországban és Magyarországon. Szintén statisztikailag szignifikáns kapcsolat áll fenn az elvégzett teljesítmény-ellenőrzések száma és az ellenőrök megállapításainak száma között Lengyelországban és Csehországban.

Az egyes országok közszférének működése között fennállnak bizonyos különbségek. Ezért nem lehetséges egyértelmű következtetéseket levonni az elemzések eredményeiből arra vonatkozóan, hogy a számvevőszék jó, jobb vagy kevésbé jó eredményeket ér el az adott országokban. Az elemzés eredményei inkább leíró jellegűek, és átfogó értékelést alkotnak.

A közigazgatásban fennálló kontroll tág teret kínál további elemzésekhez. Az ilyen elemzések eredményei mindenképpen jó segédeszközt és támogatást jelentenek az ellenőrök számára a közszférében végzett munkájuk során. ■

IRODALOM

AHONEN, P., KOLJONEN, J. (2020). The contents of the National Audit Office of Finland performance audits, 2001–2016: An interpretive study with computational content analysis. *Journal of Public Budgeting, Accounting and Financial Management* 32(1), pp. 49–66, <https://doi.org/10.1108/JPBAFM-11-2018-0138>

ANTIPOVA, T. (2018). Governmental Auditing Systems in Indonesia and Russia. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 724, pp. 159–166, https://doi.org/10.1007/978-3-319-74980-8_15

BONOLLO, E. (2019). Measuring supreme audit institutions' outcomes: current literature and

- future insights. *Public money & management* 39 (7), pp. 468–477,
<https://doi.org/10.1080/09540962.2019.1583887>
- CORDERY C. J., HAY D. (2019). Supreme audit institutions and public value: Demonstrating relevance. *Financial Accountability and Management* 35(2), pp. 128–142,
<https://doi.org/10.1111/faam.12185>
- CORDERY, C. J., HAY, D. C. (2021). Public sector audit in uncertain times. *Financial accountability & management*,
<https://doi.org/10.1111/faam.12299>
- CICEK H. G., DIKMEN S. (2021). External audit and fiscal transparency: An empirical analysis. *Public Administration Issues* 5, pp. 7–26,
<https://doi.org/10.17323/1999-5431-2021-0-5-7-26>
- DRAGUSIN, C. P., PITULICE, I. C., STEFANESCU, A. (2021). Harmonisation and Emergence Concerning the Performance Audit of the EU Member States' Public Sector. Romania's Case. *Sustainability* 13 (7),
<https://doi.org/10.3390/su13073673>
- GORRISSEN E. (2020). The role of the INTOSAI Development Initiative (IDI) in strengthening the capacity and performance of supreme audit institutions in developing countries. *Journal of Public Budgeting, Accounting and Financial Management* 32 (4), pp. 729–733,
<https://doi.org/10.1108/JPBAFM-08-2020-0146>
- ISAEV, E. A., FEDCHENKO, E. A., GUSAROVA, L. V., POLYAKOVA, O. A., VASYUNINA, M. L. (2021). Performance Audit in the Public Sector: Domestic and Foreign Experience. *Estudios de economia aplicada* 39 (6): Special Issue SI,
<https://doi.org/10.25115/eea.v39i6.5317>
- JEPPesen, K. K., CARRINGTON, T., CATASÚS, B., JOHNSEN, Å., REICHBORN-KJENNERUD, K., VAKKURI, J. (2017). The Strategic Options of Supreme Audit Institutions: The Case of Four Nordic Countries. *Financial Accountability and Management* 33 (2), pp. 146–170,
<https://doi.org/10.1111/faam.12118>
- JOHNSEN, Å. (2019). Public sector audit in contemporary society: A short review and introduction. *Financial Accountability and Management* 35 (2): pp. 121–127,
<https://doi.org/10.1111/faam.12191>
- JULIANTO, D., GUNAWAN, K., SUDIARDITHA, I. K. (2021). The role of team collaboration and supervision on auditor performance: work motivation as mediation. *Academy of Strategic Management Journal* 20 (5), pp. 1–12
- MOORE, M. H. (2013). Recognizing public value. Cambridge & London, Harvard University Press
- MURATBEKOVA, Z., AINABEK, K., DAVLETBAYEVA, N. (2017). Public sector audit as a provider of high-quality information on activity of the governments. *Journal of Advanced Research in Law and Economics* 8 (5), pp. 1579–1584,
[https://doi.org/10.14505/jarle.v8.5\(27\).23](https://doi.org/10.14505/jarle.v8.5(27).23)
- PARKER L. D., SCHMITZ J., JACOBS K. (2021). Auditor and auditee engagement with public sector performance audit: An institutional logics perspective. *Financial Accountability and Management* 37 (2), pp. 142–162,
<https://doi.org/10.1111/faam.12243>
- PITULICE I. C., STEFANESCU A. (2021). Harmonisation and emergence concerning the performance audit of the eu member states' public sector. Romania's case. *Sustainability (Switzerland)* 13,
<https://doi.org/10.3390/su13073673>
- RAUDLA, R., TARO, K., AGU, C., DOUGLAS, J. W. (2016). The Impact of Performance Audit on

- Public Sector Organizations: The Case of Estonia. *Public Organization Review* 16 (2), pp. 217–233, <https://doi.org/10.1007/s11115-015-0308-0>
- REICHBORN-KJENNERUD, K., CARRINGTON, T., JEPPESEN, K. K., TARO, K. (2018). A new organisation of public administration: From internal to external control. *Comparative Social Research* 33, pp. 225–243, <https://doi.org/10.1108/S0195-631020180000033015>
- RIADINSKA, V., NESTERENKO, A., KOSTENKO, Y., DERKACH, E. (2020). Recent trends in organization of supreme audit institutions in Ukraine and Poland. *European journal of transformation studies* 8 (2), pp. 198–209
- SLOBODIANYK, Y., SHYMON, S., ADAM, V. (2018). Compliance auditing in public administration: Ukrainian perspectives. *Baltic journal of economic studies* 4 (5), pp. 320–331, <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-5-320-331>
- SVARDSTEN, F. (2019). The ‘front stage’ of substance auditing: A study of how substance auditing is presented in performance audit reports. *Financial Accountability and Management* 35 (2), pp. 199–211, <https://doi.org/10.1111/faam.12190>
- TORRES, L., YETANO, A., PINA, V. (2019). Are Performance Audits Useful? A Comparison of EU Practices. *Administration and Society* 51 (3), pp. 431–462, <https://doi.org/10.1177/0095399716658500>
- TRIAANTAFILLOU, P. (2015). Doing things with numbers: The Danish national audit office and the governing of university teaching. *Policy and Society* 34 (1), pp. 13–24, <https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2015.03.002>
- TRIAANTAFILLOU, P. (2020). Playing a zero-sum game? The pursuit of independence and relevance in performance auditing. *Public Administration* 98 (1), pp. 109–123, <https://doi.org/10.1111/padm.12377>

A szlovák gazdaság és a többi visegrádi négy ország gazdasági ciklusainak összehasonlítása

Eleonóra Matoušková

Pozsonyi Közgazdaságtudományi Egyetem

eleonora.matouskova@euba.sk

ÖSSZEFOGLALÓ

A tanulmány célja a szlovák gazdasági ciklusok összehasonlítása a visegrádi csoport többi országának gazdasági ciklusaival a 2003 és 2021 közötti időszakban. Az elemzés a bruttó hazai össztermék, a munkanélküliségi ráta, valamint az aggregált kereslet egyes összetevőinek az összehasonlításán alapul. A vizsgált időszakban a V4-országokban három növekvő és két csökkenő gazdasági fázis volt megfigyelhető. Az első gazdasági válság 2009-ben ment végbe, oka a globális gazdasági válság volt. A GDP a legnagyobb mértékben Magyarországon csökkent, Szlovákiában és Csehországban kisebb volt a visszaesés. Lengyelországban nem volt visszaesés, csak a növekedés üteme lassult. A koronavírus mind a négy ország gazdaságát negatívan érintette, a GDP mindenütt esett, mértéke Szlovákiában, Csehországban és Magyarországon –5 százalék körül volt, Lengyelországban –2,7 százalék. A kormányok intézkedéseinek és járványhelyzet javulásának köszönhetően 2021 folyamán a gazdasági növekedés mind a négy országban újraéledt.¹

KULCSSZAVAK: gazdasági ciklus, visegrádi országok, bruttó hazai össztermék, aggregált kereslet, államháztartás

JEL-KÓDOK: E32, H6

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_9

Gazdasági ciklus alatt a közgazdasági szakirodalomban hagyományosan a reál bruttó hazai összterméknek (reál GDP-nek) – a potenciális össztermék hosszú távú növekedési trendje körüli – ingadozását értik. A potenciális össztermék növekedése elsősorban a tőkeállomány növekedésétől és a technológiai fejlődéstől függ. Másrésztől a gazdasági aktivitás ingadozását – tehát a reál bruttó hazai összterméknek valamely adott potenciális össztermék körüli ingadozását – keresleti és kínálati sokkok is befolyásolják. Azonban a gazdasági ciklusok természetét és okait illetően a kortárs közgazdasági szakirodalomban egyéb nézetekkel is találkozhatunk.

Az 1980-as évek elején új vélemény jelent meg a gazdasági ciklusok kialakulásának okáról (lásd Ch. Beveridge, Ch. Nelson, J. Campbell, E. Prescott, Ch. Plosser). E szerzők elmélete szerint a ciklusokat a gazdaságban magában jelentkező termelési lehetőségeknek az ingadozása okozza (Plosser, 1989). A reál aggregált kibocsátás ingadozása tehát a gazdasági kibocsátás lehetőségeit tartósan befolyásoló gazdasági sokkok következménye. Ilyen sokk lehet például a termelési tényezők termelékenységének hirtelen és jelentős változása.

A közgazdasági szakirodalomban számos olyan elmélettel találkozhatunk, amelyek a gazdasági ciklusok kialakulását próbálják igazolni. Ezek közül az egyik legjelentősebb Keynes gazdaságciklus-elmélete, amely a keresleti oldalon keresi a gazdasági ciklusok kialakulásának okát. Keynes elméletét az 1930-as évek világválsága idején dolgozta ki, amikor a legtöbb ország mély gazdasági válsággal küzdött. Ez az elmélet a beruházási aktivitás ingadozását tekinti a gazdasági ciklust előidéző legfőbb tényezőnek. Keynes a beruházási tevékenységek instabilitását arra vezette vissza, hogy a versenyszférában váltakozva jelentkezik pesszimista és optimista hangulat, amely tényre további indoklást nem nyújtott. Ha a beruházások – beszerzési költséghez viszonyított

– jövőbeli megtérülésébe vetett vállalkozói bizalom csökken, akkor az a beruházások iránti kereslet csökkenéséhez vezet (Keynes, 1963). A gazdasági ciklusok kibontakozásának eredetére és mechanizmusára vonatkozóan magyarázatot találhatunk a gyorsító- és szorzómodellek kombinációjának alkalmazásával is. Ezt az elméletet használják fel a keynesi közgazdászok, amikor megindokolják, hogy miért ingadozik a gazdaságban végrehajtott beruházások mennyisége, instabilitást okozva a gazdasági rendszerben. Ennek a koncepciónak a fő képviselője az ismert közgazdász és szerző, *Samuelson* (1939).

A monetaristák szerint a gazdasági ciklusokat a forgalomban lévő pénzmennyiséget szabályozó helytelen központi banki monetáris politika okozza. Gazdasági ciklust indíthat el valamilyen külső monetáris sokk, amely megváltoztatja az aggregált keresletet. A reálbérek változásához alkalmazkodnak a vállalkozások, aminek következtében a rövid távú aggregált kínálatban is változások lépnek fel. Mivel az egyes gazdasági szereplők pénz iránti kereslete hosszú ideig stabil, és a piacgazdaság is stabil, ezért – *M. Friedman* (1968) véleménye szerint – a gazdaság ingadozásait és zavarait legfőképp a pénztömeg mennyiségében fellépő éles változás okozza. Ezeket a rendellenességeket pedig exogén hatások, például állami beavatkozások váltják ki. Az Egyesült Államokban 1867 és 1960 között a termelés legnagyobb visszaesése mindig akkor következett be, amikor azt megelőzőleg a központi bank nem megfelelően csökkentette a forgalomban levő pénzmennyiséget (Friedman és Schwartz, 1971).

Az üzleti ciklus egyensúlyi modelljének a koncepciója szerint a gazdasági aktivitás ingadozása nem a makrogazdasági egyensúlyhiány kifejeződése. Az ingadozás alapja az, hogy a különböző piacokon működő vállalkozások vélhetőleg tökéletlen információkkal rendelkeznek. Makrogazdasági ingadozás csak a pénzmennyiség váratlan változásából fakadhat. Ha

a központi bank váratlanul növeli a forgalomban levő pénz mennyiségét, akkor az aggregált kereslet megnő, és ez az árszínvonalat is emeli. Egyes gyártók érzékelik a termékeik árának emelkedését, és úgy vélik, hogy termékeik és szolgáltatásaik iránt a fogyasztói kereslet versenytársaik termékeinek rovására nőtt. Ilyen esetben arra számítanak, hogy a profitjuk a gazdaságban tapasztalható normál profit szintje fölé fog emelkedni (nettó gazdasági profitot érnek el), ami a termelési volumen növelésére sarkallja őket. Ez növeli az aggregált reálkibocsátást a gazdaságban. Amikor azonban a termelők rájönnek, hogy ami történt, az valójában nem a termékeik relatív árának növekedése, hanem a teljes árszínvonal növekedése volt, akkor a termelési mennyiséget az eredeti szintre csökkentik. A központi bank ilyen jellegű stabilizáló monetáris politikája kizárólag az árszínvonal emelkedéséhez vezet (Barro, 1981).

A reálgazdasági ciklusról szóló iskola elmélete az új klasszikus közgazdaságtan keretein belül alakult ki. Ezen iskola képviselői szerint a gazdasági ciklusok a kínálati oldalon jelentkező különféle sokkhatások miatt alakulnak ki, köztük az aggregált termelékenység változása miatt, amelyet nemcsak technológiai változás okozhat, hanem a termeléshez szükséges beviteli oldali árváltozás (energia, nyersanyagok, anyagok stb. árváltozása) is, amely bekövetkezhet az agrárszektorban elért magas vagy alacsony terméshozam, az éghajlati viszonyok javulása vagy romlása, az ökológiai normák változása stb. miatt. Az aggregált termelékenységben jelentkező átmeneti ingadozások áttérjedése egy adott időszakraól a következő időszakra úgynevezett időszakok közötti munkavégzés-helyettesítésen (vagy időszakok közötti szabadidő-helyettesítésen) keresztül történik. Az időszakok közötti munkavégzés-helyettesítés elve magyarázatot ad arra, hogy a munkanélküliség miért csökken az expanziós szakaszban, és miért nő a recessziós szakaszban (Kydland és Prescott, 1982).

A világgazdasági válság kitörése előtt, amely 1929-ben a New York-i tőzsde váratlan összeomlásával indult, és gyorsan áttérjedt más ágazatokra is, a közgazdászok nem számítottak arra, hogy ilyen mély gazdasági sokkok egyáltalán bekövetkezhetnek. A közgazdaságtanban a klasszikus közgazdászok azon nézete érvényesült, hogy a piacgazdaság belsőleg stabil. A közgazdasági gyakorlat megerősítette a teoretikusok véleményét. Bár kisebb recessziók a XIX. század eleje óta előfordultak a világon egyes országok gazdaságában, ezek intenzitása, mélysége és időtartama nem volt jelentős. Az ipari fejlődés időszakát magas gazdasági növekedési ráta, a termelés gyors növekedése, dinamikus munkahelyteremtés, valamint a bevételek gyors növekedése jellemezte.²

A XX. század leghosszabb és legmélyebb válságát az 1930-as évek nagy gazdasági világválsága jelentette, aminek csak a második világháború vetett véget. Az Egyesült Államokban és más országokban a háborús termelés szükségletei, az áruk és szolgáltatások iránti kereslet gyors növekedése szokatlanul magas reál-GDP-növekedést váltott ki (1942-ben csaknem 19 százalékos) (Frank és Bernanke, 2003). Az állami fogyasztás növekedése az aggregált kereslet nagymértékű növekedéséhez vezetett. A második világháború után újra előbukkantak a gazdasági visszaesés, illetve kisebb-nagyobb gazdasági recesszió időszakai, de egyik sem érte el a nagy gazdasági világválság mértékét és intenzitását. Az 1929–1933-as gazdasági válság Szlovákiát (amely akkor Csehszlovákiához tartozott) is súlyosan érintette. Az egyik megoldás az úgynevezett kényszerszindikáció, a kartellek és szindikátusok kötelező létrehozása volt, különösen a könnyűiparban (Horbulák, 2018).

Különösen az 1980-as évek óta figyelhető meg a fejlett országokban a gazdasági ciklusok visszafogottabbá válása, az úgynevezett nagy mérséklődés. A közgazdászok között nincs egyértelmű konszenzus arra vonatkozólag, hogy mivel igazolható e fejlemény. A gazdasági

ciklusok fokozatos mérséklődését általában annak tulajdonítják, hogy a hagyományos, álló-eszköz-intenzív iparágak jelentősége csökkent (Holman, 2004). A helyzet drámaian megváltozott 2008-ban, amikor globális méretű pénzügyi és gazdasági válság következett be. A gazdasági és pénzügyi válságok kérdései hirtelen reflektorfénybe kerültek a közgazdászok, a politikusok és a nagyközönség körében egyaránt. A válság leküzdése után ismét a fellendülés és a gazdasági növekedés időszaka következett.

2020-ban azonban a társadalomnak és a világ gazdaságainak új gazdasági válsággal kellett megküzdeniük, amelyet ezúttal a koronavírus-járvány okozott. Úgy tűnt, hogy a fertőző betegségek és még inkább a globális világjárvány terjedése, amely ekkora méreteket öltött, és megbénította a gazdaságot, nem jelenthet problémát a mai fejlett világban. A járványok a távoli múltban is sok országot érintettek, de talán kevesen gondolták volna előre, hogy a XXI. században ilyen globális probléma ellen fogunk küzdeni.

E cikkben célunk az, hogy az elmúlt tizenkilenc évre visszatekintve értékeljük a szlovák gazdaság fejlődését, és összehasonlítsuk a többi V4-ország gazdaságának fejlődésével. Az összehasonlítás a bruttó hazai termék, a munkanélküliségi ráta és a gazdaság keresleti oldalán az egyes összetevők alakulása alapján történik.

A fő cél elérése érdekében a következő, rész-célként is felfogható kutatási kérdéseket tettük fel:

① A gazdasági ciklus lefutása azonos vagy hasonló volt az egyes V4-országokban a vizsgált időszakban? Milyen mélyen érintette az egyes gazdaságokat a globális pénzügyi és gazdasági válság, valamint a koronavírus-járvány okozta gazdasági válság?

② Hogyan kezelte a szlovák gazdaság és a többi V4-ország gazdasága a világjárvány gazdasági következményeit?

③ Milyen kockázatok merülnek fel a további gazdasági fejlődéssel kapcsolatban a V4-országokban?

A MAKROGAZDASÁGI ALAPMUTATÓ – A BRUTTÓ HAZAI ÖSSZTERMÉK – ALAKULÁSA A V4-ORSZÁGOKBAN

A visegrádi csoport vagy a visegrádi négyek (V4) négy közép-európai ország – Magyarország, Lengyelország, Csehország és Szlovákia – informális csoportja. E közösséget eredetileg 1991-ben alapította három ország, amelyek közül az egyik a ma már nem létező Csehszlovákia volt. Csehszlovákia két különálló országra osztásával az eredeti visegrádi hármas 1993-ban négyekké (V4) alakult. Ezek az országok mindig is azonos civilizációhoz tartoztak, amely azonos kulturális, szellemi, társadalmi-gazdasági és vallási értékeken alapult, amely értékeket ezen országok tovább kívánják fejleszteni. A V4-országok az Európai Unión belül együttműködnek több, számukra közös érdeket jelentő területen is (MIRRI, 2022). Ezért érdekes lehet az általunk vizsgált gazdasági területen nyomon követni és összehasonlítani a fejlődésüket.

„Kiemelt fontosságú a válságok formájában jelentkező gazdasági múlt ismerete, hiszen a korábbi válságok és buborékok természetének ismerete megóv minket sok rossz gazdasági, így pénzügyi döntésektől. Ha ismerjük a válságok és buborékok természetét és kialakulásának körülményeit, az segíthet bennünket jobb pénzügyi döntések meghozatalában” (Csiszárík-Kocsir et al., 2021). Adott gazdasági ciklus lefutása elsősorban a bruttó hazai össztermék (GDP) alakulásával jellemezhető. A gazdaság teljesítménye nyomon követhető továbbá egyéb makrogazdasági kategóriák alapján is, amelyek között szerepel a munkanélküliségi ráta, az aggregált – belföldi, illetve külföldi – kereslet alakulása, a magánfogyasztás és állami fogyasztás, valamint a gazdaság exportteljesítménye és importintenzitása.

A közgazdászok, a politikusok és a közvélemény szorosán figyelemmel kíséri a nemzetgazdasági össztermék (bruttó hazai össz-

termék) alakulását, hogy vajon növekszik-e a kibocsátás. Ettől azt várják, hogy az emberek életszínvonalának és életminőségének javulását eredményezi majd. A gazdasági növekedés fontos, de nem elégséges feltétele a fejlődésnek. Még gyors növekedés mellett is mérsékeltebb lehet a gazdasági fejlődés, és még mérsékelt kibocsátásnövekedés is nagyobb életminőség-javulást idézhet elő (Kocziszky és Szendi, 2021).

„2004. május 1. – az a nap, amikor az EU tíz új országgal bővült, köztük a V4-országokkal. Kijelenthető, hogy a V4-országok jelentős civilizációs ugrást hajtottak végre. Jelentőségük nemzetközi szinten nemcsak a gazdasági, hanem a politikai és nemzetközi biztonság területén is megnőtt” (Blaszcyk, 2022).

Amint az 1. táblázatban látható, Szlovákiában 2003–2008 között magas, átlagosan évi 6,6 százalékos gazdasági növekedés volt tapasztalható.

A legnagyobb GDP-növekedési rátát 2007-ben regisztrálták, amikor a gazdaság 10,7 százalékkal bővült. A V4-országok közül 2003–2008-ban Szlovákia érte el a legmagasabb reál-GDP-növekedést. Gazdasági növekedésről számolt be Csehország és Lengyelország is, de az éves GDP-növekedési ráta alacsonyabb volt Szlovákiához képest (Csehországban 5 százalék, Lengyelországban 4,9 százalék volt átlagosan). E három országtól eltérően Magyarországon a gazdasági fejlődés valamivel kedvezőtlenebb volt még a pénzügyi világválság előtti időszakban is. Bár a magyar gazdaság 2003–2006-ban átlagosan évi 4,2 százalékos növekedést mutatott, ez 2007-ben már 0,5 százalékra, 2008-ban pedig 0,9 százalékra csökkent.

2008 végén az eredetileg az Egyesült Államokban kitört pénzügyi és gazdasági világválság áterjedt az uniós országokra is. Szlovákiában ebben az évben még 5,4 százalékkal nőtt

1. táblázat

**A REÁL-GDP ALAKULÁSA A V4-ORSZÁGOKBAN
(ÉVENKÉNTI VÁLTOZÁS SZÁZALÉKBAN)**

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Szlovákia	5,4	5,2	6,5	8,5	10,7	5,4	-5,5	5,9	2,8
Lengyelország	3,6	5,1	3,5	6,2	7,2	3,9	2,8	3,7	4,8
Magyarország	3,8	4,8	4,3	4,0	0,5	0,9	-6,7	1,1	1,9
Csehország	3,6	4,9	6,4	6,9	5,5	2,7	-4,7	2,4	1,8
EU	1,5	2,5	2,0	3,4	3,1	0,5	-4,3	2,2	1,8

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Szlovákia	1,9	0,7	2,6	4,8	2,1	3,0	3,7	2,5	-4,8	3,0
Lengyelország	1,3	1,1	3,4	4,2	3,1	4,8	5,4	4,7	-2,7	5,9
Magyarország	-1,4	1,9	4,2	3,8	2,1	4,3	5,4	4,6	-5,0	7,1
Csehország	-0,8	0,0	2,3	5,4	2,5	5,2	3,2	3,0	-5,8	3,3
EU	-0,7	0,0	1,6	2,3	2,0	2,8	2,1	1,6	-6,1	5,4

Forrás: Eurostat

a bruttó hazai össztermék, de 2009-ben a gazdasági recesszió teljes mértékben megmutatkozott. A GDP 5,5 százalékkal csökkent, a kedvezően fejlődő gazdaság, a magas növekedési mutatók visszaestek. Szlovákia ipari régióinak egyenetlen fejlődése a gazdasági válságok idején mindig romlik, ami ebben a válságban is megmutatkozott (Horbulák, 2018). Ösztönözni kellett a gazdasági növekedést, ugyanakkor el kellett kerülni az államadósság túlzott növekedését. A kormány igen nehéz feladata az volt, hogy megteremtse az egyensúlyt a gazdasági növekedés, a munkanélküliségi ráta csökkentése, a társadalmilag elviselhető intézkedések és az államadósság csökkentése között (Obadi, 2013).

A gazdasági recesszió 2009-ben teljes egészében megmutatkozott a V4-országokban, a GDP Magyarországon esett vissza a legnagyobb mértékben (–6,7%), ezt követte Szlovákia (5,5%) és Csehország (–4,7%). A gazdasági visszaesés elkerülte Lengyelországot, ahol a növekedés csak lassult, és 2,8 százalékra állt be.

Már a következő évben, 2010-ben fellendülés következett be a szlovák gazdaságban (5,9 százalékos GDP-növekedés). A növekedésnek ez az újra kialakuló tendenciája azonban lelassult a következő években. A szlovák gazdaság lényegesen alacsonyabb növekedési értéket ért el, mint a válság előtt. Ennek egyik oka egy újabb, bár enyhébb uniós recesszió megjelenése volt, amelyet az euróövezet perifériáján levő országok adósságválsága és a monetáris unió továbbfejlesztésével kapcsolatos félelmek okoztak.³ Bár Szlovákia ebben az időszakban nem lépte túl az államadósság ajánlott értékeit, az euróövezet kedvezőtlen és bizonytalan helyzete negatívan befolyásolta a gazdasági növekedési értékeit. Még a következő években sem tért vissza a válság előtti magas növekedési ütem. A válság utáni időszakban a bruttó hazai össztermék átlagosan mindössze 3 százalékkal nőtt évente. A munkatermelékenység növekedése

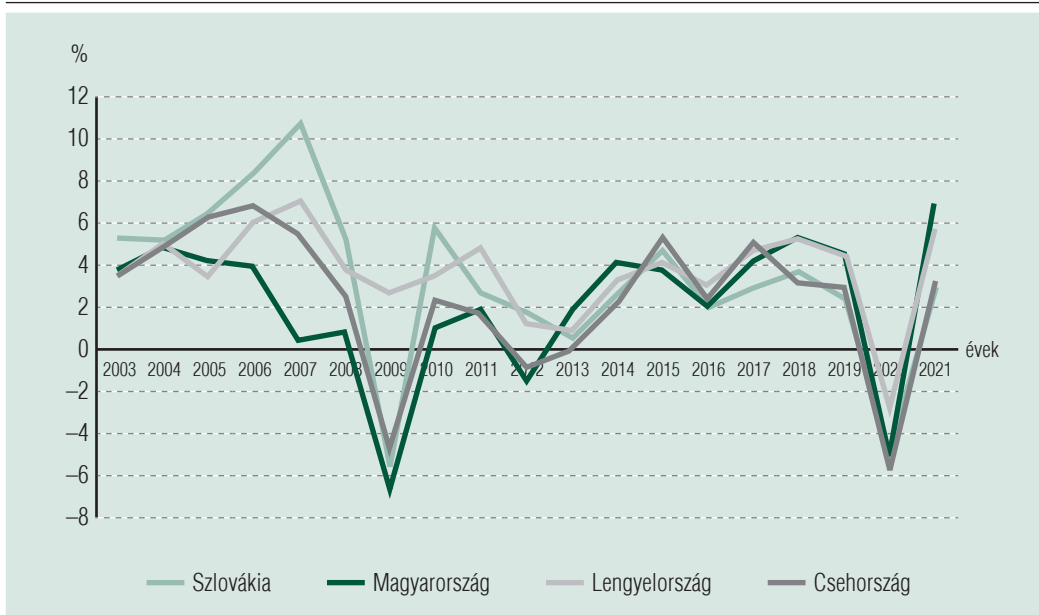
lelassult, és a szlovák gazdaság reálkonvergenciája – vagyis felzárkózása az EU-27 gazdaságainak (különösen a fejlettebb első tizenöt uniós országnak) a szintjéhez –, szintén stagnálásnak indult (Frank & Morvay et al., 2019).

2010–2013-ban Szlovákia és Lengyelország újra a fellendülés és a növekedés pályájára lépett, de az éves GDP-növekedés lényegesen alacsonyabb volt, mint a globális pénzügyi válság előtti időszakban (amikor átlagosan 2,8 százalékos körüli volt). Csehország és Magyarország 2012-ben gyenge recessziót mutatott. A cseh bruttó hazai össztermék 0,8 százalékkal csökkent 2012-ben, és a cseh gazdaság még 2013-ban is nulla GDP-növekedést regisztrált. A magyar GDP 2012-ben 1,4 százalékkal csökkent. Az 1. ábrán látható, hogy a 2014–2019 közötti időszakban minden V4-országban nőtt a GDP.

2020-ban a koronavírus-világjárvány érintette a világot és benne minden uniós tagországot, ami súlyos következményekkel járt a gazdaságukra nézve. Az emberek egészségének COVID-19 elleni védelme miatt bezártak számos vállalkozást, különösen a vendéglátási ágazatban, valamint szállodákat, a szolgáltatókat és az üzletek egy részét. Ez a hirtelen jött kínálati sokk negatívan befolyásolta ezen országok gazdaságának teljesítményét. A munkavégzés, illetve a vállalkozási tevékenység korlátozásával érintett személyek jövedelmének elmaradása vagy csökkenése következtében visszaesett a kereslet, ami tovább rontotta a gazdaság fejlődését. A gazdaságok a visszaesés következő szakaszába érkeztek. Újabb gazdasági válság volt.

„A világjárvány legfontosabb jellemzője, hogy többdimenziós. A 2008-as pénzügyi válság hatásainak kezelése során a dominóeffektus elkerülése és a működőképes bankrendszer fenntartása érdekében a bankok megsegítésére összpontosultak az erőfeszítések. A világjárvány idején az egészségvédelemre összpontosult a figyelem, elsősorban a fertőzés terjedését korlátozták a gyártási, a szolgáltatási, az oktatási,

A REÁL-GDP ALAKULÁSA SZLOVÁKIÁBAN, MAGYARORSZÁGON, LENGYELORSZÁGBAN ÉS CSEHORSZÁGBAN (ÉVENKÉNTI SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁS)



Forrás: Eurostat

valamint a szórakoztató tevékenységek leállításával, továbbá a lakosságot érintő rendeletekkel és tilalmakkal. Másrészt erőfeszítéseket tettek a vállalati csődök és a munkahelyek elvesztésének megakadályozására (Wójcicki, 2022).

A 2020-as koronavírus-világjárvány a V4-ek közül mindegyik ország gazdaságát érintette, és a reál-GDP mindegyik országban csökkent. A GDP visszaesése Szlovákiában, Magyarországon és Csehországban 5 százalék körüli, míg Lengyelországban kisebb (2,7%) volt.

A VILÁGJÁRVÁNY OKOZTA VÁLSÁG GAZDASÁGI HATÁSAINAK ENYHÍTÉSE ÉRDEKÉBEN HOZOTT INTÉZKEDÉSEK A V4-EKNÉL

A válság gazdasági hatásainak mérséklése és a gazdaság élénkítése érdekében már 2020 tavaszán intézkedéseket hozott mindegyik V4-or-

szág kormánya. Ezek a csomagok sok tekintetben hasonlóak voltak, mivel a kormányok a világjárvány következtében a gazdasági szférában felmerült, azonos jellegű problémákat próbálták kezelni. Intézkedéseik főként a munkavállalók, a vállalkozók és az egyéni vállalkozók megsegítésére irányultak. Bizonyos pontokon ezek az intézkedések különböztek vagy a nyújtott források aránya, vagy a nyújtott támogatások konkrét formája szerint. A számos intézkedés közül most kiemeljük azokat, amelyeket jelentősnek tartunk, és amelyekről úgy gondoljuk, hogy ezek segítették leginkább a gazdaságok fellendülését.

A Szlovákiában hozott intézkedések

►Az állam a munkavállalók fizetésének 80 százalékát megtérítette azoknak a cégeknek a részére, amelyek tevékenysége megszűnt.

▶Az állam hozzájárulást nyújtott a bevételcsökkenést tapasztaló kereskedők részére.

▶A „SIH koronavírus elleni garancia” pénzügyi eszközt alkalmazták, amely kedvezményes áthidaló hitelek nyújtását tette lehetővé kis- és közép vállalkozások számára. Ennek célja a munkahelyek és a működés fenntartása volt, a válsághelyzet ellenére. A hitel maximális összege a társaság 2019. évi teljes forgalmának 50 százaléka volt.

▶Az állam pénzügyi támogatást nyújtott banki hitelgarancia és banki kölcsön utáni kamatfizetés formájában.

▶A munkáltatói hozzájárulások befizetésének halasztását engedélyezték 40 százalékos meghaladó bevételcsökkenés esetén.

▶Jelző- és hiteltörlesztések halasztását engedélyezték (Vláda SR, 2021).

Magyarországon hozott intézkedések

▶A magyar kormány a világjárvány kezdetén két alapot hozott létre a koronavírus-járvány hatásainak enyhítésére: a foglalkoztatás fenntartását, a munkahelyteremtést és a gazdaság fellendítését szolgáló Gazdasági Támogatási Alapot, valamint a Járvány megelőzési Alapot.

▶Az úgynevezett „Kurzarbeit” bevezetése, miközben a bevételkiesést az állam megtérítette. Az állami hozzájárulás maximális összege a munkavállaló fizetésének 70 százaléka volt.

▶A pénzügyi intézmények kötelező adójának bevezetése a vészhelyzet idején, amelynek mértéke az adóalap 0,19 százaléka volt.

▶Kötelező adó bevezetése a kiskereskedelmi ágazatban, amelynek mértékét a nettó éves forgalomhoz viszonyítva határozták meg.

▶A kollektív befektetési alapok és a nyugdíjpénztárak ötéves törlesztési futamidővel vehettek fel hitelt az Államkincstártól.

▶Hitelekre nyújtott állami garancia, akár 90 százalékos mértékig.

▶Hitelprogram 2,5 százalékos kamattal.

▶A társadalombiztosítási ráta csökkentése.

▶A szolgáltató vállalkozások (turizmus, vendéglátás, szórakoztatás) mentesültek az adófizetés alól (Hajnal & Kovács, 2020), (Smetanková & Krček & Tetourová, 2020).

A Csehországban hozott intézkedések

▶A foglalkoztatás megtartásának elősegítése. Kompenzációt nyújtottak azoknak a munkáltatóknak a költségeire, amelyeknek az alkalmazottai esetében karantén vagy elkülönítés elrendelésére került sor. A hozzájárulás mértékét a költségek 80 százalékában határozták meg. Karantén esetén a munkavállaló a kereset 60 százalékának megfelelő bérkompenzációt kapott. A munkáltatónál felmerült akadályoztatás esetén a munkáltató a kifizetett bérkompenzáció 60 százalékának megfelelő hozzájárulást igényelhetett, beleértve a biztosítási díjakat is (Smetanková & Krček & Tetourová, 2020).

▶Vállalkozók támogatására szolgáló program. A vállalkozók és cégek jogosultak voltak a támogatásra, ha árbevételek legalább 30 százalékkal csökkentek, és fennállt a veszélye annak, hogy nem tudják fedezni a költségeiket, és veszteségessé válnak. A támogatás a társaság nem fedezett költségeinek 40 százalékát tette ki.

▶Beruházások a közlekedési és vízügyi infrastruktúrába.

▶A költségvetési felelősségre vonatkozó szabályok lazítása (Vláda ČR, 2021).

A Lengyelországban hozott intézkedések

▶A kormány 6,5 milliárd eurót irányzott elő a munkahelyek védelmére. Állásidő vagy a munkaidő csökkentése esetén az állam pótolta a társadalombiztosítási járulékot.

▶Az egyéni vállalkozók 455,7 euró egyszeri hozzájárulásban részesültek.

▶Pénzügyi (akár vissza nem térítendő) támogatás a vállalkozások számára, ha megőrzik a munkahelyeket.

▶Hitelekre nyújtott állami garanciák.

▶Lehetőség a hitelek halasztott törlesztésére.

▶A vállalkozókat a társadalombiztosítási járulék után három hónapig 50 százalékos adókedvezmény illette meg.

▶Az állami beruházásokat ösztönző program (Gazeta prawna, 2020).

A nehéz helyzetben a megtett intézkedéseknek köszönhetően 2021-ben minden V4-országban gazdasági növekedést sikerült elérni. A szlovák és a cseh gazdaság mintegy 3 százalékos növekedést könyvelhetett el. A magyar és a lengyel gazdaság még jobban teljesített, Lengyelországban 5,9 százalékkal, Magyarországon pedig akár 7,1 százalékkal nőtt a GDP.

A koronavírus-járvány okozta gazdasági válság – egyelőre úgy tűnik – csak egy évig tartott. A gazdaságokat azonban jelenleg más gazdasági és nem gazdasági tényezők fenyegetik, amelyek megfordíthatják a kedvező fejleményeket. A világválság folytatódásától, a növekvő inflációtól, az Ukrajnában zajló háborútól, a feldolgozóipari vállalatok számára stratégiai fontosságú nyersanyagok és alkatrészek hiányától, valamint a klímaváltozástól való félelem jelentik a fő kockázatokat a gazdaságok jelenlegi és jövőbeli fejlődésére, valamint a lakosság jólétére nézve.

„A gazdaságok támogatása ebben a helyzetben nagy mennyiségű forrást igényel, de ezek súlyos terheket rónak az állami költségvetések kiadási oldalára. Ezt elősegítheti a bőséges európai uniós forrás, amely szintén jelentős fejlesztéseket tesz lehetővé. A fejlesztések hosszú távú hatásait a forrásfelhasználás hatékonysága határozza meg, ami azért rendkívül fontos, mert a hazai források végesek: az anticiklikus gazdaságpolitika miatt 2020-ban és 2021-ben keletkezett megnövekedett hiányt előbb-utóbb

csökkenteni kell. A forrásfelhasználásban a hosszú távú növekedés szempontjait kell előtérbe helyezni” (Molnár et al., 2021).

AZ AGGREGÁLT KERESLET ALAKULÁSA A V4-ORSZÁGOKBAN

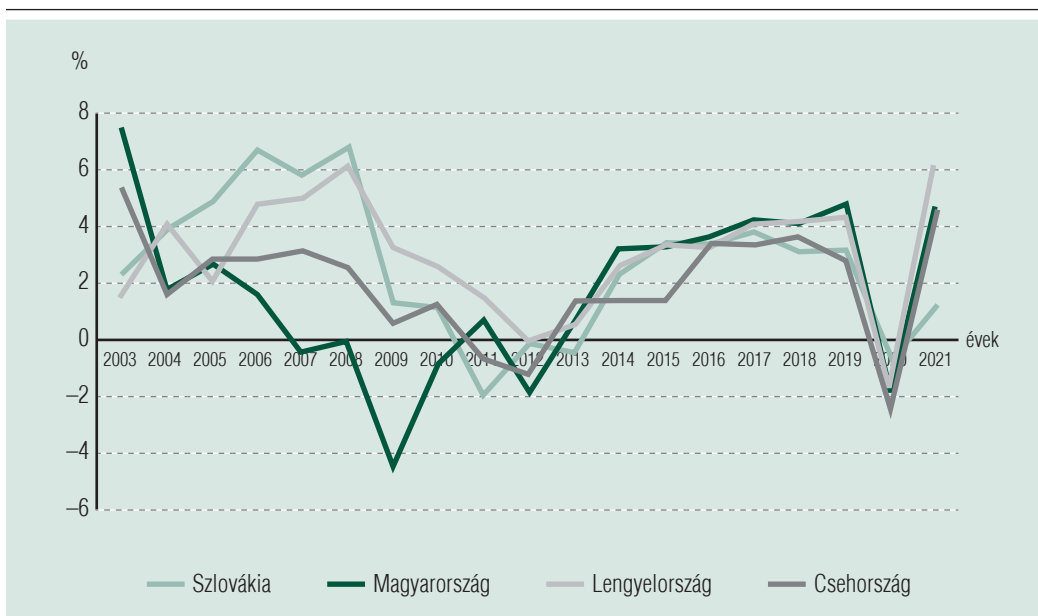
A globális pénzügyi válság okozta gazdasági recesszió során mindegyik V4-országban csökkent a háztartások végső fogyasztása, illetve visszaesett a növekedés üteme. A fogyasztás legjelentősebb visszaesése Magyarországon volt, ahol 2009-ben 4,6 százalékkal csökkent a lakossági fogyasztás. Lengyelország volt az egyetlen gazdaság a V4-ek közül, ahol a háztartások fogyasztása nem csökkent ebben a válságos időszakban (2012-ben csak lassult a növekedés, és 0,3 százalékot mutatott).

A koronavírus okozta válság gazdasági következményei miatt 2020-ban Csehországban volt a legnagyobb mértékű (2,6%) a lakossági fogyasztás csökkenése, a V4-országok közül Szlovákiában csökkent a legkevésbé (0,7%). Amint a 2. ábrán látható, 2021-ben a GDP növekedése a lakossági fogyasztás élnkülését is eredményezte, ami a legnagyobb mértékben (6,1 százalékkal) Lengyelországban, a legkisebb mértékben pedig (mindössze 1,1 százalékkal) Szlovákiában nőtt.

2009-ben, amikor a gazdasági recesszió a globális pénzügyi válság következtében teljesen nyilvánvalóvá vált Európában, a bruttó állóeszköz-felhalmozás minden V4-országban csökkent. A legnagyobb (csaknem 20 százalékos) visszaesésről Szlovákia számolt be. A tőkeállomány felhalmozása Csehországban és Magyarországon megközelítőleg azonos mértékben (9 százalékkal) csökkent. Ebből a szempontból Lengyelország járt a legjobban, a tőkeállomány felhalmozása mindössze 2,7 százalékkal esett vissza. Szlovákiában és Lengyelországban 2011-ben a beruházások növekedésének rövid fellendülése után 2012-ben ismét csökkenés

2. ábra

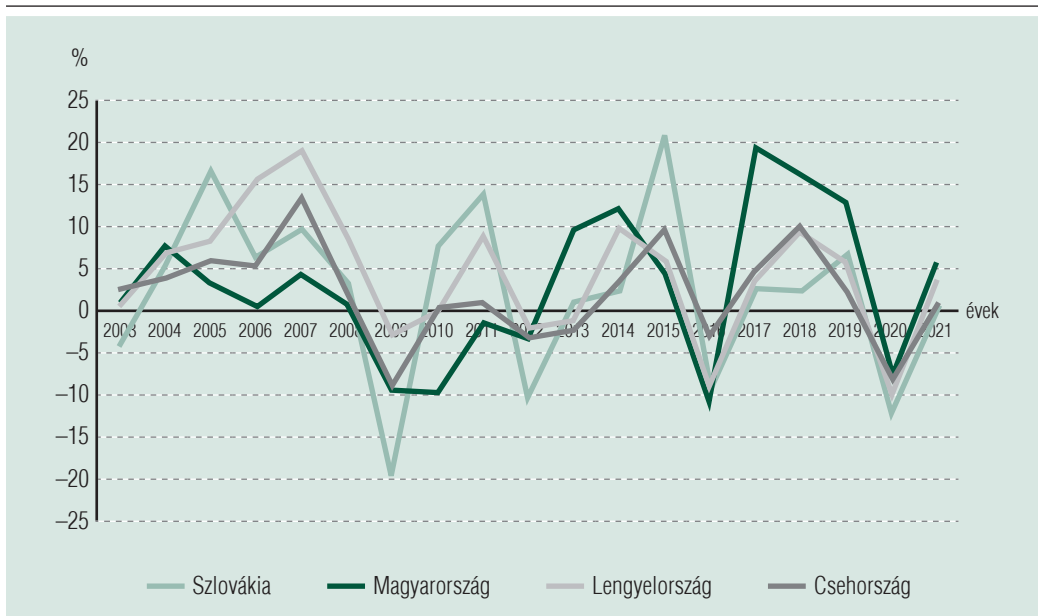
**A HÁZTARTÁSOK VÉGSO FOGYASZTÁSA A V4-ORSZÁGOKBAN
(ÉVENKÉNTI SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁS)**



Forrás: OECD

3. ábra

**BRUTTÓ ÁLLÓESZKÖZ-FELHALMOZÁS A V4-ORSZÁGOKBAN
(ÉVENKÉNTI SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁS)**



Forrás: OECD

következett be. A bruttó állóeszköz-felhalmozás jelentős ingadozásnak volt kitéve minden V4-országban a 2013 utáni gazdasági növekedési szakaszban is. A koronavírus-világjárvány és az általa kiváltott gazdasági válság 2020-ban minden V4-országban a beruházások csökkenéséhez vezetett, a legnagyobb csökkenés Szlovákiában (12%) és Magyarországon (7,3%) következett be. Amint a 3. ábrán látható, a 2021-es gazdasági fellendülés az állóeszköz-felhalmozás növekedéséhez is vezetett mindegyik vizsgált országban, de legnagyobb mértékben Magyarországon (5,9%), és legkevésbé Szlovákiában és Csehországban (0,6%).

Az európai pénzügyi és gazdasági világválság legerősebb megnyilvánulásának évében (2009-ben) minden V4-országban csökkent a belső kereslet. A legnagyobb visszaesést Magyarországon tapasztalták (9,7%), míg Szlovákiában (7,7%) és Csehországban (5,3%) valamivel kisebb visszaesésről számoltak be. A belföldi kereslet Lengyelországban csökkent a legkevésbé (0,3%), amely ország a másik háromhoz viszonyítva jelentős gazdaságnak számít. Ez pozitívan tükröződik Lengyelország hazai keresletében.

A koronavírus világméretű terjedése által kiváltott gazdasági válság a belső kereslet csökkenéséhez vezetett minden V4-országban. A belföldi kereslet csökkenése e négy ország közül 2020-ban a legnagyobb mértékű Csehországban (5,7%) és Szlovákiában (5,5%) volt, a legalacsonyabb mértékű pedig Magyarországon (3%) és Lengyelországban (3,7%) volt. A 4. ábra mutatja, hogy 2021-ben minden V4-országban nőtt a belföldi kereslet, a legnagyobb mértékben Csehországban és Lengyelországban (7,6%), a legkisebb mértékben pedig Szlovákiában (3,8%).

Szlovákia kicsi, nyitott és exportorientált gazdaság. 2019-ben a szlovák gazdaság nyitottsága elérte a GDP 185 százalékát. A Szlovákiából exportált áruk és szolgáltatások értéke a GDP 93 százalékát tette ki. Az import részese-

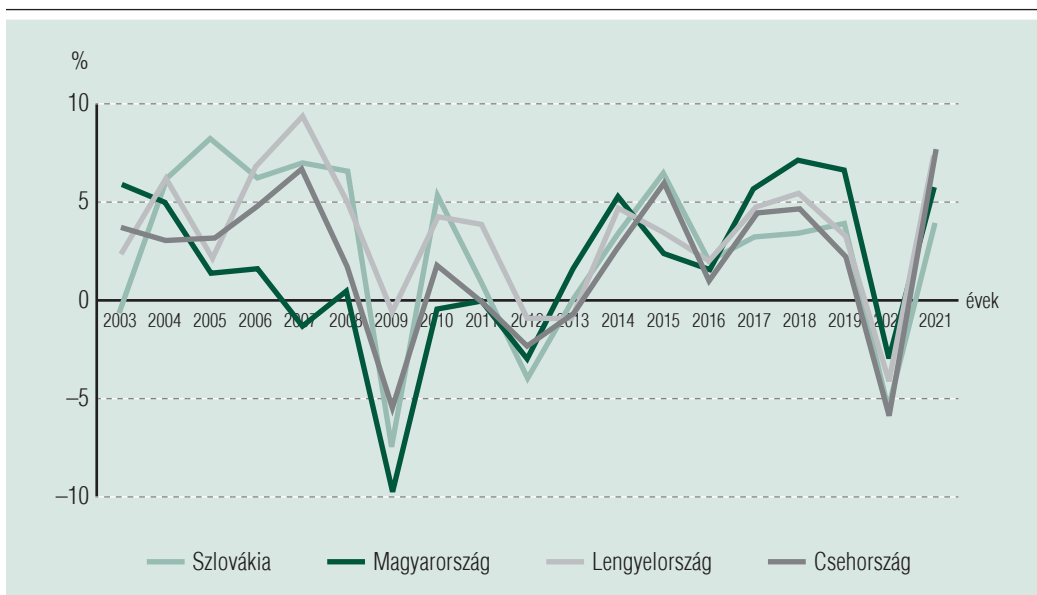
sedése a GDP 92 százaléka volt. Ez volt a negyedik legnyitottabb gazdaság az EU-n belül. Csak három országban volt magasabb a nyitottság, nevezetesen Luxemburgban, Máltán és Írországon (Banky.SK, 2020). A V4-országokon belül Magyarország közel áll a szlovák gazdaság nyitottságának szintjéhez, mivel az áruk és szolgáltatások exportja és importja a GDP 163 százaléka. A cseh gazdaság nyitottsága elérte a GDP 145 százalékát. A V4-országok közül Lengyelország a legkevésbé nyitott; nagy gazdaságként a GDP 106 százalékának megfelelő nyitottsági szintet ért el. A kisebb nyitottság bizonyos körülmények között előnyt jelenthet, mert a külső környezet változásai esetében kisebb érzékenységet jelent. Ez mindkét gazdasági válság során pozitívan tükröződött Lengyelország esetében. (Lásd 5. ábra)

A pénzügyi és gazdasági világválság okozta recesszió szakaszában az export mindegyik V4-országban jelentősen csökkent, de legjelentősebben Szlovákiában és Magyarországon (18,9 százalékkal, illetve 14,5 százalékkal). A 6. ábrán azt láthatjuk, hogy a világjárvány miatti lassulási szakaszban az export csökkenése a legnagyobb mértékű ismét Szlovákiában (8,3%), a legkisebb mértékű pedig Lengyelországban (1,9%) volt. 2021-ben a hazai és külföldi gazdaságok beindulása az export ismételt fellendüléséhez vezetett minden V4-országban, és közülük is a legnagyobb mértékben Lengyelországban (15,9%).

A vizsgált időszak elején a munkanélküliségi ráta Lengyelországban volt a legmagasabb (20,8%), amelyet Szlovákia követett (17,6%). A munkanélküliség ebben az időszakban lényegesen alacsonyabb volt Csehországban (7,8%) és Magyarországon (5,9%). Csehországban régóta nagyon alacsony a munkanélküliségi ráta (2019-ben 2,1%), ami az EU-ban az egyik legalacsonyabb. A vizsgált időszakban a gazdaság első, magas gazdasági növekedéssel jellemezhető növekedési szakaszában a munkanélküliség Lengyelországban és Szlo-

4. ábra

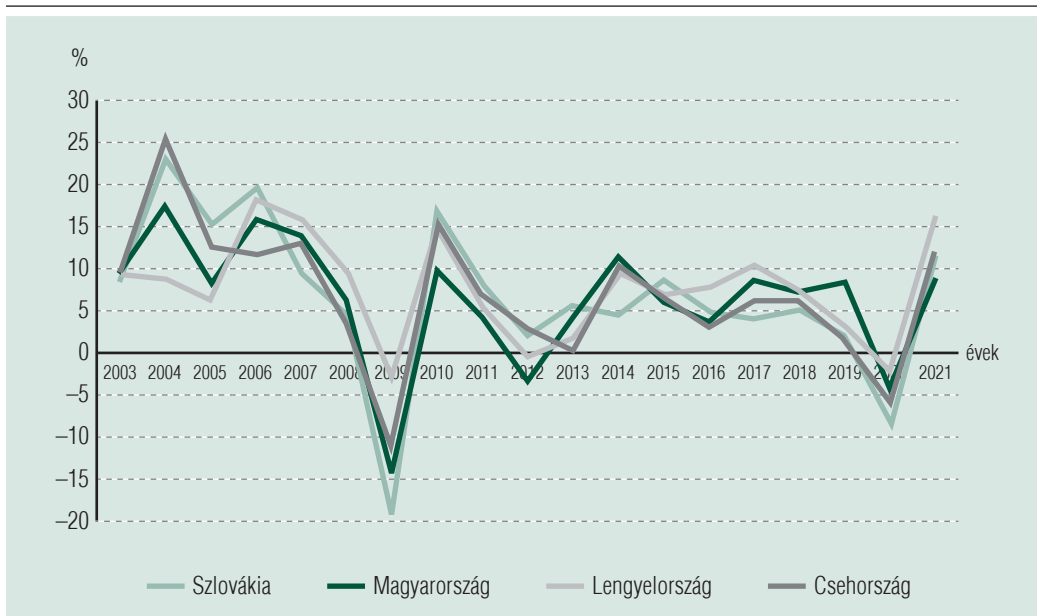
**BELFÖLDI KERESLET A V4-ORSZÁGOKBAN
(ÉVENKÉNTI SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁS)**



Forrás: OECD

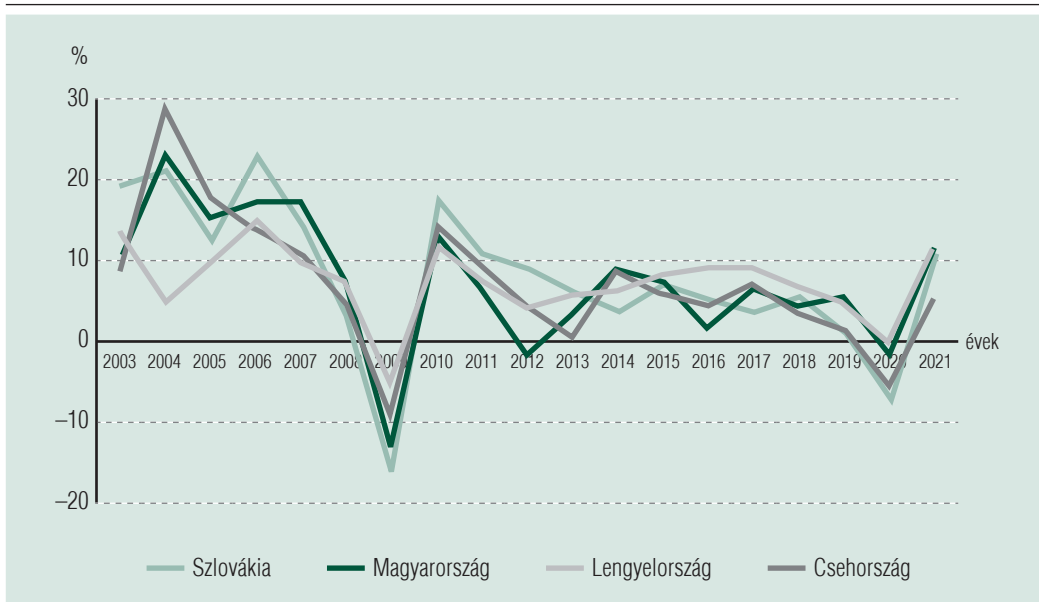
5. ábra

**IMPORT A V4-ORSZÁGOKBAN
(ÉVENKÉNTI SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁS)**



Forrás: OECD

**EXPORT A V4-ORSZÁGOKBAN
(ÉVENKÉNTI SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁS)**



Forrás: OECD

vákiában jelentősen csökkent, 2008-ban pedig jóval kedvezőbb szintre, Szlovákiában 9,6 százalékra, Lengyelországban pedig 7,2 százalékra csökkent. Ezt a pozitív tendenciát a globális pénzügyi válság és a gazdasági recesszió állította meg. A többi V4-országtól eltérően Magyarországon a munkanélküliség a 2004–2008 közötti időszakban a reál-GDP stagnálása, majd csökkenése miatt enyhén emelkedett, még mielőtt a magyar gazdaság teljesítményét a globális pénzügyi válság befolyásolta volna. E munkanélküliségi ráta azonban így is 1,7 százalékponttal alacsonyabb volt, mint Szlovákiában.

Szlovákiában a munkanélküliségi ráta 2010–2012-ben viszonylag magas, 14 százalék körüli szinten maradt. Ezután – a reál-GDP fokozatos növekedésének köszönhetően – fokozatosan csökkent, és 2019-ben 5,8 százalékot ért el, ami az eddigi legalacsonyabb szint. A munkanélküliség a másik három V4-ország-

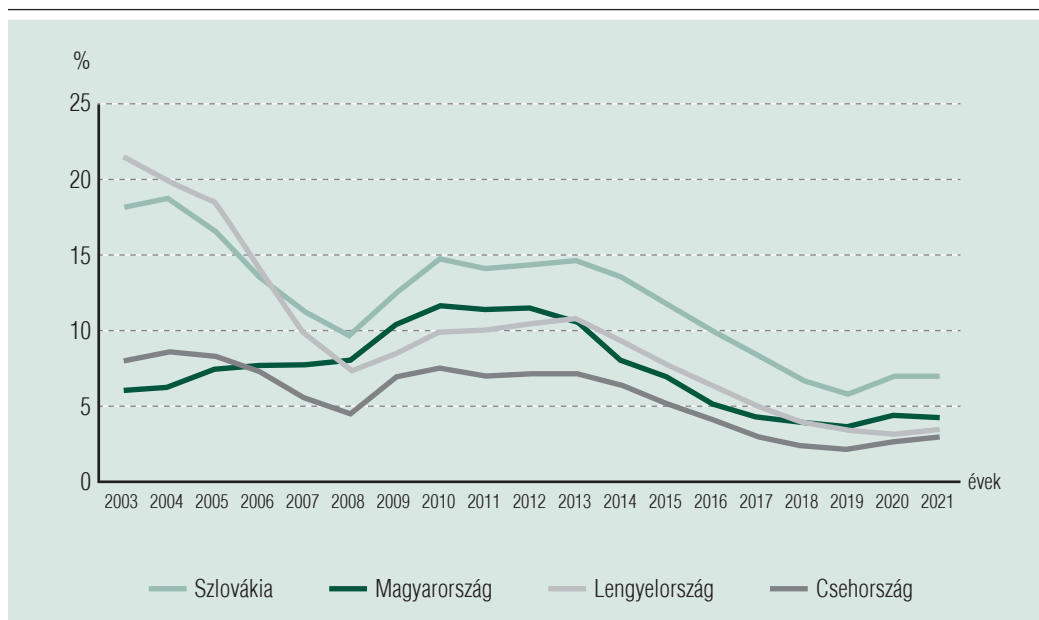
ban is csökkent a gazdasági ciklus ezen bővülési szakaszában. A V4-országok közül azonban továbbra is Szlovákiában a legmagasabb a munkanélküliségi ráta (2020-ban 6,8%).

A 7. ábrán látható, hogy a koronavírus-világjárvány, valamint a járvány terjedését megakadályozó intézkedések a munkanélküliség enyhe növekedéséhez vezettek, ami azonban nem volt jelentős mértékű. A munkanélküliség 1 százalékponttal, Szlovákiában 6,8 százalékra, Magyarországon pedig 4,3 százalékra nőtt. A V4-országok közül azonban továbbra is Szlovákiában a legmagasabb a munkanélküliségi ráta (6,8%).

AZ ÁLLAMHÁZTARTÁS FENNTARTHATÓSÁGA A V4-ORSZÁGOKBAN

Szlovákia államadóssága, amely 2003-ban a GDP körülbelül 43,2 százalékát tette ki, a

MUNKANÉLKÜLISÉGI RÁTA A V4-ORSZÁGOKBAN (ÉVENKÉNTI SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁS)



Forrás: Eurostat

magas gazdasági növekedés éveiben csökkenni kezdett, és 2008-ra a GDP 28,6 százalékára, elfogadható szintre esett vissza. 2008 után a gazdasági recesszió megnyilvánulásaiával összefüggésben negatív fejlemények következtek be az eladósodás területén, a globális pénzügyi és gazdasági válság szlovák gazdaságra gyakorolt negatív következményeinek vetületeként. Ekkor kezdett rohamosan emelkedni az államadósság és az államadósság GDP-hez viszonyított aránya is. 2013-ban ez a mutató a GDP közel 55 százalékát tette ki.

Szlovákiában az államháztartási hiány terén tapasztalható negatív fejlemények, valamint az állam eladósodásának növekedése szükségessé tette az államháztartás konszolidációjának elfogadását és következetes végrehajtását. Ez mindkét fent említett területen fokozatos eredményjavulást és az államháztartási hiányra meghatározott követelmény (a GDP 3 százaléka alatti arány) teljesítését, valamint az állam-

adósság GDP-hez viszonyított arányának további csökkenését eredményezte. Szlovákia így 2014-ben kikerült a túlzottdeficit-eljárás alól. 2019-ben az államháztartás bruttó adóssága a GDP 48,2 százaléka volt. A koronavírus-világjárvány által kiváltott gazdasági válság a gazdaságot támogató intézkedések bevezetéséhez vezetett, ami szükségessé tette az állami kiadások növelését. Ez Szlovákiában az államadósság óriási növekedését okozta, ami először haladta meg a referenciaértéket, és 2020-ban elérte a GDP 60,6 százalékát, 2021-ben pedig a 63,1 százalékát.

A pénzügyi világválság által kiváltott gazdasági recesszió alatt és azt követően is nőtt az államadósság GDP-hez viszonyított aránya minden V4-országban; Lengyelországban, Csehországban és Szlovákiában 2013-ig. Míg azonban Csehország, Lengyelország és Szlovákia a referenciaérték (a GDP 60 százaléka) alatt maradt, addig Magyarország jelentő-

sen túllépte ezt a határt (a GDP 80,4 százaléka volt az ország államadósága 2011-ben). Ezért is kezdődtek Magyarországon 2012-ben a mutató szintjének csökkentésére irányuló törekvések, valamivel korábban, mint a többi V4-országban.

Később, a vizsgált időszakunkon belül a gazdasági növekedés második szakaszában (2014–2019) mind a négy V4-ország kormányának sikerült az államadóságot csökkenteni. E tekintetben a legjobb eredményeket Csehország érte el, amelynek államadósága 2019-ben a GDP 30,3 százalékát tette ki. Továbbra is Magyarországon volt a legmagasabb az államadóság GDP-hez viszonyított aránya (65,5%), de 2011 óta mintegy 15 százalékponttal sikerült csökkentenie ennek mértékét, és közelebb került a GDP 60 százalékos referenciaértékéhez.

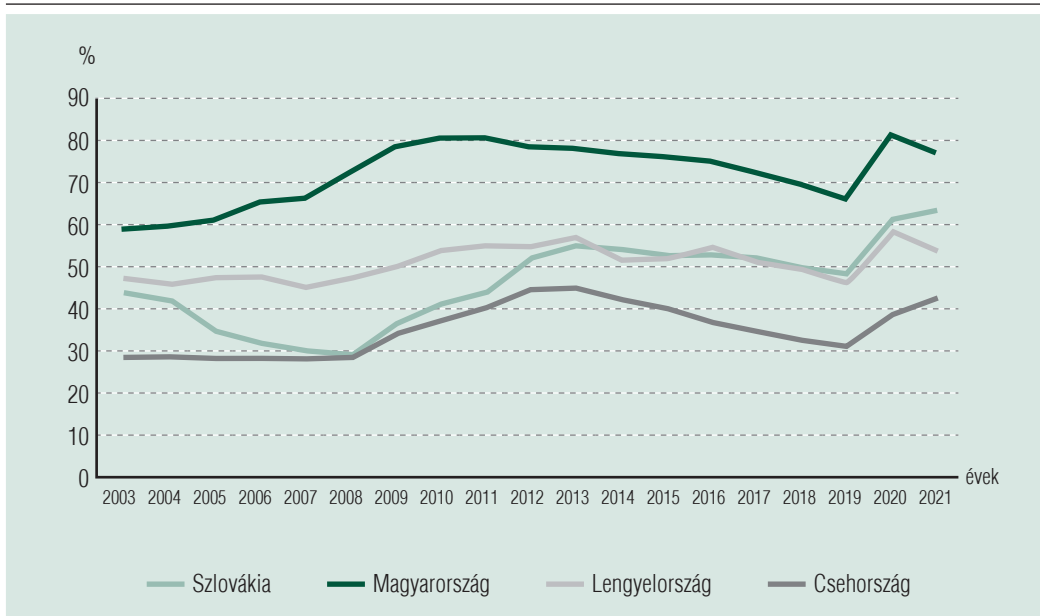
2020-ban a koronavírus-járvány és annak gazdaságra gyakorolt hatásai minden V4-es or-

szágban negatívan befolyásolták ennek a mutatónak az értékét, és a V4-ek közül csak Csehország és Lengyelország maradt a GDP 60 százaléka alatt. A 8. ábrán azt láthatjuk, hogy 2021-ben a fejlemények ezen a területen eltérőek voltak. Míg Lengyelország és Magyarország csökkentette az államadóságot, addig Szlovákiában és Csehországban a világvárvány második évében is nőtt az államadóság GDP-hez viszonyított aránya.

Az államadóság az állami költségvetés egyenlegétől függően változik. A vizsgált időszakban a V4-országok állami költségvetése hiányt mutatott. Az egyetlen kivétel Csehország volt, amelynek állami költségvetése a 2016–2019 közötti időszakban többletet ért el. Más országok nem használták ki eléggé a „jó időket”, hogy legalább kiegyensúlyozott állami költségvetést érjenek el. Mindkét gazdasági válság során megnövekedtek az államhá-

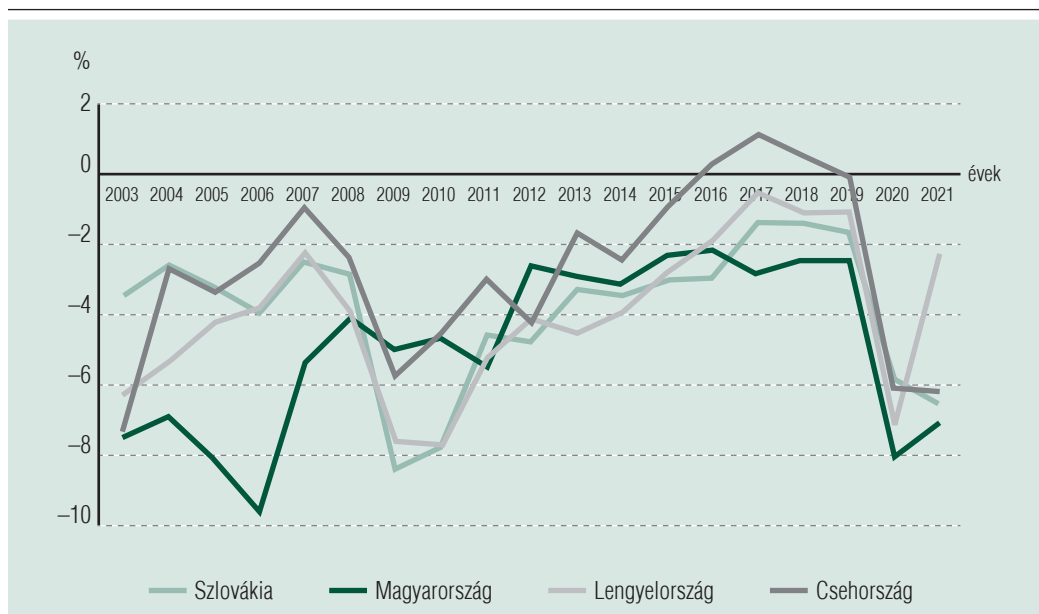
8. ábra

**BRUTTÓ ÁLLAMADÓSÁG A V4-ORSZÁGOKBAN
(A GDP SZÁZALÉKÁBAN)**



Forrás: Eurostat

ÁLLAMHÁZTARTÁSI HIÁNY/TÖBBLET (A GDP SZÁZALÉKÁBAN)



Forrás: Eurostat

tartási kiadási igények, ami az államháztartási hiány és az államadósság növekedésében egyaránt megmutatkozott. (Lásd 9. ábra)

KÖVETKEZTETÉS

A visegrádi csoport a következő négy közép-európai ország informális csoportosulása: Magyarország, Lengyelország, Csehország és Szlovákia, amelyek azonos kulturális, szellemi, társadalmi-gazdasági értékeken alapulnak, és ma is fejlesztik az egymás közötti együttműködést. Cikkünkben ezeknek a gazdaságoknak a fejlődését tekintettük át 2003 és 2021 között. A vizsgált időszakban a gazdasági növekedés három szakaszát és a gazdasági visszaesés két szakaszát láthattuk ezekben az országokban. Az ebben az időszakban bekövetkezett gazdasági válságok mindegyikét más-más ok váltották ki. Az USA-ból 2008-ban Euró-

pára, így a V4-országokra is áttért globális pénzügyi és gazdasági válság Szlovákiában, Magyarországon és Csehországban a GDP és az aggregált kereslet egyes összetevőinek csökkenését idézte elő. Lengyelországban csak a GDP növekedésének lassulása vagy a belső kereslet stagnálása volt tapasztalható. A cseh és a magyar gazdaság esetében kettős mélyponthú recesszióról beszélhetünk, hiszen 2009 mellett 2012-ben is (bár mérsékeltebben) visszaesett a GDP. A 2014–2019-es időszakban minden V4-országban nőtt a GDP. Az időszak második recessziója a koronavírus-világjárvány volt, amellyel a gazdaságok küszködtek, különösen 2020-ban, és jelenleg sem állíthatjuk, hogy ennek a fertőző betegségnek a terjedése már nem fog a gazdaságok leállásához és újabb recesszióhoz vezetni. A 2020-as koronavírus-járvány minden V4-ország gazdaságát érintette, ami a reál-GDP csökkenéséhez vezetett. Szlovákiában, Magyarországon és Csehország-

ban 5 százalékos körüli volt a GDP esése, Lengyelországban kisebb (2,7%). Az egészségügyi és gazdasági helyzet javulása ellenére még ma is bizonytalan időkben élünk.

Kutatásunk alapján megállapíthatjuk, hogy Szlovákia, Magyarország és Csehország gazdaságát mindkét válság nagyjából egyformán érintette, a GDP 5-6 százalékkal esett vissza. Lengyelországban csak a koronavírus-járvány okozta második válság esetében volt recesszió, míg a globális pénzügyi válság csak a GDP növekedésének lassulását okozta a gazdaság számára.

A V4-országokban a kormányok intézkedéseikkel elősegítették a gazdaság beindítását, valamint a gazdasági tevékenységük kényszerű csökkentésével érintett alanyok támogatását. A V4-országok kormányai nagyjából hasonló intézkedéscsomagokat fogadtak el, hogy megakadályozzák a mélyebb gazdasági visszaesést és a munkanélküliség jelentős növekedését. Már 2021-ben is segítettek számos munkahely fenntartásában, és hozzájárultak a gazdaságok fellendítéséhez és növekedéséhez. Nehéz azonban megmondani, hogy a növekedés élénküléséhez mennyiben járultak hozzá a kormányok intézkedései, vagy a javuló egészségügyi helyzet, vagy az EU gazdaságának fellendülése (ahová ezen országok exportja elsősorban irányul). Pozitív tény, hogy 2021-ben a GDP magas növekedési ütemet mutatott Magyaror-

szágon (7,1%) és Lengyelországban (5,9%). A szlovák és a cseh gazdaság mintegy 3 százalékkal nőtt.

A jövőben az EU Helyreállítási és Ellenálló-képességi Eszközből származó pénzügyi támogatás is a V4-ek gazdaságainak fellendülését hivatott segíteni (Európai Bizottság, 2021). Fontos lesz, hogy az országok értelmesen és hatékonyan használják fel ezeket a forrásokat. A további fejlődést kockáztathatja az országokban a magas állami költségvetési hiány, az aránytalanul növekvő államadósság és az utóbbi időben tapasztalt magas infláció. Az ukrajnai háború, a stratégiai nyersanyagellátás, valamint a termeléshez szükséges alkatrészek ellátásának zavarai, valamint az ezzel járó gyors áremelkedések további veszélyt jelentenek a V4-ek gazdaságának növekedésére nézve. A V4-országok (és nem csak ezen országok) közül jelenleg Szlovákia, Magyarország és Csehország függ a leginkább az oroszországi olaj- és gázimporttól. Ez is az egyik komoly ok, amely veszélyezteti a jövőbeli fejlesztéseket. A gazdasági ciklus lefolyásának nyomán követése azt mutatja, hogy Lengyelországot mint nagy gazdasággal és magas belső kereslettel rendelkező országot érinti a legkevésbé a recesszió gazdasági válság idején. A kis nyitott gazdaságok érzékenyebbek a külföldi kereslet válság okozta ingadozásaira, akár gazdasági, akár nem gazdasági okok miatt lehetnek is ezek a válságok. ■

JEGYZETEK

¹ Ez a cikk a VEGA 1/0239/19 „A viselkedési közgazdaságtan jelentősége a jelenlegi gazdaságok működésének korszerűsítésében” című kutatási projekt végrehajtásának keretében készült.

² A gazdasági recesszió a társadalom fejlődése során csak az ipari korszak kezdetétől jelent meg. Addig, a túlnyomórészt agrárgazdaságok időszakában a

gazdasági ciklusok kialakulása a mai felfogásban nem fordult elő.

³ Ezzel összefüggésben szó esik a kettős mélypontú gazdasági válságról is, amelynek egyik mélypontja a globális pénzügyi válság (2009), a másik pedig az euróövezet adósságválsága (2012) miatt következett be.

IRODALOM

- BARRO, R. J. (1981). *Money, expectations and business cycles: Essays in macroeconomics*. New York: Academic Press.
- BLASCZYK, M. C. (2022). Selected Aspects of European Integration of the Visegrad Group Countries. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*, 25(2), <https://doi.org/10.18778/1508-2008.25.14>
- CSISZÁRIK-KOCSIR, Á. – VARGA, J. – GARAI-FODOR, M. (2021). A múlt és a jelen pénzügyi válságainak ismerete a pénzügyi oktatás függvényében. *Pénzügyi Szemle*, 66(2), https://doi.org/10.35551/PSZ_2021_2_3
- FRANK, H., BERNANKE, B. S. (2003). *Ekonomie*. [Közgazdaságtan] Prága: Grada Kiadó
- FRANK, K., MORVAY, K. (2019). *Slovenská ekonomika po štvrtstoročí samostatného štátu*. [Szlovák gazdaság negyedszázados független állam után]. Bratislava: VEDA
- FRIEDMAN, M. (1968). The Role of Monetary Policy. *American Economic Review*, 58(1)
- FRIEDMAN, M., SCHWARTZ, A. J. (1971). *A Monetary History of the United States, 1867–1960*. New York: NBER
- HAJNAL, G., KOVÁCS, E. (2020). Governance and Policy Responses to the COVID-19 Pandemic in Hungary: Early Experiences and Lessons. *Good Public Governance in a Global Pandemic*, <https://doi.org/10.46996/pgs.v1e1>
- HOLMAN, R., et al. (2001). *Dějiny ekonomického myšlení*. [A közgazdasági gondolkodás története] Praha: C. H. Beck
- HORBULÁK, Zs. (2018). *Regionálne hospodárske dejiny Slovenska*. [Szlovákia regionális gazdaságtörténete] Trenčín: Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka
- KEYNES, J. M. (1963). *Obecná teorie zaměstnanosti, úroku a peněz*. [A foglalkoztatás, a kamat és a pénz általános elmélete], Praha: Nakladatelství ČSAV
- KOCZISZKY, Gy., SZENDI, D. (2021). A magyar megyék gazdasági fejlődési pályáinak összehasonlító vizsgálata. *Pénzügyi Szemle*, 66/2. különszám, https://doi.org/10.35551/PSZ_2021_k_2_1
- KYDLAND, F. E., PRESCOTT, E. C. (1982). *Time to Build and Aggregate Fluctuations*. *Econometrica*
- MOLNÁR, D., HORVÁTH, D., REGŐS, G. (2021). W-kilábalás a koronavírusjárvány két hullámában. *Pénzügyi Szemle*, 66(1), https://doi.org/10.35551/PSZ_2021_1_4
- OBADI, S. M., et al. (2013). *Vývoj a perspektívy svetovej ekonomiky. Hľadanie možných ciest oživenia v čase pretrvávajúcej krízy dôvery*. [A világgazdaság fejlődése és kilátásai. A fellendülés lehetséges útjainak megtalálása a folyamatos bizalmi válság idején] Bratislava: VEDA
- PLOSSER, C. I. (1989). Understanding Real Business Cycles. *Journal of Economic Perspectives*, 3
- SAMUELSON, P. A. (1939). Interactions between the Multiplier Analysis and the Principle of Acceleration. *The Review of Economic Statistics*, 21(2)
- SMETANKOVÁ, D., KRČEK, T., TETOUROVÁ, E. (2020). *Přehled opatření na zmírnění socioekonomických dopadů koronavirové nákazy*. [A koronavírus-járvány társadalmi-gazdasági hatásainak mérséklését célzó intézkedések áttekintése]

WÓJICKI, W. (2022). Crisis Aspects of the COVID-19 Pandemic in the Social Sphere and Secondarily in Economic One. *Economic and Regional Studies*, 15(1),
<https://doi.org/10.2478/ers-2022-0006>

BANKY.SK. (2020). *Slovensko je štvrtou najotvorenejšou krajinou* EÚ. [Szlovákia az EU negyedik legnyitottabb országa], letöltve 2021. december 9, <https://banky.sk/slovensko-je-stvrtou-najotvorenejosu-krajinou-eu-dopady-koronakrizy-su-preto-negativnejsie/>

Európai Bizottság (2021). Európa helyreállítási terve. Letöltve: 2021. december 15

EUROSTAT (2022). *Nemzeti Számlák*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>

Gazeta Prawna (2020). *Tarcza antykryzysowa 2.0. Prezydent podpisał ustawy*, <https://www.gazetaprawna.pl/wiadomosci/artykuly/1470138,tarcza-antykryzysowa-20-duda-podpisał-ustawe.html>

MIRRI (2022). *Výšehradská skupina (V4)*. [Visegrad Group (V4)], <https://www.mirri.gov.sk/sekcie/informatizacia/medzinarodna-agenda/medzinarodna-spolupraca/vysehradska-skupina-v4/index.html>

VLÁDA ČR (2021). *Aktuální opatření na podporu ekonomiky*. [Jelenlegi intézkedések a gazdaság támogatására], Csehország kormánya, <https://www.vlada.cz/cz/epidemie-koronaviru/dulezite-informace/podpora-a-ulevy-pro-podnikatele-a-zamestnance-180601/>

VLÁDA SR (2021). *Prvá a druhá pomoc. Pomoc pre občanov a podnikateľov*. [Első és második segélynyújtás. Segítségnyújtás állampolgároknak és vállalkozóknak], a Szlovák Köztársaság kormánya, <https://korona.gov.sk/prva-a-druha-pomoc/>

Szerzői útmutató a Pénzügyi Szemlében publikálók részére

A szerzőknek szavatolniuk kell, hogy a tanulmány saját, eredeti szellemi alkotásuk, illetve amennyiben felhasználták mások munkáit, azokat megfelelő módon idézték és szakszerűen hivatkoztak rájuk. Ugyanazon kutatást bemutató kézirat különböző önálló publikációkban, vagy folyóiratokban való szerepeltetése, valamint a kézirat több folyóirathoz egyidejűleg történő benyújtása etikátlan magatartásnak minősül.

Ennek megfelelően a szerzők a kézirattal együtt kitöltött szerzői nyilatkozatot csatolnak. A nyilatkozat letölthető a következő linkről:

<http://www.penzugyiszemle.hu/penzugyi-szemle-folyoirat/szerzoi-utmutato>

A kéziratokat elektronikus formában, mellékletként kérjük beküldeni a szemle@asz.hu e-mail-címre. A Microsoft Office programcsomag használatát kérjük.

- Tanulmány esetén a közlemények hossza átlagban 40 000 karakter (szóközökkel).
- Disputa cikk esetén a közlemények hossza átlagban 30 000 karakter (szóközökkel).
- Recenzió esetén a közlemények hossza átlagban 15 000 karakter (szóközökkel).
- Letter to the Editor műfaj esetén a közlemények hossza átlagban 4000 karakternél kevesebb (szóközökkel).
- A lap fenntartja a jogot, hogy amennyiben a benyújtott írásmű műfaja a tudományos folyóiratban történő publikációra nem alkalmas, úgy azt, a szerző tájékoztatása és jóváhagyása mellett, a Pénzügyi Szemle Online felületén jelentesse meg.

A Letter to the Editor kivételével a kézirat tartalmazza:

- 1 címloldal,
- 2 magyar és angol összefoglalás (angol címmel), keywords,
- 3 szöveg,
- 4 irodalomjegyzék,
- 5 táblázatok,
- 6 ábrák.

1 A címloldalon sorrendben a következők szerepeljenek: a kézirat címe, esetleg alcíme, a szerzők neve, a szerzők tudományos fokozata, titulusa, a szerzők munkahelye (feltüntetve a város is), a szerzők beosztása. Adják meg a levelező szerző e-mail-címét, telefonszámát és a kézirat benyújtásának dátumát. A levelező szerző e-mail-címét a lapban feltüntetjük. A szerző a kéziratban tüntesse fel azokat a pénzügyi vagy egyéb érdemi érdekeltségeit, a kutatás során igénybe vett támogatási forrásokat, amelyek befolyásolhatják az abban közölt eredményeket.

2 Az összefoglalást magyar és angol nyelven kell beküldeni, külön-külön lapon. Az összefoglalás nem tartalmazhat rövidítéseket. Megszerkesztésénél az alábbiakat kell figyelembe venni: bevezetés, célkitűzés, módszer, eredmények és következtetések. Az összefoglalás lényegre törő megfogalmazása történjen oly módon, hogy csupán annak elolvasása is elegendő legyen a dolgozat lényegének megértéséhez. A magyar és angol összefoglalás hossza igazodjon egymáshoz, a maximális karakterszám 1000.

Maximum öt kulcsszó adható meg a magyar és az angol nyelvű összefoglaló után, valamint kérjük a JEL-kód feltüntetését is.

③ A kézirat világos szerkesztése különösen fontos az olvasó számára. Az eredeti közleménynél a bevezetőben, néhány mondatban meg kell jelölni a kérdésfelvetést. A részletes történelmi bevezetést kerülni kell. A módszertani részben világosan és pontosan kell bemutatni vagy hivatkozni azokat a módszereket, amelyek alapján a szerzők az eredményeket megkapták. Az eredmények és a megbeszélés vagy következtetések részeit külön és világosan kell megszerkeszteni. Az érvelés legyen kapcsolatban az idevonatkozó legújabb ismeretanyaggal, valamint azokkal a megállapításokkal, amelyekből a szerzők a következtetéseket levonták. Az eredmények újszerűsége világosan tűnjön ki. A módszerek, eredmények, következtetések kapjanak megfelelő alcímeket. A kéziratban az ábrák helyét, címét kérjük arab számokkal jelölni.

④ Irodalmi hivatkozások. Az idézett művekre minden esetben szakszerűen kell hivatkozni. A szerzőknek hivatkozniuk kell mindazokra a kiadványokra, amelyek tudományos eredményeit munkájukban felhasználták. Csak azok az irodalmi hivatkozások sorolhatók fel, amelyekre a szövegben utalás történt és direkt kapcsolatban vannak a kutatott problémával. Háromnál több szerző esetén a három szerző neve után et al. írandó. A szövegközi szakirodalmi utalásokat zárójelben kérjük feltüntetni, például: (Menard, 2004). Ha valamelyik szerzőtől több, azonos évben megjelent munkára hivatkozik, a művek megkülönböztetésére használja az évszám mellé írt a, b, c stb. indexet. Szó szerinti idézet esetében az oldalszámot is meg kell adni.

Az irodalomjegyzéket a tanulmány végén abc-sorrendben kell közölni, a következőképpen oldva fel a szövegközi utalásokat:

- Könyveknél: Felföldi B., Németh E., Tarr K. és Vass Gy. (2002). *Kommunikáció mint az európai integráció önkormányzati szempontból kiemelt kérdése*. Municipium Magyarország Alapítvány, Budapest
- Tanulmánykötetekben, gyűjteményes kötetekben megjelent publikációknál: Menard, C. (2004). A new institutional approach to organization. In: Menard, C., & Shirley, N (ed.) *Handbook of new institutional economics*. Kluwer: Boston-Dordrecht, pp. 281-318
- Folyóiratban megjelent cikkeknel: Horvath, B., Kondorosi, E., John, M., Schmidt, J., Török, I., Györgyfal, Z. & Kondorosi, A. (1986). Organization, structure and symbiotic function of Rhizobium meliloti nodulation genes determining host specificity for alfalfa. *Cell*, 46(3), pp. 335-343
- Webcímeknél: World Bank Institute (2010). Governance matters 2009. Worldwide Governance Indicators, 1996–2008, <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.asp>

⑤ A táblázatokat címmel kell ellátni, minden táblázatot külön lapon kell megadni. A táblázat ne legyen kép, a táblázatokat wordben, excelben kérjük elkészíteni.

⑥ Az ábrákat címmel kell ellátni. Az ábrákat mindig grafikus rajzolja, ezért – hogy pontosak legyenek – kérjük az adatsorokat. Kérjük a mértékegység, jelmagyarázat szükség szerinti megadását. Az ábra forrását kérjük megjelölni; a szövegben megfelelő helyen jelenjen meg az ábrákra, táblákra, jegyzetekre való hivatkozás.

Köszönjük, hogy megfelelően előkészített kézirattal segíti munkánkat!

a Pénzügyi Szemle szerkesztősége

The novelty of the results should be clearly reflected. The methods, results, and discussion parts should receive appropriate subtitles. Please indicate the places and titles of figures in the manuscripts in Arabic numerals.

➤ References. They should be limited to the newest original articles and abstracts. Only those references can be listed which were referred to in the text and are in direct relation to the researched issue. In case there are more than three authors, 'et al' should be written after the names of the three authors. In-text references should be indicated in brackets, for example, (Osipian, 2009). In case there is more than one work by the same author in the same year, in order to differentiate them, the alphabet index should be used, written next to the date. If a page number is given: for direct quotes, indicating page numbers is mandatory. References should appear at the end of the study in alphabetical order, detailing in-text references in the following way:

➤ Books: Felföldi B., Németh E., Tarr K., Vass Gy. (2002). Communication as a European integration priority issue from the aspect of municipalities. Municipium Hungaria Foundation, Budapest

➤ Volume of essays and studies, publications in composite works: Menard, C. (2004). A new institutional approach to organization. In: Menard, C., Shirley, N. (ed.). Handbook of new institutional economics. Kluwer: Boston-Dordrecht, pp. 281-318

➤ Articles published in periodicals: Osipian, A. L. (2009). Corruption hierarchies in higher education in the former Soviet Bloc. International Journal of Educational Development, 29, pp. 321-330

➤ Websites: World Bank Institute (2010). Governance matters 2009. Worldwide Governance Indicators, 1996-2008, <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.asp>

➤ The tables should have titles; every table should be on a separate page. The tables should not be in picture format, please submit them using Word or Excel.

➤ The figures should have titles. The figures are always drawn by graphic artists, therefore, to be accurate, please provide the related background data. Please supply the units of measurement and legends, where needed. Please indicate the source of the figures; reference to figures, tables, and notes should happen in the appropriate part of the text.

Thank you for assisting our work with an appropriately prepared manuscript!

The Editorial Team of Public Finance Quarterly

A Guide to Publishing in the Public Finance Quarterly

The manuscripts should be sent to the email address: szemle@asz.hu, in an electronic format as an attachment. Please use the Microsoft Office program package. The length of the articles should not exceed 40,000 characters (with spaces). The manuscript should include:

- 1 title page;
- 2 Hungarian abstract, keywords; English abstract (with an English title), keywords;
- 3 text;
- 4 references;
- 5 tables;
- 6 figures.

1 The following should appear in order on the title page: the title of the manuscript, its subtitle if relevant, the names of the authors, their academic titles, their affiliation (including the city), and their position. In addition, the email address¹, telephone number of the corresponding author, and the date submitted should be provided.

2 The abstract has to be submitted in Hungarian and English, on separate sheets. They cannot contain abbreviations. The following should be taken into account when editing: the concise drafting of the 'Introduction', 'Objective', 'Method', 'Results', and 'Conclusions' should happen in such a way that it should, merely, be sufficient to read the abstract to understand the essence of the essay. The length of the Hungarian and English abstracts should conform to each other; maximum characters are limited to 1000. Only a maximum of five keywords can be given at the end of the Hungarian and English abstracts, JEL code.

3 The clear drafting of the manuscript is especially important for the reader. In the original article, the main issue should be elaborated in the introduction in a few sentences. Detailed historical introductions should be avoided. In the methodology part, those methods should be clearly and precisely presented or referenced, based on which the authors received their results. The results and the discussion sections should be separately and clearly drafted. The discussion part should be connected to the newest scope of knowledge, as well as to those findings from which the authors drew their conclusions.

¹ The email address of the corresponding author will be included in the Quarterly.

- MIRRI (2022). *Výšňmáská skupina (Vš)*. [Visegrad Group (Vš)], <https://www.miri.gov.sk/sekcie/informatizacia/medzinarodna-agenta/medzinarodna-spolupraca/vysehradská-skupina-vš/index.html>
- VLADA ČR (2021). *Aktuální opatření na podporu ekonomiky*. [Current measures to support the economy], Government of the Czech Republic, <https://www.vlada.cz/cz/epidemie-koronaviru/dulzite-informace/podpora-a-ulevy-pro-podnikatele-a-zamestnance-180601/>
- VLADA SR (2021). *Prvá a druhá pomoc. Pomoc pre občanov a podnikateľov*. [First and second aid. Assistance for citizens and entrepreneurs], Government of the Slovak Republic, <https://korona.gov.sk/prva-a-druha-pomoc/>
- GAZETA PRAWNA (2020). *Tarcza antykryzysowa 2.0. Prezydent podpisal ustawę*. [1470138, tarcza-antykryzysowa-20-duda-podpisal-ustawe.html] <https://www.gazetaprawna.pl/wiadomosci/artykuly/>
- EUROSTAT (2022). *National Accounts*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
- EUROPEAN COMMISSION (2021). *Recovery plan for Europe*. Retrieved December 15, 2021, from <https://bankysk/slovensko-je-svrnou-najotvorenejšou-krajinou-eu-dopady-koronakrizy-su-preto-negativnejšie/>

- Research. *Central and Eastern Europe*, 25(2), <https://doi.org/10.18778/1508-2008.25.14>
- Csiszárk-Kocsis, A., Varga, J., Garai-Fodor, M. (2021). Knowledge About Past and Present Financial Crises in Relation to Financial Education. *Public Finance Quarterly*, 66(2), https://doi.org/10.35551/PFQ_2021_2_3
- FRANK, H., BERNAKE, B. S. (2003). *Ekonomie* [Economics] Praha: Grada Publishing
- FRANK, K., MORAV, K. (2019). *Slovenská ekonomika po štyrtoročí samostatného štátu* [Slovak economy after a quarter of a century of an independent state]. Bratislava: VEDA
- FRIEDMAN, M. (1968). The Role of Monetary Policy. *American Economic Review*, 58(1)
- FRIEDMAN, M., SCHWARTZ, A. J. (1971). *A Monetary History of the United States, 1867-1960*. New York: NBER
- HAJNAL, G., KOVÁCS, E. (2020). Governance and Policy Responses to the COVID-19 Pandemic in Hungary: Early Experiences and Lessons. *Good Public Governance in a Global Pandemic*, <https://doi.org/10.46996/pgs.v1e1>
- HOLMAN, R., et al. (2001). *Dějiny ekonomického myšlení*. [History of Economic Thought] Praha: C. H. Beck
- HORBULÁK, ZS. (2018). *Regionálne hospodárske dejiny Slovenska*. [Regional economic history of Slovakia] Trenčín: Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka
- KEYNES, J. M. (1963). *Obecná teorie zamestnanosti, úroku a peněz*. [General theory of employment, interest and money], Praha: Nakladatelství ČSAV
- Kocziszky, G., Szendi, D. (2021). Comparative Analysis of the Economic Development Paths of Hungarian Counties. *Public Finance Quarterly*, 67(2) Special Edition), https://doi.org/10.35551/PFQ_2021_s_2_1
- KYDLAND, F. E., PRESCOTT, E. C. (1982). *Time to Build and Aggregate Fluctuations*. *Econometrica*
- MOLNÁR, D., HORVÁTH, D., REGÖS, G. (2021). W-shaped Recovery in the Two Waves of the Coronavirus Pandemic. *Public Finance Quarterly*, 66(1), https://doi.org/10.35551/PFQ_1_4
- OBADI, S. M., et al. (2013). *Vývoj a perspektivy svetovej ekonomiky. Hľadanie možných cest ozivenia v case pretrvávajúcej krízy dovery*. [Development and prospects of the world economy. Finding possible pathways to recovery at a time of ongoing crisis of confidence] Bratislava: VEDA
- PLOSSER, C. I. (1989). Understanding Real Business Cycles. *Journal of Economic Perspectives*, 3
- SAMUELSON, P. A. (1939). Interactions between the Multiplier Analysis and the Principle of Acceleration. *The Review of Economic Statistics*, 21(2)
- SMETANKOVÁ, D., KRČEK, T., TETOUROVÁ, E. (2020). *Přehled opatření na zmírnění socioekonomických dopadů koronavirové nákazy*. [Overview of measures to mitigate the socio-economic impacts of the coronavirus outbreak]
- Wójciki, W. (2022). Crisis Aspects of the COVID-19 Pandemic in the Social Sphere and Secondary in Economic One. *Economic and Regional Studies*, 15(1), <https://doi.org/10.2478/ers-2022-0006>
- BANKY.SK. (2020). *Slovensko je stavou najtorvorenejšou krajinou EÚ*. [Slovakia is the EU's

BARRO, R. J. (1981). *Money, expectations and business cycles: Essays in macroeconomics*. New York: Academic Press.

BIASZCZYK, M. C. (2022). Selected Aspects of European Integration of the Visegrad Group Countries. *Comparative Economic*

REFERENCES

- ¹ This article was created as part of the solution of the research project VEGA 1/0239/19 „Implications of Behavioral Economics for Streamlining the Functioning of Current Economies”.
- ² In this context, there is also talk of a double-bottomed economic crisis, with one bottomed economic recession appeared only from the beginning of the industrial era of the society development. Until then, in the period of predominantly agricultural economies, the emergence of economic cycles did not occur in today's notion.

NOTES

The start-up of economies and the support of subjects affected by the forced reduction of their economic activity was helped by the measures taken by governments of the V4 countries. The governments of the V4 countries adopted packages of largely similar measures to prevent a deeper economic downturn and a high rise in unemployment. They helped to sustain many jobs and contributed to the recovery and growth of economies already in 2021. However, it is difficult to say how much the measures taken by governments, or the improved health situation or the recovery of the EU economy (where the exports of these countries are going above all), had contributed to the recovery in growth. A positive reality in 2021 is the high rate of GDP growth in Hungary (7.1%) and Poland (5.9%). The Slovak and Czech economies grew by about 3 per cent.

In the future, financial support from the European Union's Recovery and Resilience Plan is also intended to help the recovery of the V4 economies (European Commission, 2021).

It will be important for countries to use these funds meaningfully and effectively. The risk of further development may be high government budget deficits, disproportionately increasing public debt and the high inflation that we have seen recently. The war in Ukraine, the disruption of the supply of strategic raw materials as well as the supply of production parts, the associated rapid price increases, pose a further threat to the growth of V4 economies. Among the V4 countries (and not only those) Slovakia, Hungary and the Czech Republic are the most dependent on oil and gas imports from Russia to date. This, too, is one of the serious reasons for jeopardising future developments. Monitoring the course of the economic cycle shows that Poland, as a large economy with high domestic demand, is the country least affected by the recession at a time of economic crises. Small open economies are more sensitive to fluctuations in foreign demand that crises, whether caused by economic or non-economic causes, bring with them. ■

2021. In the period reviewed, we saw three phases of economic growth and two phases of economic downturn in these countries. Each period reviewed was triggered by other causes. The global financial and economic crisis that spilled over from the USA in 2008 to Europe, and thus to the V4 countries, caused a decrease in GDP and individual components of aggregate demand in the Slovak Republic, Hungary and the Czech Republic. In Poland, there was only a slowdown in GDP growth or a stagnation in domestic demand. In the case of the Czech and Hungarian economies, we can talk about a double-bottomed recession, as in addition to 2009 there was a fall in GDP (albeit more moderately) in 2012. In the period 2014–2019, GDP in all V4 countries increased. The second recession in the period was the coronavirus pandemic, which the economies were struggling with, particularly in 2020, and we cannot say at present that the spread of this contagious disease will no longer close the economies and lead to another recession. The coronavirus pandemic in 2020 affected the economies of all V4 countries, which resulted in a decline in real GDP. In the Slovak Republic, Hungary and the Czech Republic, the slump in GDP was around 5 per cent, in Poland it was less (2.7%). Even today, despite the improvement in the health and economic situation, we are living in times of uncertainty.

Based on our research, we can conclude that the economies of Slovakia, Hungary and the Czech Republic were affected by both crises in about the same way, with GDP falling by 5–6 per cent. In Poland, there was only a recession in the case of the second crisis caused by the coronavirus pandemic, while the global financial crisis only meant a slowdown in GDP growth for the economy.

2021. In the period reviewed, we saw three phases of economic growth and two phases of economic downturn in these countries. Each period reviewed was triggered by other causes. The global financial and economic crisis that spilled over from the USA in 2008 to Europe, and thus to the V4 countries, caused a decrease in GDP and individual components of aggregate demand in the Slovak Republic, Hungary and the Czech Republic. In Poland, there was only a slowdown in GDP growth or a stagnation in domestic demand. In the case of the Czech and Hungarian economies, we can talk about a double-bottomed recession, as in addition to 2009 there was a fall in GDP (albeit more moderately) in 2012. In the period 2014–2019, GDP in all V4 countries increased. The second recession in the period was the coronavirus pandemic, which the economies were struggling with, particularly in 2020, and we cannot say at present that the spread of this contagious disease will no longer close the economies and lead to another recession. The coronavirus pandemic in 2020 affected the economies of all V4 countries, which resulted in a decline in real GDP. In the Slovak Republic, Hungary and the Czech Republic, the slump in GDP was around 5 per cent, in Poland it was less (2.7%). Even today, despite the improvement in the health and economic situation, we are living in times of uncertainty.

Based on our research, we can conclude that the economies of Slovakia, Hungary and the Czech Republic were affected by both crises in about the same way, with GDP falling by 5–6 per cent. In Poland, there was only a recession in the case of the second crisis caused by the coronavirus pandemic, while the global financial crisis only meant a slowdown in GDP growth for the economy.

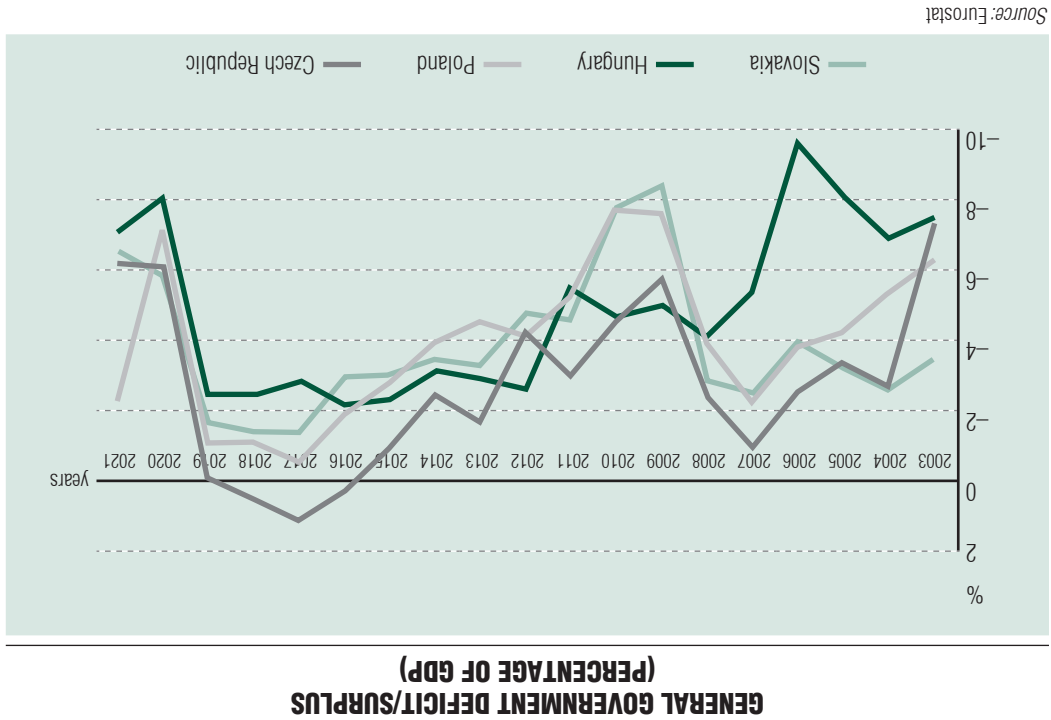


Figure 9

Source: Eurostat

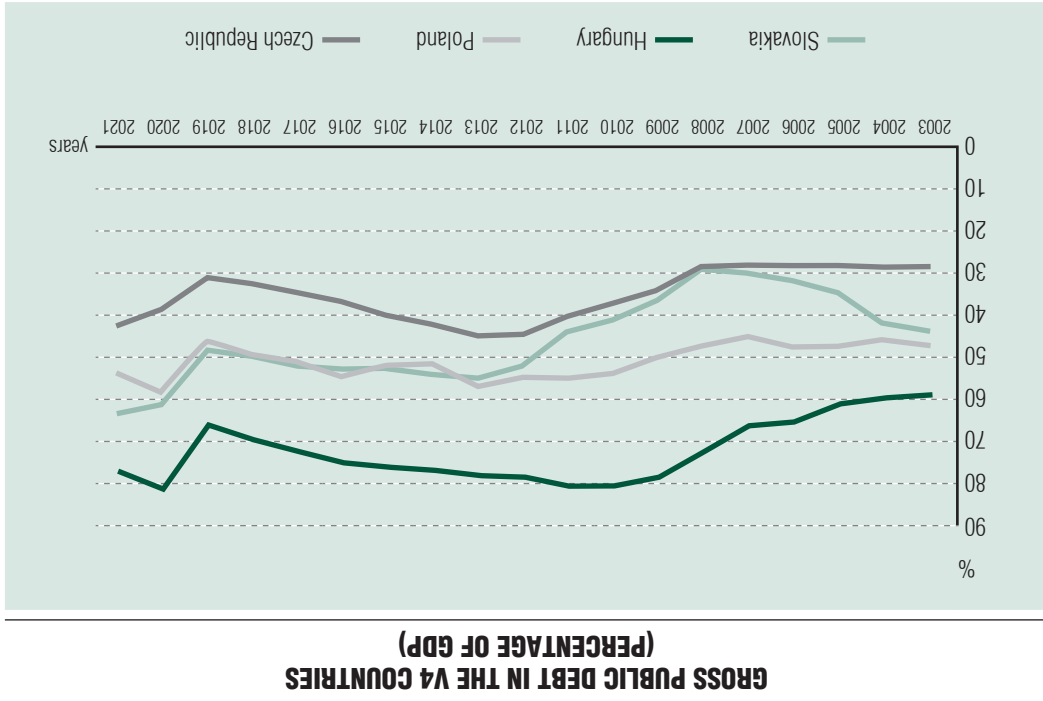


Figure 8

The Visegrad Group represents an informal grouping of four Central European countries: Hungary, Poland, the Czech Republic and the Slovak Republic, which are based on the same cultural, intellectual, socio-economic values and develop cooperation today. In our article, we looked at the development of these economies over the period 2003–

CONCLUSION

(See Figure 9)

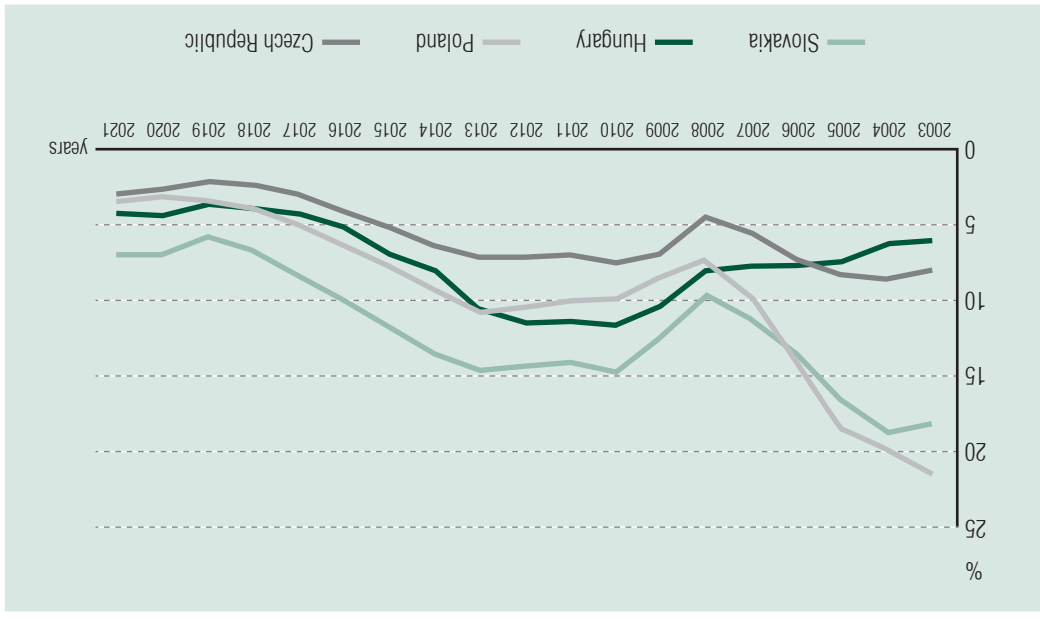
of the state budget during the period 2016–2019. Other countries did not use enough 'good times' to achieve at least a balanced state budget. During both economic crises, demands on expenditure from the state budget increased, which was reflected in increase in the state budget deficits as well as public debts.

Public debt varies depending on the balance of the state budget. Throughout the period reviewed, the state budget of the V4 countries was in deficit. The only exception is the Czech Republic, which achieved a surplus balance in 2003. In 2020, the coronavirus pandemic and its impacts on the economy negatively affected the values of this indicator in all V4 countries, of which only the Czech Republic and Poland remained below 60 per cent of GDP. In Figure 8, we can see that in 2021 developments in this area varied. While Poland and Hungary reduced public debt, the share of public debt to GDP increased in the Slovak Republic and the Czech Republic also in the second year of the pandemic.

share of public debt in GDP (65.5%), but it managed to reduce it by around 15 percentage points since 2011 and move closer to the 60 per cent of GDP reference value.

Figure 7

**UNEMPLOYMENT RATE IN THE V4 COUNTRIES
(CHANGES PER YEAR IN %)**



Source: Eurostat

During and also after the economic recession triggered by the global financial crisis, the share of public debt in GDP increased in all V4 countries; in Poland, Czech Republic and Slovakia until 2013. However, while the Czech Republic, Poland and Slovakia were below the reference value (60 per cent of GDP), Hungary significantly exceeded this limit (80.4 per cent of GDP in 2011). This is also why efforts to reduce the level of this indicator started in Hungary in 2012, slightly earlier than in the other V4 countries.

Later, in the second phase of economic growth (2014–2019) within our reporting period in all four V4 countries, governments managed to reduce public debt. The Czech Republic, whose public debt accounted for 30.3 per cent of GDP in 2019, achieved the best results in this regard throughout the period. Hungary continued to have the highest

of state budget deficits and increasing states indebtedness, it was necessary to adopt and consistently implement the consolidation of public finances in Slovakia. This resulted in a gradual improvement in the outcome in both areas mentioned above and the fulfilment of the requirement set for the government deficit (below 3 per cent of GDP) and a further reduction in the share of public debt in GDP. The Slovak Republic was thus eliminated from the excessive deficit procedure in 2014. In 2019, the share of general government gross debt was 48.2 per cent of GDP. The economic crisis triggered by the coronavirus pandemic led to the need to introduce measures to support the economy, which required an increase in government expenditure. This led to an enormous increase in public debt in Slovakia, which for the first time exceeded the reference value and reached 60.6 per cent of GDP in 2020 and 63.1 per cent in 2021.

Due to negative development in the area represented almost 55 per cent of GDP.

In 2013, this indicator began to rise rapidly. In 2013, this indicator That's when public debt and its share of GDP and economic crisis on the Slovak economy. negative consequences of the global financial of the economic recession as a projection of the occurred in connection with the manifestations development in the area of indebtedness cent of GDP by 2008. After 2008, negative and fell to an acceptable level of 28.6 per to decline in years of high economic growth around 43.2 per cent of GDP in 2003, started to Slovakia's public debt, which amounted to

SUSTAINABILITY OF PUBLIC FINANCES IN THE V4 COUNTRIES

all V4 countries, however, Slovakia still has the highest unemployment rate (6.8%).

In *Figure 7*, we can see that the coronavirus pandemic and the associated measures to prevent the spread of this disease led to a slight increase in unemployment, but this was not dramatic. Unemployment increased by 1 percentage point in Slovakia and Hungary to 6.8 per cent and 4.3 per cent respectively. Of

among all V4 countries. unemployment rate (6.8 per cent in 2020) cycle. However, Slovakia still has the highest falling at this growth phase of the economic other three V4 countries, unemployment was lowest level achieved to date. Similarly, in the grew, it declined to 5.8 per cent in 2019, the around 14 per cent. Gradually, as real GDP Slovakia remained at a relatively high level of In 2010–2012, the unemployment rate in in Slovakia.

it was still by 1.7 percentage points lower than affected by the global financial crisis. However, performance of the Hungarian economy was

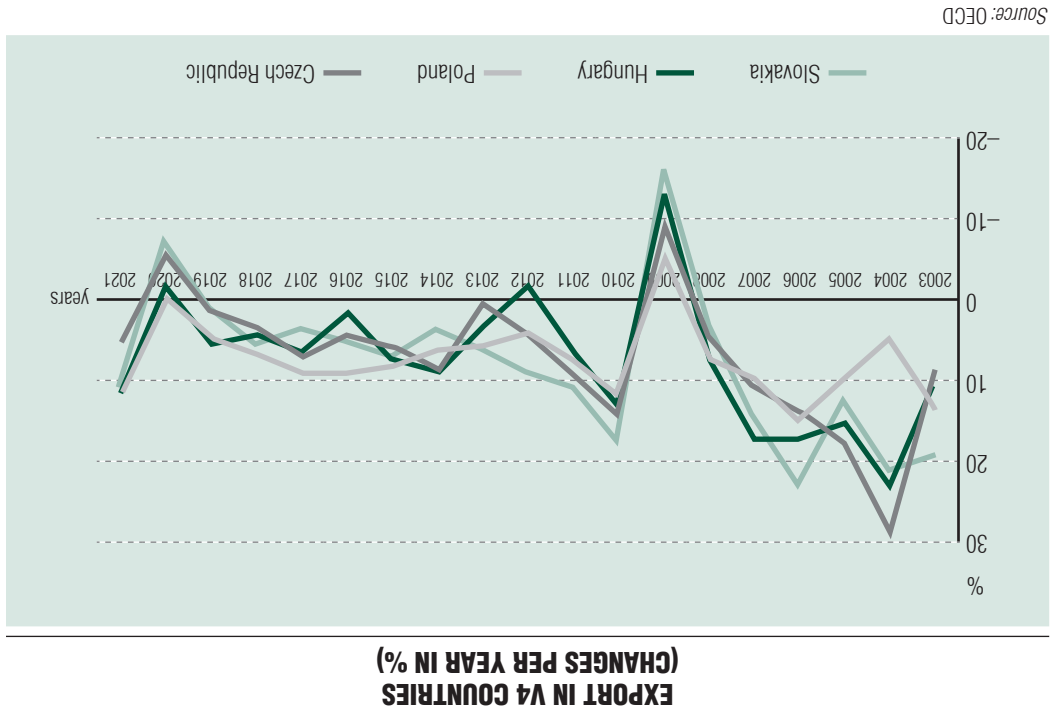


Figure 6

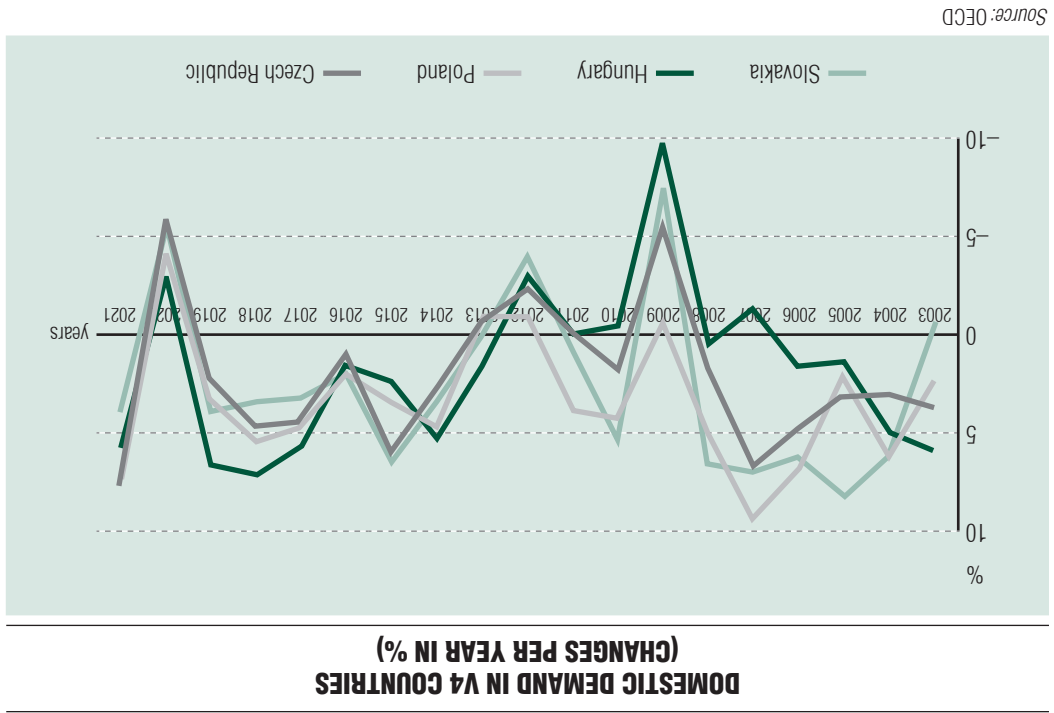


Figure 4

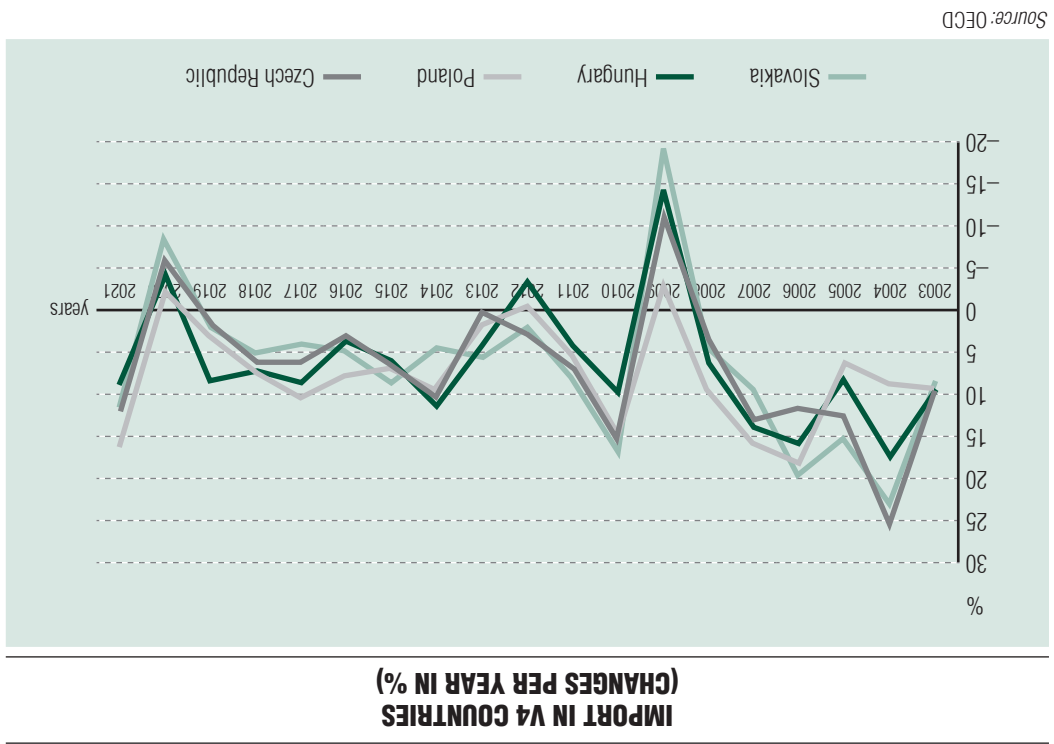


Figure 5

of exports and imports of goods and services in GDP. The Czech economy has reached an openness of 145 per cent of GDP. Among the V4 countries, Poland is the least open; reaching an openness level of 106 per cent of GDP as a large economy. Lower openness can be an advantage in certain circumstances because it means less sensitivity to changes in the external environment. This was positively reflected during both economic crises in the case of Poland. (See Figure 5)

In the phase of the recession caused by the global financial and economic crisis, exports decreased significantly in all V4 countries, but most significantly in Slovakia and Hungary (18.9%, and 14.5%). In Figure 6, we can see that during the downturn phase due to the pandemic, exports decreased again in the most in Slovakia (8.3%) and at least in Poland (1.9%). The start-up of domestic and foreign economies in 2021 led to a rebound in exports in all V4 countries and most in Poland (15.9%).

Poland (20.8%), followed by Slovakia (17.6%), had the highest unemployment rate at the beginning of the period reviewed. Unemployment in the Czech Republic (7.8%) and Hungary (5.9%) was significantly lower during this period. The Czech Republic has long shown very low unemployment rates (2.1 per cent in 2019), which are among the lowest in the EU. In the first growth phase of the economy within the reporting period, characterized by high economic growth, unemployment in Poland and Slovakia decreased significantly and in 2008 it decreased to a much more favourable 9.6 per cent in Slovakia and even to 7.2 per cent in Poland. This positive trend was halted by the global financial crisis and economic recession. Unlike other V4 countries, in Hungary unemployment increased slightly in the period 2004–2008 due to stagnation and later also decline in real GDP, even before the

coronavirus pandemic and the economic crisis triggered by it led to a decrease in investment in all V4 countries in 2020, with Slovakia (12%) and Hungary (7.3%) recording the largest decreases. As per Figure 3, the economic recovery in 2021 also led to an increase in fixed capital formation in all countries surveyed, most in Hungary (5.9%), at least in Slovakia and the Czech Republic (0.6%).

In the year of the strongest manifestation of global financial and economic crisis in Europe (2009), domestic demand decreased in all V4 countries. Hungary (9.7%) recorded the biggest slump, while Slovakia (7.7%) and the Czech Republic (5.3%) reported slightly lower slumps. Domestic demand declined in Poland the least (0.3%), which is a major economy compared to the other three countries. This is positively reflected in its domestic demand.

The economic crisis triggered by the spread of the coronavirus worldwide has led to a reduction in domestic demand in all V4 countries. The largest decreases in domestic demand among these four countries in 2020 were recorded in the Czech Republic (5.7%) and in Slovakia (5.5%), the lowest in Hungary (3%) and Poland (3.7%). As per Figure 4, in 2021 there was an increase in domestic demand in all V4 countries, the most in the Czech Republic and Poland (7.6%) and at least in Slovakia (3.8%).

Slovakia is a small, open and pro-export-oriented economy. In 2019, the openness of the Slovak economy reached 185 per cent of GDP. The value of goods and services exported from Slovakia represented 93 per cent of GDP. The share of imports was 92 per cent of GDP. It was the fourth most open economy within the EU. Only three countries had a higher degree of openness, namely Luxembourg, Malta and Ireland (Banky SK, 2020). Within the V4 countries, Hungary is close to the level of openness of the Slovak economy, with a 163 per cent share

Figure 2

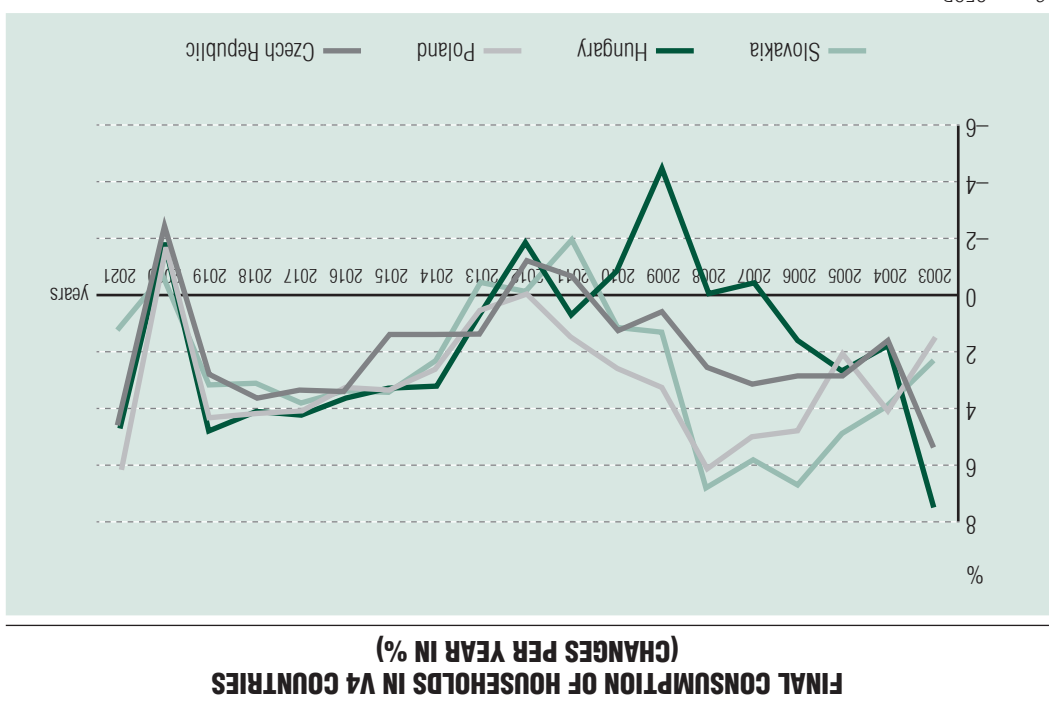
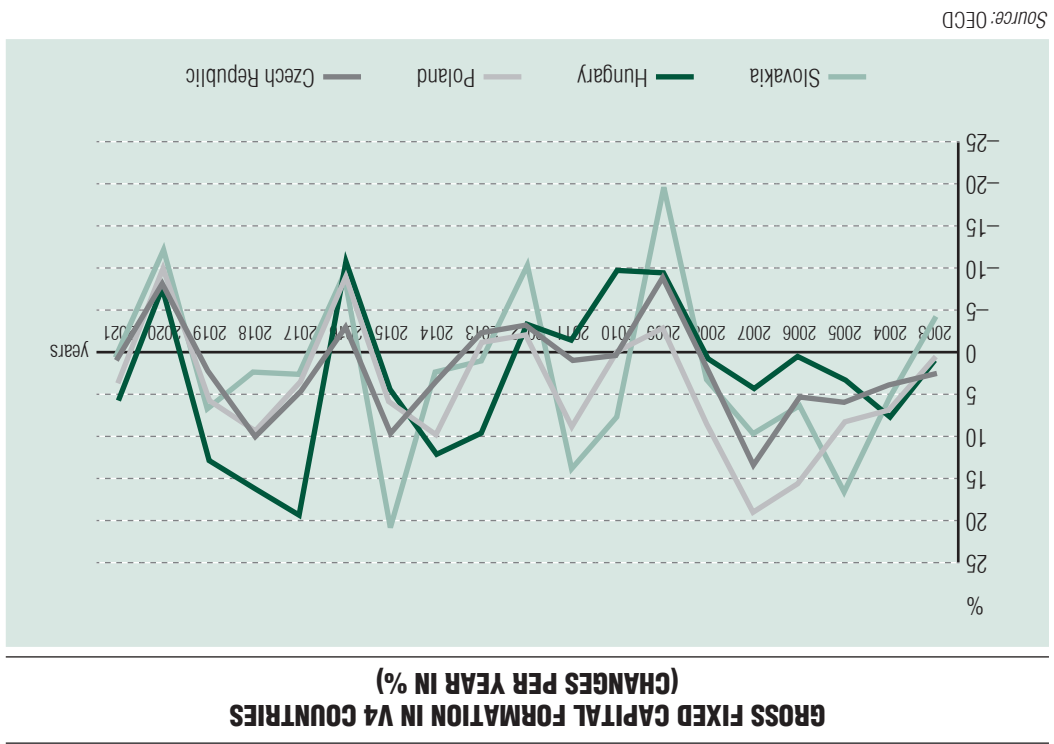


Figure 3



► Financial assistance (even non-repayable) for enterprises conditional on the maintenance of jobs.

► State guarantees for loans.

► Possibility of deferred repayment of loans.

► Entrepreneurs were entitled to a tax relief

of 50 per cent for three months on social

security contributions.

► Programme to promote public investment

(Gazeta prawną, 2020).

In a difficult situation, thanks to the

measures taken, economic growth was

achieved in all V4 countries in 2021. The

Slovak and Czech economies recorded growth

of about 3 per cent. The Hungarian and Polish

economies did even better, GDP in Poland

grew by 5.9 per cent and in Hungary by up to

7.1 per cent.

For now, the economic crisis caused by the

coronavirus pandemic seems to have lasted only

one year. However, economies are currently

threatened by other economic and non-

economic factors that may reverse favourable

developments. Fears of the continuation of the

pandemic, rising inflation, the ongoing war in

Ukraine, the lack of strategic raw materials,

parts for manufacturing enterprises, climate

change are the main risks to the current and

future development of economies and the

prosperity of the population.

“Supporting economies in this situation

requires a large amount of funds, but these

place heavy burden on the expenditure side

of state budgets. This may be facilitated by

the abundance of funds from the European

Union, which will also allow for significant

developments. The long-term effects of

developments will be determined by the

efficiency of the use of funds, which is

extremely important because domestic funds

are finite: the increased deficit generated in

2020 and 2021 by the anti-cyclical economic

policy will sooner or later have to be reduced.

In the use of funds, the aspects of long-term

DEVELOPMENT OF AGGREGATE DEMAND IN THE V4 COUNTRIES

growth should be given priority” (Molnár, D. & Horváth, D. & Regős, G., 2021).

During the economic recession caused by

the global financial crisis, all V4 countries

experienced a decrease in household final

consumption or a decrease in their growth. The

most significant slump in consumption was

in Hungary, where household consumption

decreased by 4.6 per cent in 2009. Poland

was the only economy from the V4 countries

where household consumption did not see a

decrease in this crisis period (there was only

a slowdown in its growth to 0.3 per cent in

2012).

Decrease in household consumption caused

by the economic consequences of the corona

crisis was the largest in the Czech Republic

(2.6%) in 2020. Slovakia recorded the

lowest decrease in consumption among the

V4 countries (0.7%). As per *Figure 2*, GDP

growth in 2021 also resulted in a recovery in

household consumption, which increased the

most in Poland (6.1%) and at least in Slovakia

(only 1.1%).

In 2009, when the economic recession

became fully evident in Europe as a result of

the global financial crisis, gross fixed capital

formation declined in all V4 countries. Slovakia

reported the largest slump (almost 20%),

Capital formation in the Czech Republic and

Hungary decreased approximately equally (by

9%). Poland was best off in this respect, with

capital formation falling by only 2.7 per cent.

After a brief recovery in investment growth

in 2011 in the Slovak Republic and Poland,

there was a renewed decrease in 2012. Gross

fixed capital formation in all V4 countries

was subject to significant fluctuations also in

the economic growth phase after 2013. The

▶ The State contributed to the tradesmen who saw a decrease in revenues.

▶ The financial instrument “SIH anticorona guarantee”, which made it possible to grant preferential bridging loans to small and medium-sized enterprises. The aim was to maintain jobs and operations despite the crisis situation. The maximum amount of the loan was 50 per cent of the total turnover of the company for 2019.

▶ The State granted financial assistance in the form of a loan guarantee granted by the bank and payment of interest on the loan granted by the bank.

▶ Deferral of employer contributions in the event of a decrease in revenues of more than 40%.

▶ Deferral of mortgage and loan repayments (Vláda SR, 2021).

Measures taken in Hungary

▶ At the beginning of the pandemic, the Hungarian government introduced two funds to mitigate the effects of the coronavirus: the Economic Support Fund to maintain employment, create jobs and boost the economy, and the Epidemic Prevention Fund. Introduction of the so-called, Kurzarbeit, while the income shortfall was reimbursed by the State. The maximum amount of the State contribution was 70 per cent of the employees' salary.

▶ Introduction of a compulsory tax on financial institutions of 0.19 per cent on the tax base during an emergency.

▶ Introduction of a compulsory tax in the retail sector, whose amount was determined in relation to net annual turnover.

▶ Collective investment funds and pension funds were eligible for loans from the Treasury with a five-year repayment period.

▶ State guarantees for loans up to 90%.

▶ The government earmarked EUR 6.5 billion to protect jobs. In the event of downtime or reduction in working time, the State replaced social security contributions.

▶ Self-employed persons received a one-off contribution of 455.7 EUR.

Measures taken in Poland

▶ Loan programme at an interest rate of 2,5 per cent.

▶ Reduction of the social insurance rate.

▶ Service undertakings (tourism, hospitality, entertainment) were exempt from tax payment (Hajnal & Kovács, 2020), (Smetanková & Krček & Tetourová, 2020).

Measures taken in the Czech Republic

▶ Promoting employment retention. Compensation was provided for the costs of employers whose employees were ordered quarantine or isolation. The amount of the contribution was set at 80 per cent of the costs. In the case of quarantine, the employee received a salary compensation of 60 per cent of the earnings. In the event of an obstacle on the part of the employer, he could apply for a contribution equal to 60 per cent of the salary compensation paid, including insurance premiums (Smetanková & Krček & Tetourová, 2020).

▶ Subsidy programme to support entrepreneurs: Entrepreneurs and firms were eligible for support, if their turnover had fallen by at least 30 per cent and were at risk of not covering costs and being at a loss. The support represented 40 per cent of the company's uncovered costs.

▶ Investments in transport and water infrastructure.

▶ Loosening the rules on budgetary responsibility (Vláda ČR, 2021).

► The State reimbursed 80 per cent of the employees' salary in the companies whose operations were closed.

Measures taken in the Slovak Republic

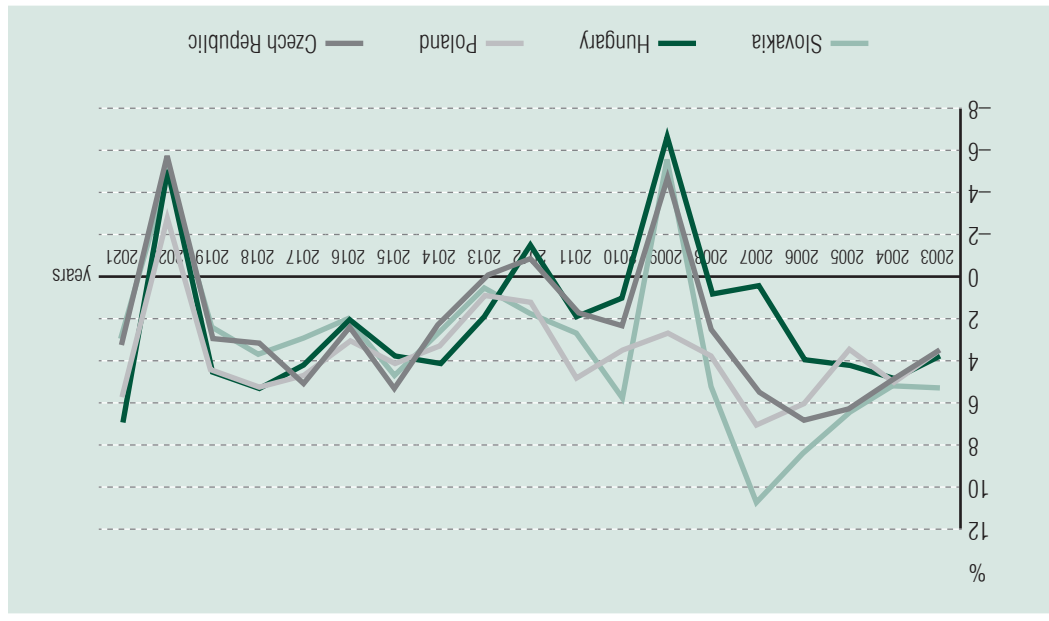
economic impact of the crisis and revive the economy. These packages were been similar in many ways, as governments tried to address the same problems that had arisen in the economic sphere as a result of the pandemic. These measures focused mainly on helping employees, entrepreneurs and sole traders. At certain points, these measures differed, whether by the proportion of the funds provided or by the specific form of aid granted. From a number of measures, we point out those that we consider significant and believe that they have helped the recovery of economies the most.

MEASURES TAKEN BY THE V4 COUNTRIES TO MITIGATE THE ECONOMIC IMPACT OF THE PANDEMIC CRISIS

The coronavirus pandemic in 2020 affected the economies of all V4 countries, with real GDP falling in all of them. In the Slovak Republic, Hungary and the Czech Republic, the GDP slump was around 5 per cent, in Poland it was less (2.7%).

by limiting the transmission of infection by stopping manufacturing, service, educational, and entertainment activities and by issuing orders and imposing prohibitions on the population. On the other hand, efforts were made to prevent corporate bankruptcies and job losses (Wójcicki, 2022).

Already in spring 2020, the governments of all V4 countries took measures to mitigate the



Source: Eurostat

DEVELOPMENT OF REAL GDP IN THE SLOVAK REPUBLIC, HUNGARY, POLAND AND THE CZECH REPUBLIC (CHANGES PER YEAR IN %)

Figure 1

At the end of 2008, the global financial and economic crisis that originally occurred in the United States was also transferred to EU countries. Gross domestic product in Slovakia still increased by 5.4 per cent this year, but in 2009 the economic recession was fully reflected. The GDP decreased by 5.5 per cent a favourably developing economy with high growth figures had slumped. The uneven development of Slovakia's industrial regions is deteriorating at a time of economic crises, which was also reflected during this crisis (Horbulák, 2018). It was necessary to stimulate economic growth and at the same time avoid excessive increase in public debt. The very difficult task of the government was to strike a balance between economic growth, reducing the unemployment rate, socially bearable measures and reducing public debt (Obadi, 2013).

Economic recession was fully manifested in the V4 countries in 2009, with the most GDP falling in Hungary (-6.7%), then Slovakia (-5.5%) and the Czech Republic (-4.7%). The economic downturn has avoided Poland, where growth only slowed down to 2.8 per cent. Already in the following year 2010 there was a recovery in Slovak economy (GDP growth of 5.9%). However, this re-emerging trend of economic growth slowed down in the following years. The Slovak economy achieved significantly lower growth values than before the crisis. One of the causes thereof was the emergence of another, although milder recession in the EU, caused by the debt crisis in peripheral countries of the euro area and fears about the further development of monetary union.³ Although the Slovak Republic did not exceed the recommended values of public debt during this period, the unfavourable and uncertain situation in the euro area negatively affected the values of economic growth. Even in the following years, there was no return to pre-crisis high growth rates. Gross domestic product increased on average by only 3 per cent per annum in the post-crisis period. Labour productivity growth slowed down and the real convergence of the Slovak economy towards the level of the EU-27 economies and, in particular, to the level of more advanced – the primary fifteen – EU countries also began to stagnate (Frank & Moray et al., 2019).

In 2010–2013, Slovakia and Poland resumed the path of recovery and growth, but the annual GDP growth was significantly lower than in the period before the global financial crisis (on average around 2.8 per cent respectively). The Czech Republic and Hungary showed a weak recession also in 2012. The Czech gross domestic product decreased by 0.8 per cent in 2012 and even in 2013 the Czech economy recorded zero GDP growth. Hungarian GDP decreased by 1.4 per cent in 2012. As per Figure 1, in the period 2014–2019, GDP in all V4 countries increased. In 2020, all the EU countries and the world were affected by the coronavirus pandemic, with serious consequences for their economies. As a result of protecting human health from COVID-19, many businesses were closed down, particularly in the gastronomy sector, hotels, services and part of the shops. This sudden supply shock negatively affected the performance of economies of these countries. As a result of the shortfall or decrease in income of persons affected by the restriction of work or business activity, demand was consequently reduced, which further aggravated the economic development. Economies reached the next phase of economic downturn. There was another economic crisis.

The pandemic is, most importantly, multidimensional. In dealing with the effects of the 2008 financial crisis, efforts were focused on helping banks so as to avoid a domino effect and maintaining a functioning banking system. During the pandemic, attention was focused on health protection, mainly

Source: Eurostat

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Slovakia	1.9	0.7	2.6	4.8	2.1	3.0	3.7	2.5	-4.8	3.0
Poland	1.3	1.1	3.4	4.2	3.1	4.8	5.4	4.7	-2.7	5.9
Hungary	-1.4	1.9	4.2	3.8	2.1	4.3	5.4	4.6	-5.0	7.1
Czech Republic	-0.8	0.0	2.3	5.4	2.5	5.2	3.2	3.0	-5.8	3.3
European Union	-0.7	0.0	1.6	2.3	2.0	2.8	2.1	1.6	-6.1	5.4

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Slovakia	5.4	5.2	6.5	8.5	10.7	5.4	-5.5	5.9	2.8
Poland	3.6	5.1	3.5	6.2	7.2	3.9	2.8	3.7	4.8
Hungary	3.8	4.8	4.3	4.0	0.5	0.9	-6.7	1.1	1.9
Czech Republic	3.6	4.9	6.4	6.9	5.5	2.7	-4.7	2.4	1.8
European Union	1.5	2.5	2.0	3.4	3.1	0.5	-4.3	2.2	1.8

**REAL GDP DEVELOPMENTS IN THE V4 COUNTRIES
(CHANGES PER YEAR IN PER CENT)**

Table 1

As shown in Table 1, in the Slovak Republic there was high economic growth in 2003–2008, on average of 6.6 per cent per annum. The highest GDP growth was recorded in 2007, when the economy grew by up to 10.7 per cent. Of the V4 countries in 2003–2008, Slovakia achieved the highest real GDP growth. Economic growth was also reported by the Czech Republic and Poland, but yearly GDP growth was lower compared to Slovakia (on average in the Czech Republic 5 per cent and in Poland 4.9 per cent). Unlike these three countries, economic development in Hungary was slightly less favourable even in the period before the global financial crisis. Although the Hungarian economy grew at an average rate of 4.2 per cent per annum in 2003–2006, growth already declined significantly to 0.5 per cent in 2007 and to 0.9 per cent in 2008.

Economists, politicians and the public are watching closely as the national economic product (gross domestic product) develops, whether output is increasing. They expect this to translate into an increase in people's living standards and quality of life. Economic growth is an important but not sufficient condition for development. Even with rapid growth, economic development can be more moderate, and even modest output growth can induce greater improvements in quality of life (Koczişky & Szendi, 2021). “May 1, 2004 – the day the EU was enlarged by ten new countries, including the V4 countries. It can be stated that the V4 countries made a significant civilizational leap. Their importance on the international scale increased not only in the area of economic but also political and international security” (Blaşczyk, 2022).

DEVELOPMENT OF THE BASIC
MACROECONOMIC INDICATOR
— GROSS DOMESTIC PRODUCT —
IN THE V4 COUNTRIES

The Visegrad Group or the Visegrad Four (V4) is an informal group of four Central European countries: Hungary, Poland, the Czech Republic and the Slovak Republic. The Community was originally established in 1991 by three countries, one of which was the now non-existent Czechoslovakia. By dividing Czechoslovakia into two separate countries, the original Visegrad Three was transformed into the V4 in 1993. These countries have always been part of the same civilisation based on the same cultural, intellectual, socio-economic and religious values that they wish to develop further. The V4 countries cooperate in various areas of common interest within the European Union (MIRRI, 2022). We therefore find it interesting to monitor and compare development of these countries in the economic area that is of our interest.

“Knowledge about economic past in the form of crises is of key importance, as knowledge about the nature of previous crises and bubbles protects us from many bad economic, and thus, financial decisions. If we know the nature of crises and bubbles and the circumstances of their evolution, it can help us make better financial decisions” (Csizsárik-Kocsir & Varga & Gara-Fodor, 2021). The course of economic cycle can be characterised mainly by the development of real gross domestic product (GDP). Other macroeconomic categories on the basis of which the performance of the economy can be monitored are the unemployment rate, the development of aggregate demand, both domestic and foreign, private consumption and public consumption, export performance and the import intensity of the economy.

moderation of economic cycles (Holman, 2004). The situation changed dramatically in 2008, when financial and economic crisis of global dimensions occurred. The issues of economic and financial crises suddenly came under the spotlight of economists, politicians as well as the general public. After overcoming this crisis, there was a period of recovery and economic growth again.

However, in 2020, society and the economies of the world had to deal with a new economic crisis, this time caused by the coronavirus pandemic. It would seem that the spread of contagious diseases, and even more so global pandemics, cannot be a problem in today's developed world that could grow to such large sizes and crippling economies. Epidemics affected many countries in the distant past, but perhaps few would have predicted that we would be fighting such a global problem in the 21st century.

The aim of this article is to evaluate and compare development of the Slovak economy with those of the other V4 economies over the last nineteen years. The comparison will take place on the basis of the development of gross domestic product, unemployment rate and the individual components of the demand side of the economy.

In order to achieve the main objective, we asked the following research questions, which can also be understood as partial objectives:

- 1 Was the course of the economic cycle the same or similar in individual V4 countries during the reporting period? How deep have individual economies been affected by the global financial and economic crisis and the economic crisis caused by the coronavirus pandemic?
- 2 How have the Slovak economy and economies of other V4 countries dealt with the economic consequences of the pandemic?
- 3 What are the risks of further economic development in the V4 countries?

economists did not anticipate that such deep economic shocks could occur at all. In economic theory, the view of classical economists prevailed that the market economy is internally stable. Economic practice has confirmed the opinion of economic theorists. Although since the beginning of the 19th century there have been smaller-scale recessions in individual economies in the world, they have not had much intensity, depth and duration. The period of industrial development was characterised by a high rate of economic growth, rapid production growth, dynamic job creation and rapid income growth.²

In the 20th century, the longest and deepest crisis was the Great Depression of the 1930s. The World Economic Crisis was only brought to end by the Second World War. The needs of war production in the US and other countries, the rapid growth in demand for goods and services, triggered unusually high real GDP growth (almost 19 per cent in 1942) (Frank & Bernanke, 2003). The increase in government consumption led to high growth in aggregate demand. After the Second World War, periods of economic downturn, economic recessions of a larger or smaller scale re-emerged, but none of them reached the scale and intensity of the Great Depression. The economic crisis of 1929–1933 also hit Slovakia (at that time part of Czechoslovakia) hard. One solution was the so-called forced syndication, compulsory creation of cartels and syndicates, especially in light industry (Horňáček, 2018).

Especially since the 1980s, a dampening of economic cycles in developed countries, the so-called Great Moderation, has been observed. There is no clear consensus among economists in justifying such developments. The decline in the importance of traditional fixed capital-intensive industries is usually considered to be the reason for the gradual

demand will increase, and this will increase also the price level. Some producers perceive the increase in the prices of their products and believe that consumer demand for their products and services has increased to the detriment of their competitors' products. In such a case, they expect profit to rise above the level of normal profit in the economy (they would achieve net economic profit), which motivates them to increase the production volume. This increases real aggregate output in the economy. However, when producers realise that this was not in fact an increase in the relative price of their products, but an increase in the total price level, they will reduce the production volume to the original level. The only result of a central bank's such stabilisation monetary policy is an increase in the price level (Barro, 1981).

The theory of the School of Real Economic Cycle has developed within the framework of the New Classical Economics. According to its representatives, the cause of the economic cycle is on the supply side, in supply shocks such as the change in aggregate productivity caused not only by technological changes, but also by changes in the prices of production inputs (energy, raw materials, materials, etc.), due to high and low harvests in the agrarian sector, improvement or deterioration of climatic conditions, change in ecological standards, etc. Transient fluctuations in aggregate productivity spread to subsequent periods through so-called inter-period work substitution (or inter-period leisure substitution). The principle of inter-period work substitution explains why unemployment is decreasing in the expansion phase and rising in the recession phase (Kydland & Prescott, 1982).

Until the emergence of the World Economic Crisis, which unexpectedly collapsed on the New York Stock Exchange in 1929 and quickly spread to other sectors,

Economic cycle is traditionally understood in economic literature as fluctuations in real gross domestic product around the long-term growing trend of potential product. The growth of potential product depends primarily on capital growth and technological progress. On the other hand, fluctuations in economic activity, i.e. fluctuations in real gross domestic product around a potential product, are influenced by demand and supply shocks. However, in contemporary economic literature, we may also encounter other views on understanding the nature and causes of the economic cycle.

A new opinion on the cause of economic cycles emerged in the early 1980s (see Ch. Beveridge, Ch. Nelson, J. Campbell, E. Prescott, Ch. Plosser). According to the theory of these authors, the economic cycle is the result of fluctuations in the production possibilities of the economy itself (Plosser, 1989). Thus, fluctuations in real aggregate output are the result of economic shocks that permanently affect the output possibilities of the economy. These are, for example, sudden and significant changes in the productivity of production factors.

In economic literature, we can meet many theories, trying to justify the emergence of economic cycles. Keynes' economic cycle theory is one of the most significant ones looking for the cause of the economic cycle on the demand side. Keynes developed this theory during the World Economic Crisis of the 1930s, when most economies were in deep economic depression. In this theory, fluctuations in investment activity are considered to be a major factor in the emergence of the economic cycle. He saw the instability of investment activity in alternating pessimistic and optimistic moods in the business sector, which he did not further justify. A decrease in entrepreneurs' confidence in future investment returns,

compared to the cost of procuring them, leads to a decrease in demand for investments (Keynes, 1963). The use of a combination of accelerator and multiplier models can also explain the origin and mechanism of spreading the economic cycle. With this theory, Keynesian economists justify why investments in the economy fluctuate, thus provoking instability in the economic system. The main representative of this concept is the well-known economist and author *Paul A. Samuelson* (1939).

According to the monetarists, the economic cycle is the result of the central banks' incorrect monetary policy on the supply of money. The cause of the economic cycle is external monetary shock, which changes aggregate demand. As a result of the adjustment of enterprises to changes in real wages, there are also changes in the short-term aggregate supply. As the demand for money of individual economic operators is stable for a long time and the market economy is also stable, in the opinion of *M. Friedman* (1968), the main cause of fluctuations and disturbances in the economy is the sharp changes in the volume of the money mass. These disorders are triggered by exogenous effects such as state interventions. The biggest declines in U.S. production between 1867 and 1960 were caused by a previous inadequate reduction in money supply by the central bank (*Friedman & Schwartz*, 1971).

According to the concept of the equilibrium model of the business cycle, fluctuations in economic activity are not an expression of macroeconomic imbalances. They are based on the presumption of imperfect information of undertakings operating in different markets. Macroeconomic fluctuations arise only by unexpected changes in the amount of money. If the central bank unexpectedly increases the supply of money, aggregate

Comparison of Economic Cycles of the Slovak Economy and Other Visegrad Four Countries

Eleonóra Matoušková
University of Economics in Bratislava
eleonora.matouskova@cuba.sk

SUMMARY

The aim of the article is to compare the course of economic cycle in the Slovak economy with the economic cycles of the other three Visegrad Four (V4) countries for the period 2003–2021. The comparison was carried out on the basis of monitoring gross domestic product, unemployment rate and the individual components of aggregate demand developments. In the period reviewed, we saw three phases of economic growth and two phases of economic downturn in these countries. The first economic crisis caused by the global financial crisis occurred in the V4 countries in 2009. GDP decreased the most in Hungary, slightly less in Slovakia and the Czech Republic. The economic downturn avoided Poland, where there was only a slowdown in growth. In 2020, the economies of all V4 countries were affected by the coronavirus crisis, with real GDP falling in each of them. In the Slovak Republic, Hungary and the Czech Republic, the decrease in GDP was around 5 per cent, in Poland it was less (–2.7%). The measures taken by governments and the improvement of the health situation helped to revive the growth of the economies of the V4 countries in 2021.¹

KEYWORDS: economic cycle, Visegrad Four countries, gross domestic product, aggregate demand, public finance

JEL Codes: E32, H6

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_9

- of supreme audit institutions in Ukraine and Poland. *European journal of transformation studies* 8 (2), pp. 198-209
- SLOBODIANKY, Y., SHYMON, S., ADAM, V. (2018). Compliance auditing in public administration: Ukrainian perspectives. *Baltic journal of economic studies* 4 (5), pp. 320-331, <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-5-320-331>
- SVARDSTEN, F. (2019). The front stage of substance auditing: A study of how substance auditing is presented in performance audit reports. *Financial Accountability and Management* 35 (2), pp. 199-211, <https://doi.org/10.1111/fam.12190>
- TRANTAVILOU, P. (2015). Doing things with numbers: The Danish national audit office and the governing of university teaching. *Policy and Society* 34 (1), pp. 13-24, <https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2015.03.002>
- TRANTAVILOU, P. (2020). Playing a zero-sum game? The pursuit of independence and relevance in performance auditing. *Public Administration* 98 (1), pp. 109-123, <https://doi.org/10.1111/padm.12377>
- TORRES, L., YETANO, A., PINA, V. (2019). Are Practices, *Administration and Society* 51 (3), pp. 431-462, <https://doi.org/10.1177/0095399716658500>

- CORDERY, C. J., HAY, D. C. (2021). Public sector audit in uncertain times. *Financial accountability & management*.
<https://doi.org/10.1111/faam.12299>
- CIČEK H. G., DIRKSEN S. (2021). External audit and fiscal transparency: An empirical analysis. *Public Administration Issues* 5, pp. 7-26.
<https://doi.org/10.17323/1999-5431-2021-0-5-7-26>
- DRAGUȘIN, C. R., PITUȘICE, I. C., ȘTEFĂNESCU, A. (2021). Harmonisation and Emergence Concerning the Performance Audit of the EU Member States' Public Sector. Romania's Case. *Sustainability* 13 (7), pp. 729-733.
<https://doi.org/10.3390/su13073673>
- GORRISSSEN E. (2020). The role of the INTOSAI Development Initiative (IDI) in strengthening the capacity and performance of supreme audit institutions in developing countries. *Journal of Public Budgeting, Accounting and Financial Management* 32 (4), pp. 729-733.
<https://doi.org/10.1108/JPBAFM-08-2020-0146>
- ISAEV, E. A., FEDCHENKO, E. A., GUSAROVA, L. V., POLYAKOVA, O. A., VASYUNINA, M. L. (2021). Performance Audit in the Public Sector: Domestic and Foreign Experience. *Estudios de economia aplicada* 39 (6): Special Issue SI, pp. 5317-5317.
<https://doi.org/10.25115/eca.v39i6.5317>
- JEPPESEN, K. K., CARRINGTON, T., CATVÅS, B., JOHNSEN, A., REICHBORN-KJENNERUD, K., VÅKKURI, J. (2017). The Strategic Options of Supreme Audit Institutions: The Case of Four Nordic Countries. *Financial Accountability and Management* 33 (2), pp. 146-170.
<https://doi.org/10.1111/faam.12118>
- JOHNSEN, A. (2019). Public sector audit in contemporary society: A short review and introduction. *Financial Accountability and Management* 35 (2): 121-127.
<https://doi.org/10.1111/faam.12191>
- DERKACH, E. (2020). Recent trends in organization RADINSKA, V., NESTERENKO, A., KOSTENKO, Y., RADINSKA, V., NESTERENKO, A., KOSTENKO, Y., DERKACH, E. (2020). Recent trends in organization to external control. *Comparative Social Research* 33, pp. 225-243.
<https://doi.org/10.1108/S0195-63102018000033015>
- REICHBORN-KJENNERUD, K., CARRINGTON, T., JEPPESEN, K. K., TARO, K. (2018). A new organisation of public administration: From internal to external control. *Comparative Social Research* 33, pp. 225-243.
<https://doi.org/10.1108/S0195-63102018000033015>
- RAVDIA, R., TARO, K., AGU, C., DOUGLAS, J. W. (2016). The Impact of Performance Audit on Public Sector Organizations: The Case of Estonia. *Public Organization Review* 16 (2), pp. 217-233.
<https://doi.org/10.1007/s11115-015-0308-0>
- PITUȘICE I. C., ȘTEFĂNESCU A. (2021). Harmonisation and emergence concerning the performance audit of the member states' public sector. Romania's case. *Sustainability (Switzerland)* 13, pp. 3673-3673.
<https://doi.org/10.3390/su13073673>
- RAVDIA, R., TARO, K., AGU, C., DOUGLAS, J. W. (2016). The Impact of Performance Audit on Public Sector Organizations: The Case of Estonia. *Public Organization Review* 16 (2), pp. 217-233.
<https://doi.org/10.1007/s11115-015-0308-0>
- REICHBORN-KJENNERUD, K., CARRINGTON, T., JEPPESEN, K. K., TARO, K. (2018). A new organisation of public administration: From internal to external control. *Comparative Social Research* 33, pp. 225-243.
<https://doi.org/10.1108/S0195-63102018000033015>
- RADINSKA, V., NESTERENKO, A., KOSTENKO, Y., DERKACH, E. (2020). Recent trends in organization to external control. *Comparative Social Research* 33, pp. 225-243.
<https://doi.org/10.1108/S0195-63102018000033015>
- MOORE, M. H. (2013). Recognizing public value. Cambridge & London, Harvard University Press
- MURATBEKOVA, Z., AINABEK, K., DAVLETBAEVA, N. (2017). Public sector audit as a provider of high-quality information on activity of the governments. *Journal of Advanced Research in Law and Economics* 8 (5), pp. 1579-1584.
[https://doi.org/10.14505/jarle.v8.5\(27\).23](https://doi.org/10.14505/jarle.v8.5(27).23)
- PARKER L. D., SCHMITZ J., JACOBS K. (2021). Auditor and auditee engagement with public sector performance audit: An institutional logics perspective. *Financial Accountability and Management* 37 (2), pp. 142-162.
<https://doi.org/10.1111/faam.12243>
- PITUȘICE I. C., ȘTEFĂNESCU A. (2021). Harmonisation and emergence concerning the performance audit of the member states' public sector. Romania's case. *Sustainability (Switzerland)* 13, pp. 3673-3673.
<https://doi.org/10.3390/su13073673>
- RAVDIA, R., TARO, K., AGU, C., DOUGLAS, J. W. (2016). The Impact of Performance Audit on Public Sector Organizations: The Case of Estonia. *Public Organization Review* 16 (2), pp. 217-233.
<https://doi.org/10.1007/s11115-015-0308-0>
- REICHBORN-KJENNERUD, K., CARRINGTON, T., JEPPESEN, K. K., TARO, K. (2018). A new organisation of public administration: From internal to external control. *Comparative Social Research* 33, pp. 225-243.
<https://doi.org/10.1108/S0195-63102018000033015>
- RADINSKA, V., NESTERENKO, A., KOSTENKO, Y., DERKACH, E. (2020). Recent trends in organization to external control. *Comparative Social Research* 33, pp. 225-243.
<https://doi.org/10.1108/S0195-63102018000033015>
- JULIANTO, D., GUNAWAN, K., SUDIARDITA, I. K. (2021). The role of team collaboration and supervision on auditor performance: work motivation as mediation. *Academy of Strategic Management Journal* 20 (5), pp. 1-12.

eliminate the identified deficiencies. Good communication will also increase the number of recommendations from auditors. Through its activities, the SAO provides independent and objective feedback. It is essential to ensure that objective, targeted and comprehensible conclusions and recommendations of the SAO remain not only as a statement of the identified situation, but that they bring the elimination of shortcomings and a positive shift in the management of public funds and assets and the promotion of good management practices. All three types of audits are aimed at adhering to the principles of economy, efficiency, effectiveness. Through the analysis, we found a statistically significant relationship between the number of compliance audits performed and the number of audit findings – in Poland and in the Czech Republic), as well as between the number of compliance audits performed and the number of recommendations from auditors – in Poland and in Hungary). Compliance audits predominate in the Slovak Republic and Hungary. However, the current trend is to gradually increase

the share of performance checks. The nature of performance audits is different from a compliance audit or a financial audit. The recommendations mainly concern systemic problems. Most such audits were carried out in the Czech Republic. The analysis found a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of auditors' recommendations – in Poland and Hungary. Also a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of audit findings – in Poland and the Czech Republic. There are some differences in the structure and functioning of the public sector in individual countries. For this reason, it is not possible to draw a clear conclusion from the results of the analyses that the SAO gives good, better or less good results in any country. The results of the analyses are more descriptive, it is an overall assessment. Control in public administration represents a wide space for further analyses. The results of such analyses are certainly a good aid and support for auditors in public sector practice. ■

REFERENCES

- AHONEN, P., KOJONEN, J. (2020). The contents of the National Audit Office of Finland performance audits, 2001–2016: An interpretive study with computational content analysis. *Journal of Public Budgeting, Accounting and Financial Management* 32(1), pp. 49–66, <https://doi.org/10.1108/JPBAFM-11-2018-0138>
- ANTIOVA, T. (2018). Governmental Auditing Systems in Indonesia and Russia. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 724, pp. 159–166, https://doi.org/10.1007/978-3-319-74980-8_15
- CORDERY C. J., HAY D. (2019). Supreme audit institutions and public value: Demonstrating relevance. *Financial Accountability and Management* 35(2), pp. 128–142, <https://doi.org/10.1111/faam.12185>
- BONOLIO, E. (2019). Measuring supreme audit institutions' outcomes: current literature and future insights. *Public money & management* 39 (7), pp. 468–477, <https://doi.org/10.1080/09540962.2019.1583887>

Mutual communication between the SAO and the audited entities is important, which makes it possible to ensure a higher number of measures taken by the audited entities, to increase the demands of the Office on the quality and scope of measures taken to

and thus contribute to the achievement of efficiency of the management of public funds on the legality, effectiveness, economy and particular, to provide important information of audit conclusions and opinions aim, in the form of public funds. The outputs in the form of objective information on the state management of public funds. The SAO is to provide

CONCLUSION

The analysis revealed a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of audit findings (Poland, the Czech Republic).

The analysis revealed a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary) and also a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary) and also a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary).

The analysis found a statistically significant relationship between the number of compliance audits performed and the number of audit findings (Poland, the Czech Republic), as well as between the number of compliance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary).

In an interview with SAO staff, we found that the current trend and strategic intention is to gradually increase the share of performance audits and its combined type in order to better evaluate public policies and increase the added value of the audit activities of the Office. Most performance audits in the evaluated period 2005-2020 were performed in the Czech Republic.

The change in the structure of the audits performed is also reflected in the statistics of the findings, measures and recommendations. The essence of performance audits is other than compliance or financial audits. In these cases, the recommendations mainly concern problems of a systemic nature, and these are, for example, objectively fewer when compared to accounting audits.

The emphasis on a higher share of performance audits will then be reflected in a lower number of findings and thus in the proposed measures and recommendations. The decrease in the number of recommendations is mainly related to their factual focus. Recommendations are currently being gradually and increasingly profiled as systemic measures, reducing their overall number.

When performing performance audits, the SAO evaluates the economy, efficiency and effectiveness of the use of public resources. However, it evaluates economy not only in terms of procurement (purchase) of goods, works and services at the best price, but also in terms of whether the goods or services are needed at all. The SAO also assesses

whether goods or services are purchased in a reasonable quality. In addition to economy, the SAO also evaluates efficiency, i.e. it examines the optimal ratio between inputs and outputs. In assessing the effectiveness of public spending, it finds out whether the objectives have been met or what the reasons are for not meeting them. This type of audit is used by the SAO mainly for evaluating the use of public resources in evaluating public policies, setting processes that should satisfy the goals set, measuring the effectiveness or efficiency of achieved goals, etc. The application of performance audit principles is often combined with compliance audit and financial audit principles.

The analysis revealed a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of audit findings (Poland, the Czech Republic).

The analysis revealed a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary) and also a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary).

The analysis found a statistically significant relationship between the number of compliance audits performed and the number of audit findings (Poland, the Czech Republic), as well as between the number of compliance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary).

In an interview with SAO staff, we found that the current trend and strategic intention is to gradually increase the share of performance audits and its combined type in order to better evaluate public policies and increase the added value of the audit activities of the Office. Most performance audits in the evaluated period 2005-2020 were performed in the Czech Republic.

The change in the structure of the audits performed is also reflected in the statistics of the findings, measures and recommendations. The essence of performance audits is other than compliance or financial audits. In these cases, the recommendations mainly concern problems of a systemic nature, and these are, for example, objectively fewer when compared to accounting audits.

The emphasis on a higher share of performance audits will then be reflected in a lower number of findings and thus in the proposed measures and recommendations. The decrease in the number of recommendations is mainly related to their factual focus. Recommendations are currently being gradually and increasingly profiled as systemic measures, reducing their overall number.

The analysis found a statistically significant relationship between the number of compliance audits performed and the number of audit findings (Poland, the Czech Republic), as well as between the number of compliance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary).

In an interview with SAO staff, we found that the current trend and strategic intention is to gradually increase the share of performance audits and its combined type in order to better evaluate public policies and increase the added value of the audit activities of the Office. Most performance audits in the evaluated period 2005-2020 were performed in the Czech Republic.

The change in the structure of the audits performed is also reflected in the statistics of the findings, measures and recommendations. The essence of performance audits is other than compliance or financial audits. In these cases, the recommendations mainly concern problems of a systemic nature, and these are, for example, objectively fewer when compared to accounting audits.

The emphasis on a higher share of performance audits will then be reflected in a lower number of findings and thus in the proposed measures and recommendations. The decrease in the number of recommendations is mainly related to their factual focus. Recommendations are currently being gradually and increasingly profiled as systemic measures, reducing their overall number.

The analysis found a statistically significant relationship between the number of compliance audits performed and the number of audit findings (Poland, the Czech Republic), as well as between the number of compliance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary).

In an interview with SAO staff, we found that the current trend and strategic intention is to gradually increase the share of performance audits and its combined type in order to better evaluate public policies and increase the added value of the audit activities of the Office. Most performance audits in the evaluated period 2005-2020 were performed in the Czech Republic.

The change in the structure of the audits performed is also reflected in the statistics of the findings, measures and recommendations. The essence of performance audits is other than compliance or financial audits. In these cases, the recommendations mainly concern problems of a systemic nature, and these are, for example, objectively fewer when compared to accounting audits.

The emphasis on a higher share of performance audits will then be reflected in a lower number of findings and thus in the proposed measures and recommendations. The decrease in the number of recommendations is mainly related to their factual focus. Recommendations are currently being gradually and increasingly profiled as systemic measures, reducing their overall number.

The analysis found a statistically significant relationship between the number of compliance audits performed and the number of audit findings (Poland, the Czech Republic), as well as between the number of compliance audits performed and the number of recommendations made by auditors (Poland, Hungary).

In an interview with SAO staff, we found that the current trend and strategic intention is to gradually increase the share of performance audits and its combined type in order to better evaluate public policies and increase the added value of the audit activities of the Office. Most performance audits in the evaluated period 2005-2020 were performed in the Czech Republic.

The change in the structure of the audits performed is also reflected in the statistics of the findings, measures and recommendations. The essence of performance audits is other than compliance or financial audits. In these cases, the recommendations mainly concern problems of a systemic nature, and these are, for example, objectively fewer when compared to accounting audits.

The emphasis on a higher share of performance audits will then be reflected in a lower number of findings and thus in the proposed measures and recommendations. The decrease in the number of recommendations is mainly related to their factual focus. Recommendations are currently being gradually and increasingly profiled as systemic measures, reducing their overall number.

EVALUATION OF HYPOTHESIS H2 FOR THE AUDIT ACTIVITY OF THE SAO IN THE CZECH REPUBLIC

Table 11

Variables	Performance audit		Correlations		Performance audit		Audit findings in relation to GDP		Measures taken by the entities for remedial action		Recommendations made by the auditors		
	Sig. (2-tailed)	N	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N
Performance audit	.032	16	1.000	.730*	1.000	.730*	1.000	-.415	-.032	16	1.000	-.032	16
Audit findings in relation to GDP	.002	16	.730*	.002	.002	.730*	.002	-.429	-.039	16	.002	-.039	16
Measures taken by the entities for remedial action	.000	8	-.414	.000	-.429	.000	-.429	1.000	.964*	8	-.039	.964*	8
Recommendations made by the auditors	.000	8	-.032	.000	-.039	.000	-.039	.964*	1.000	8	-.032	.964*	8

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Source: own elaboration

Table 12

EVALUATION OF HYPOTHESIS H2 FOR THE AUDIT ACTIVITY OF THE SAO IN THE SLOVAK REPUBLIC

Variables	Performance audit		Correlations		Performance audit		Audit findings in relation to GDP		Measures taken by the entities for remedial action		Recommendations made by the auditors	
	Sig. (2-tailed)	N	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)
Performance audit	.050	10	1.000	-.072	1.000	-.072	10	-.072	050	10	-.433	10
Audit findings in relation to GDP	.000	10	-.072	.000	-.072	.000	10	-.072	.050	10	-.433	10
Measures taken by the entities for remedial action	.000	10	-.433	.000	-.433	.000	10	-.433	.050	10	-.433	10
Recommendations made by the auditors	.000	10	-.433	.000	-.433	.000	10	-.433	.050	10	-.433	10

Source: own elaboration

Source: own elaboration

Spearman's rho					
Variables	Correlations	Performance audit	Audit findings in relation to GDP	Measures taken by the auditors	Recommendations made by the auditors
Performance audit	Correlation Coefficient 1.000	.622**	.486	.627**	16
	Sig. (2-tailed) .	017	329	016	16
	N 16	16	8	8	8
Audit findings in relation to GDP	Correlation Coefficient .622**	.017	.771	.072	16
	Sig. (2-tailed) .	072	1.000	1.000	16
	N 16	8	8	8	16
Measures taken by the auditors	Correlation Coefficient .486	.486	.771	.072	16
	Sig. (2-tailed) .	329	1.000	1.000	16
	N 16	8	8	8	16
Recommendations made by the auditors	Correlation Coefficient .627**	.627**	.486	.072	16
	Sig. (2-tailed) .	016	.736*	.072	16
	N 16	8	8	8	16

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). ** Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

EVALUATION OF HYPOTHESIS H2 FOR THE AUDIT ACTIVITY OF THE SAO IN POLAND

Table 10

Source: own elaboration

Spearman's rho					
Variables	Correlations	Performance audit	Audit findings in relation to GDP	Measures taken by the auditors	Recommendations made by the auditors
Performance audit	Correlation Coefficient 1.000	-.107	-.393	.547**	16
	Sig. (2-tailed) .	819	384	035	16
	N 16	8	8	8	16
Audit findings in relation to GDP	Correlation Coefficient -.107	1.000	.751	.052	16
	Sig. (2-tailed) .	819	1.000	1.000	16
	N 16	8	8	8	16
Measures taken by the auditors	Correlation Coefficient -.393	-.393	.751	.052	16
	Sig. (2-tailed) .	383	052	007	16
	N 16	8	8	8	16
Recommendations made by the auditors	Correlation Coefficient .547**	.547**	.335	.007	16
	Sig. (2-tailed) .	035	215	007	16
	N 16	8	8	8	16

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). ** Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

EVALUATION OF HYPOTHESIS H2 FOR THE AUDIT ACTIVITY OF THE SAO IN HUNGARY

Table 9

EVALUATION OF HYPOTHESIS H1 FOR THE AUDIT ACTIVITY OF THE SAO IN THE CZECH REPUBLIC

Table 7

Variables	Spearman's rho			
	Compliance audit	Audit findings in relation to GDP	Measures taken by the entities for remedial action	Recommendations made by the auditors
Compliance audit	Correlation Coefficient 1.000	.652*	-.418	-.964*
	Sig. (2-tailed) .	.008	.000	.014
	N 16	16	8	16
Recommendations made by the auditors	Correlation Coefficient 1.000	.652*	-.429	-.964*
	Sig. (2-tailed) .	.008	.000	.014
	N 16	16	8	16
Measures taken by the entities for remedial action	Correlation Coefficient 1.000	-.418	Correlation Coefficient .337	-.964*
	Sig. (2-tailed) .	.008	.000	.014
	N 16	16	8	16
Audit findings in relation to GDP	Correlation Coefficient 1.000	.652*	-.429	-.964*
	Sig. (2-tailed) .	.008	.000	.014
	N 16	16	8	16
Compliance audit	Correlation Coefficient 1.000	.652*	-.429	-.964*
	Sig. (2-tailed) .	.008	.000	.014
	N 16	16	8	16

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Source: own elaboration

Table 8

EVALUATION OF HYPOTHESIS H1 FOR THE AUDIT ACTIVITY OF THE SAO IN THE SLOVAK REPUBLIC

Variables	Spearman's rho			
	Compliance audit	Recommendations made by the auditors	Measures taken by the entities for remedial action	Audit findings in relation to GDP
Compliance audit	Correlation Coefficient 1.000	133	650	-.021
	Sig. (2-tailed) .	732	058	940
	N 16	10	10	10
Recommendations made by the auditors	Correlation Coefficient 133	Correlation Coefficient 1.000	217	250
	Sig. (2-tailed) .	732	576	516
	N 10	10	10	10
Measures taken by the entities for remedial action	Correlation Coefficient 650	217	Correlation Coefficient 1.000	200
	Sig. (2-tailed) .	576	1.000	606
	N 10	10	10	10
Audit findings in relation to GDP	Correlation Coefficient -.021	250	200	Correlation Coefficient 1.000
	Sig. (2-tailed) .	940	606	1.000
	N 16	10	10	10

Source: own elaboration

Source: own elaboration

Spearman's rho					
Variables	Correlations	Compliance audit	Measures taken by the entities for remedial action	Audit findings in relation to GDP	Recommendations made by the auditors
Compliance audit	Correlation Coefficient 1.000	-.086	-.086	.714	.807
	Sig. (2-tailed) .	872	872	004	000
	N 16	8	8	16	16
Measures taken by the entities for remedial action	Correlation Coefficient -.086	1.000	1.000	.771	.600
	Sig. (2-tailed) 872	.	.	.071	.208
	N 8	8	8	8	8
Audit findings in relation to GDP	Correlation Coefficient .715	.771	.771	1.000	.736
	Sig. (2-tailed) 004	.072	.072	.	.003
	N 16	16	16	16	16
Recommendations made by the auditors	Correlation Coefficient .807	.600	.600	.736	1.000
	Sig. (2-tailed) N	000	208	.003	.
	N 16	16	8	16	16

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

EVALUATION OF HYPOTHESIS H1 FOR THE AUDIT ACTIVITY OF THE SAO IN POLAND

Table 6

Source: own elaboration

Spearman's rho					
Audit type	Correlation	Compliance audit	Audit findings in relation to GDP	Measures taken by the entities for remedial action	Recommendations made by the auditors
Compliance audit	Correlation Coefficient 1.000	.250	.037	.769	.001
	Sig. (2-tailed) .	589	939	001	16
	N 16	8	8	8	8
Audit findings in relation to GDP	Correlation Coefficient .251	1.000	.750	.750	.535
	Sig. (2-tailed) 589	.	.052	.215	.215
	N 16	8	8	8	8
Measures taken by the entities for remedial action	Correlation Coefficient .036	.750	1.000	.893	.007
	Sig. (2-tailed) 939	.052	.	.007	.007
	N 8	8	8	8	8
Recommendations made by the auditors	Correlation Coefficient .769	.536	.894	1.000	.007
	Sig. (2-tailed) N	001	215	.007	.
	N 16	16	8	8	16

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

EVALUATION OF HYPOTHESIS H1 FOR THE AUDIT ACTIVITY OF THE SAO IN HUNGARY

Table 5

Republic helps to increase the correctness of these indicators.

The highest average number of compliance audits was in Hungary, the lowest in Poland. The highest average number of performance audits was in the Czech Republic, the lowest in the Slovak Republic. The highest average number of financial audits was also in the Czech Republic, the lowest in Poland. The highest average number of all audits performed in relation to the number of entities was in the Czech Republic, the lowest in Poland.

EVALUATION OF HYPOTHESES

In the first hypothesis, we examined the relationship between the number of compliance audits performed and the volume of findings, actions and recommendations. We were interested in whether performing a higher number of compliance audits would increase the volume of audit findings, or whether the auditors would formulate a larger number of recommendations.

H1: If more compliance audits are performed, there are more findings, actions and recommendations.

There was a statistically significant relationship (*Table 5–8*) between the number of compliance audits and the number of audit findings in Poland ($p = 0.004$) and the Czech Republic ($p = 0.008$). There was also a statistically significant relationship between the number of compliance audits and the number of recommendations in Poland ($p = 0.001$).

The second hypothesis examined the relationship between the number of performance audits performed and the volume of findings, actions and recommendations. We were interested in whether performing a higher number of performance audits would increase

the volume of audit findings, or whether the auditors would formulate a larger number of recommendations.

H2: If more performance audits are performed, there are more findings, actions and recommendations.

There was a statistically significant relationship (*Table 9–12*) between the number of performance audits and the number of recommendations in Poland ($p = 0.016$) and Hungary ($p = 0.035$). There was a statistically significant relationship between the number of performance audits and the number of audit findings in Poland ($p = 0.017$) and the Czech Republic ($p = 0.002$).

All three types of audits, with their own approach, try to answer the question of whether the public funds entrusted have been used in accordance with the principles of economy, efficiency and effectiveness. However, they are different.

In some countries, compliance audits are predominant (Slovak Republic, Hungary).

The compliance audit verifies compliance with the principles of economy, efficiency and effectiveness by assessing whether public resources have been used correctly in accordance with applicable legislation, regulations, contracts, etc., and whether all these standards have been applied in the use of resources. Application, or violation of generally applicable regulations and standards has a significant impact on finances, budgets, accounting, and the administration of state and local government property. Although it would seem obvious that public administration bodies and organizations are acting in accordance with adopted legal standards and internal regulations, the audit of the SAO shows that there is still much room for improvement in which internal audits and internal audit systems should play a key role.

Source: own elaboration

	SK	CZ	PL	HU
Mean	0.008	0.047	0.007	0.020
Median	0.007	0.048	0.007	0.015
Mode	0.010	0.053		
Standard deviation	0.002	0.007	0.002	0.012
Minimum	0.004	0.034	0.005	0.007
Maximum	0.010	0.058	0.009	0.042
Number	16	16	16	16

AUDITS PERFORMED IN RELATION TO THE NUMBER OF ENTITIES IN THE AUDIT SCOPE OF THE SAO

Table 4

Source: own elaboration

	SK	CZ	PL	HU
Mean	0.001	0.006	0.00004	0.002
Median	0.001	0.005	0.00003	0.002
Mode	0.001	0.005	0.00005	0.002
Standard deviation	0.001	0.002	0.00002	0.001
Minimum	0.000	0.003	0.00001	0.001
Maximum	0.002	0.011	0.0008	0.006
Number	16	16	16	16

FINANCIAL AUDITS PERFORMED

Table 3

Source: own elaboration

	SK	CZ	PL	HU
Mean	0.002	0.027	0.004	0.003
Median	0.001	0.026	0.004	0.003
Mode	0.001	0.021	0.004	0.001
Standard deviation	0.002	0.005	0.001	0.001
Minimum	0.001	0.021	0.003	0.001
Maximum	0.009	0.034	0.006	0.007
Number	16	16	16	16

PERFORMANCE AUDITS PERFORMED

Table 2

Source: own elaboration

	SK	CZ	PL	HU
Mean	0.005	0.014	0.002	0.016
Median	0.005	0.015	0.002	0.016
Mode	0.008	0.012		0.003
Standard deviation	0.003	0.002	0.001	0.012
Minimum	0.002	0.009	0.001	0.003
Maximum	0.009	0.017	0.004	0.034
Number	16	16	16	16

COMPLIANCE AUDITS PERFORMED

Table 1

performance audit type control and financial audit type control. By checking compliance, the SAO verifies whether the audited activities are in accordance with applicable legislation, legal regulations, contracts, etc., and examines their factual and formal correctness to the extent necessary to achieve the objective of the audit. In the performance audit, the SAO assesses the effectiveness, economy and efficiency with which the audited entities handle state budget funds and state property, or other funds and property that it audits in accordance with its competence. Through the financial audit, the SAO verifies whether the financial statements of the audited entities faithfully and truthfully present the subject of accounting in accordance with legal regulations and whether they are a reliable basis for compiling the final accounts of the state budget chapters. This type of audit is a tool for verifying the information provided in the final accounts of the state budget chapters, which the SAO uses when formulating its opinion on the state final account. Information from the accounting and reporting of individual public administration entities is becoming a part of important macroeconomic indicators, and the financial audits of the SAO of the Slovak

First, we evaluated the performance of the SAO in general by assessing the volume of audits performed (*Tables 1–4*).

To perform its audit activities, the SAO uses three basic types of audits of compliance with legal regulations (legality audit),

RESULTS AND DISCUSSION

The direction is determined by a sign – a negative sign indicates a negative correlation (when one source increases, the other decreases), a positive sign indicates a positive correlation (an increase in one variable means an increase in the other variable).

Strength:
 ± 1 – perfect correlation
 Between ± 0.50 and ± 1 – strong correlation
 Between ± 0.30 and ± 0.49 – medium strong correlation
 Under 0.29 – weak correlation

a non-parametric alternative was used - the Spearman correlation coefficient. Pearson's and the relationship between two continuous variables. They measure the strength of the association, as well as the direction.

The aim of the paper is to assess the performance of audit activities by the supreme audit institutions with a focus on the types of audits performed. The supreme audit institutions in the V4 countries (Hungary, Poland, the Czech Republic and the Slovak Republic) forms the basis of the evaluation.

For the evaluation, we selected the V4 countries, a grouping of four Central European countries that have always been part of the same civilization, based on the same cultural, intellectual and religious traditions and values.

For the analysis, the data used was made up of the number of audits performed taken together, while at the same time also broken down into three types: performance audit, compliance audit and financial audit, and then further, the total volume of audit findings expressed in EUR, the total number of measures taken by the entities for remedial action, the number of recommendations made by the auditors as well as the numbers of the audited entities in each evaluated year.

To ensure comparability, we used data after conversion into relative indicators, in terms of the total number of entities in the audit scope of each SAO. The data on the volume of findings in EUR is converted into a relative indicator in relation to the size of the economy of the particular countries (to the volume of GDP). The volume of the findings was always converted to EUR at the prevailing exchange rate as of 31 December for each individual year. A sixteen-year period (years 2005–2020) was evaluated.

We collected data from the annual reports of the SAOs in individual countries separately; we were able to include more detailed information through a series of guided interviews (interviews with targeted specific questions aimed at obtaining the necessary data, which are not published by default in the

annual reports) with SAO staff (in the SAO in Hungary with a head of the Department of Methodology and International Studies; at the SAO in the Czech Republic with the Director of the Communication Department; in the SAO in the Slovak Republic with an employee of the Department of Communication and Public Relations).
 In order to achieve the intended objective, the following research questions and hypotheses were set.

RESEARCH QUESTIONS:

- RQ1: Does the SAO have more audit findings if it performs more compliance audits?
- RQ2: Does the SAO have more audit findings if it performs more performance audits?
- RQ3: Do auditors formulate more recommendations for compliance audits than for performance audits?
- RQ4: Do the audited entities take more action in compliance audits than in performance audits?

HYPOTHESES:

- H1: If more compliance audits are performed, there are more findings, actions and recommendations.
- H2: If more performance audits are performed, there are more findings, actions and recommendations.

Descriptive statistics (mean, median, mode, standard deviation) were used to assess the audit activity of the SAO (number of audits performed and breakdown by type of audits) in the particular countries.
 Pearson's correlation coefficient was used to test the hypotheses as to whether there was a statistically significant relationship between the variables if the assumption of normality was met and there were no outliers in the data. If the data were not normally distributed,

standards provide a methodological basis for conducting all types of public administration audits.

They also have to provide credible information about the management and use of public finances. Therefore, they need to take into account the complexity of the government sector alongside cultural and national factors, the increasing demand for quality public services, heterogeneity when delivering public services, the numerous stakeholders and information complexity. In this sense, performance audits are an interface between public sector bodies and stakeholders (Pritulice & Stefanescu, 2021; Dragusin et al., 2021).

SAls utilise performance audits to contribute toward overall improvement in the economy, while increasing the efficiency and effectiveness of government entities through the recommendations they issue in their final audit reports. These can operate in two main ways: either the German approach, based on parliamentary action, or the Anglo-American method of action taken by the audited entity (Torres et al., 2019). From both a democratic and political perspective, performance audits are appropriate in public administration. An SAl can ensure that transparency is safeguarded and the government operates in a sound manner from its ability to ascertain whether government entities are functioning properly. In this respect, both INTOSAI and research institutions consider public administration audits to be essential (Svardsten, 2019). The current trend in performance audits is for the auditors to try involving audited entities, the media and parliamentary representatives more in the performance of the audit, while maintaining their audit powers. The auditees are thus more cooperative, responsible and open to requests and recommendations the auditors make (Parker et al., 2021). If the stakeholders, namely the government, parliament,

SAls in several Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries have stepped up their performance audits at government entities in order to ensure value for money (Triantafyllou, 2015). Auditors should be making greater use of modern information technology in their audits and to improve audit procedures, including in their investigative work, as well as for raising the level of international transparency (Antipova, 2018). Increasing the transparency of administration processes is an important attribute for making government authorities more efficient (Muratbekova et al., 2017).

Even though performance audits have been used successfully and frequently, they can also be controversial in some aspects (Reichborn-Kjennerud & Johnsen, 2018) and sometimes they fail to secure any changes in policies or administrative procedures. Nonetheless, they can be perceived by the audited entities as beneficial. The perceived usefulness and utility of performance audits are also influenced by the auditees' own perspective of the auditors' professionalism, their openness and ability to communicate, along with the quality of the final audit report. These factors have an impact on the willingness of the audited entity to accept the changes suggested by the auditor (Kaudla et al., 2016).

support its activities (Ahonen & Koljonen, 2020; Jeppesen, 2017). From a theoretical perspective, it is envisaged that an SAl, as an independent body, will be able to provide feedback to support improvements in public administration (Nemec et al., 2016). Because supreme audit institutions are independent organisations, they can influence the lives of citizens through the recommendations they issue in order to improve the functioning of public information (Gorissen, 2020).

An SAI is indispensable as an organisation for holding governments to account for their actions and decisions affecting public finances and particularly for the rising level of public debt (Cordery & Hay, 2021). External audits of government entities likewise have a significant impact on fiscal transparency (Cicek & Dikmen, 2021). Here, an SAI specifically focuses on the independence of the auditors and whether they are carrying out the audit in accordance with the standards and methods of the International Organization of Supreme Audit Institutions (INTOSAI) (Riadinska, 2020). The updated INTOSAI

audit work professionally and competently, stakeholders expect them to carry out their public finances is the chief role SAIs play and the management and accountability of accountability (Bonollo, 2019). Examining use of public finances and their assurance of sector because of their oversight over the public (2021). They are indispensable to the public utilisation of public resources (Isaev et al., 2021). They are indispensable to the public legitimacy of the generation, distribution and to guarantee the efficiency, effectiveness and objectives. Supreme audit institutions seek and achieving the state's economic and social for assessing the proper use of public resources public administrations are an essential attribute of its policies (Triantafyllou, 2020). Audits in also relevant for government and the execution practice, an SAI's performance audit has to be a high degree of independence. In today's need for such an important function to have of governmental authority. Therefore, they In democracies, SAIs scrutinise the exercise (Cordery & Hay, 2019; Moore, 2013). and effectiveness of public administration scrutinise and hold accountable the efficiency and other stakeholders. SAIs are supposed to guidance to understand the value supreme au-

Supreme audit institutions (SAIs) play an important role in monitoring and maintaining accountability in public administration, where they concentrate mainly on auditing the accounts of public sector entities and assessing their truthfulness and compliance while they provide advice and conduct performance audits. The standards issued by the International Organization of SAIs provide them with

LITERATURE REVIEW

in the V4 countries. with a focus on the types of audits performed activities by the supreme audit institutions paper is to assess the performance of audit basis of an audit activity plan. The aim of the democracy. It performs audit activities on the of the irreplaceable elements of parliamentary judicial power. The SAO thus represents one independence from legislative, executive and on their constitution, thus guaranteeing its the SAO in most countries is based directly for a long period of time. The existence of partner and provider of this information been a reliable, professional and trustworthy more importantly by the fact that it has independence from the executive, but perhaps position, which flows not only out of its public. The SAO is in a relatively powerful partners of the SAO, as well as for the general for parliaments and governments, as key the state. This information is important necessary for the proper functioning of Independent and objective feedback is

SAO performs compliance audits, performance audits and financial audits. The auditing standards based on the international SAO performs audits in accordance with administrative. Within its defined scope, the SAOs in public activities performed by the SAOs in public The paper focuses on the assessment of au-

Assessment of Audit Activities in the Public Administration with a Focus on the Types of Audits

Practice in the Public Sector of the V4 Countries

Lenka Hudáková Stašová

Technical University of Košice

lenka.hudakova.stasova@tuke.sk

SUMMARY

This paper focuses on audits of public administrations performed by Supreme Audit Offices (SAO). The aim of the paper is to assess the performance of audit activities by the highest audit institutions in the Visegrad Four (V4) countries with a focus on the types of audits performed (compliance audits, performance audits, financial audits) in the period of 2005-2020. Pearson's correlation coefficient and Spearman's correlation coefficient were used to test the set hypotheses. The study focuses on the relationships between the number of audits performed (especially compliance audits and performance audits) and the volume of audit findings, recommendations and actions. Compliance audits predominate in the Slovak Republic and Hungary. However, the current trend is to gradually increase the share of performance audits. Most performance audits were carried out in the Czech Republic. The analysis found a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of auditors' recommendations in Poland and Hungary. In addition there is a statistically significant relationship between the number of performance audits performed and the number of audit findings in Poland and the Czech Republic.

KEYWORDS: Supreme Audit Office, performance audit, compliance audit

JEL CODES: H83, H72

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_8

- NGFS (2020). *Guide for Supervisors Integrating climate-related and environmental risks into prudential supervision*. Network for Greening the Financial System. Online: https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_guide_for_supervisors.pdf
- NGFS (2021). *Membership*. Online: <https://www.ngfs.net/en/about-us/membership>, Downloaded: 02.11.2021.
- Statista (2020). *Value of sustainable debt issued*
- Trading Economics (2021). *Hungary Government Bond 10Y*. Online: <https://tradingeconomics.com/hungary/government-bond-yield>, Downloaded 24.03.2021
- UN (2017). *On the Role of Central Banks in Enhancing Green Finance*. Inquiry Working Paper 17/01. United Nations Environment Programme
- Worldwide from 2017 to 2019, by type, Online: <https://www.statista.com/statistics/1149343/global-sustainable-debt-issuance-by-type/>

- VERMEULEN, R., SCHEETS, E., LOHUIS, M., KÖLBL, B., JAMES, D. J., HEERINGA, W. (2018). An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands. *DNB Occasional Studies* 16, 7. De Nederlandsche Bank
- WEITZMAN, M. L. (2014). Can Negotiating a Uniform Carbon Price Help to Internalize the Global Warming Externalities? *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 1(1-2), pp. 29-49, <https://doi.org/10.1086/676039>
- Avdeev&Co. (2021). *Oil and Gas Extraction: average industry financial ratios for U.S. listed companies*. Avdeev&Co. Online: <https://www.readyratios.com/sec/industry/13/>
- ACPR (2019). French banking groups facing climate change-related risks. *Analyses et synthèses*, No. 101. Banque de France, Paris, France
- BOE (2019). The 2021 biennial exploratory scenario on the financial risks from climate change. *Discussion Paper December 2019*, Bank of England, London, UK
- CBRC (2012). *Notice of the CBRC on Issuing the Green Credit Guidelines*. China Banking Regulatory Commission
- EBA (2021). Mapping climate risk: Main findings from the EU-wide pilot exercise, EBA/Rep/2021/11
- Erste (2021). *MOL – Pact információk. [MOL – Market information.]* Online: <https://www.erstemarket.hu/termek/98/MOL>, Downloaded: 01.04.2021
- EU (2016). *Consolidated version of the Treaty on the Functioning of the European Union-Part Three, Title VII, Chapter 2, Article 127*
- NGFS (2018). *NGFS First Progress Report. Network for Greening the Financial System* Online: <https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/818366-ngfs-first-progress-report-20181011.pdf>
- FED (2020). *Financial Stability Report – November 2020*
- Fitch (2021). *Fitch Ratings Raises Short-Term Oil and Gas Price Assumptions. Fitch Ratings*, Online: <https://www.fitchratings.com/research/corporate-finance/fitch-ratings-raises-short-term-oil-gas-price-assumptions-17-03-2021>, Downloaded: 08.04.2021
- IPCC (2018). Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. IPCC
- IMA (2019). *Sustainability Linked Loan Principles*. Loan Market Association. Online: <https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/LMASustainabilityLinkedLoanPrinciples-270919.pdf>
- MNB (2021). *Tájékoztató a lakáscélú Zöld Tökekezelésmény-kedvezmény Program feltételéről.* [Notice on the criteria for the preferential Green Capital Requirement Treatment for housing loans] *MNB*. Online: <https://www.mnb.hu/letoltes/notice-preferential-green-capital-requirement-2020-july-update.pdf>
- MOL (2019). *Konzolidált Éves Jelentés* (Consolidated Annual Report.) MOL Magyar Olaj-és Gázpárti Nyrt. Online: https://molgroup.info/storage/documents/publikaciok/evjes_jelentesek/2019/mol_group_annual_report_2019_hun.pdf
- NGFS (2018). *NGFS First Progress Report. Network for Greening the Financial System* Online: <https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/818366-ngfs-first-progress-report-20181011.pdf>

Konferenciáról. [Climate Risks and Business Opportunities – Report on the International Green

Finance Conference held in Budapest, November 2019.] *Financial and Economic Review* 19, 1: pp. 188-191

GYURA G. (2020b). Mennyire feloldósek ténylegesen bankjaink? [To what extent are our banks actually responsible?] *MNB*

HARVEY, F. (2012). Sir David King: quantitative easing should be aimed at green economy. *The Guardian*. Online: <https://www.theguardian.com/environment/2012/jun/26/david-king-quantitative-easing-green>

MATKAINEN, S., CAMPIGLIO, E., ZENGHELI, D. (2017). *The climate impact of quantitative easing*. Policy Paper. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment

McKIBBIN, W., MORRIS, A., PANTON, A. J., WILCOXEN, P. J. (2017). Climate change and monetary policy: Dealing with disruption. *CAMA Working Paper 77/2017*. The Brookings Institution

Mihalovits, Z., Tapaszti, A. (2018). Zöld-követény, a fenntartható fejlődést támogató pénzügyi instrumentum. [Green Bond, the Financial Instrument that Supports Sustainable Development.] *Public Finance Quarterly* 63/3, pp. 303-318

MODIGLIANI, F., MILLER, M. H. (1958). The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. *American Economic Review* 48, 3. pp. 261-297

ROBINSON, P. R. (2006). *Petroleum Processing Practical Advances in Petroleum Processing*. Springer, New York, NY

ROZENBERG, J., HALLEGATTE, S., PERRISSIN-FABERT, B., HOURCADE, J.-C. (2013). Funding low-

carbon investments in the absence of a carbon tax. *Climate Policy* 13, 1, pp. 134-141, <https://doi.org/10.1080/14693062.2012.691222>

RUDEBUSCH, G. D. (2019). Climate Change and the Federal Reserve. *FBSF Economic Letter*, 9. San Francisco, USA

SCHMID, B. (2020). S&P 500 returns to halve in coming decade – Goldman Sachs. *S&P Global Market Intelligence*, Online: <https://www.spglobal.com/marketing/intelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/s-p-500-returns-to-halve-in-coming-decade-8211-goldman-sachs-59439981>

SHARPE, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *The Journal of Finance* 19, 3. pp. 425-442, <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>

SPENCER, T., STEVENSON, J. (2013). EU Low-Carbon Investment and New Financial Sector Regulation: What Impacts and What Policy Responses? *IDDR Working Papers* 4, p. 13

STERN, N. (2006). What is the Economics of Climate Change? *World Economics* 7, 2. pp. 1-10

Tóth, B., Lippai-Makra, E., Szlader, D., Kiss, G. D. (2021). Az ESG-információk hozzáférhetősége az európai bankok pénzügyi stabilitásához. [The Contribution of ESG Information to the Financial Stability of European Banks.] *Public Finance Quarterly*, 66(3), pp. 429-450, https://doi.org/10.35551/PFQ_2021_3_7

Tuttle, R. (2019). Alberta's potential new refinery to reduce oil glut may end up giving it a gasoline glut instead. *Financial Post*. Online: <https://financialpost.com/commodities/energy/if-you-cant-pipe-it-refine-it-alberta-seeks-oil-glut-solution>

ACKNOWLEDGEMENTS

Supported by the Ministry of Innovation and Technology, and the Cooperative Doctoral Programme of the National Research, Development and Innovation Office.

NOTES

- 1 A good example for this is electric power generation with areas to be supported in the climate fight (e.g. solar power plants, wind power plants), as well as areas that should be reduced (e.g. coal power plants), and sub-branches to be increased in the transition period (e.g. natural gas power plants to compensate for fluctuations in green electricity production that depends on the weather conditions).
- 2 The reliance on the reference interest rate helps the comparison of interest rate spreads, and the lack of support obviously eliminates the distortion caused by supports provided in interest rate spreads from the analysis.
- 3 The former three are characterised by quick fluctuations in the period of 2016-2021, because of the low number of elements.

REFERENCES

- Boros, E. (2020). *Az éghajlatváltozás a bankokat is érinti? [Will climate change reach banks, too?] – Klimakockázatok a hitelintézeti stressztesztekben [Climate risks in credit institution stress tests.]* MNB
- Brainard, L. (2020). *Strengthening the Financial System to Meet the Challenge of Climate Change*. The Financial System & Climate Change: A Regulatory Imperative, Washington DC: USA. Presentation on 18 December 2020
- Breiteneffeller, A., Pönlter, W., Schuberth, H. (2019). *The potential contribution of central banks to green finance*. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung* 88. (2019), 2. pp. 55-71, <https://doi.org/10.3790/vjh.88.2.55>
- Buchner, B., Clark, A., Falconer, A., Macquarie, R., Meattle, C., Tolentini, R., Wetherbee, C. (2019). *Global Landscape of Climate Finance 2019*. Climate Policy Initiative
- Gyura G. (2020a). *Klimakockázatok és üzleti lehetségek – Beszámoló a 2019 novemberben Budapesten megartott Nemzetközi Zöld Pénzügyi*
- Campeglio, E., Daffermos, Y., Monnin, P., Ryan-Collins, J., Schotten, G., Tanaka, M. (2018). *Climate change challenges for central banks and financial regulators*. *Nature Climate Change* 8, pp. 462-468, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0175-0>
- Campeglio, E. (2016). *Beyond carbon pricing: The role of banking and monetary policy in financing the transition to a low-carbon economy*. *Ecological Economics* 121, pp. 220-230, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.020>
- Campeglio, E., Daffermos, Y., Monnin, P., Ryan-Collins, J., Schotten, G., Tanaka, M. (2018). *Climate change challenges for central banks and financial regulators*. *Nature Climate Change* 8, pp. 462-468, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0175-0>
- Cœuré, B. (2018). *Monetary policy and climate change*. Scaling up Green Finance: The Role of Central Banks. Berlin, Germany, Presentation on 8 November 2018

cooperation between central banks and prudential regulators keeps developing. Some of the researchers and central bankers visualise the tasks of central banks in the field of mapping the risks to the banking system, and they expect the players of the banking system to recognise the risks affecting them and make changes in their operation. Others suggest interventions through regulations, in order to actually encourage commercial banks to give preference to the financing of projects of low carbon intensity. We can already observe a number of regulations around the world, and the introduction of new ones is also considered. One of the most drastic ways is the application of quantitative easing for climate purposes. However, this is a highly disputed idea, and it points out that the current central banks tools do not include an active role in climate protection. The commercial banks, whose financing decisions may prove to be a major determining factor in combating climate change, are presently not directly interested in financing alternative solutions to carbon-intensive industries due to the current regulations and the general characteristics of the loan market. In spite of that, the banks seem to be gradually shifting towards capital allocation based on sustainability aspects.

In the decision-making models of companies, the changing attitude of the banking system towards climate change can be seen in the level of return expected from the external liabilities of the company; its growth reduces the cash flow generated by the project and the financial results of the company from the first year, so it increases the payback period. For the time being, Hungarian loan data do not clearly show the realisation of risks related to climate change in interest rate spreads. However, the analysis cannot be considered full scale, and we believe that a truly accurate analysis would be possible through micro data, which are unavailable at the moment. ■

The study examined the financial and economic risks of climate change by reviewing the relevant literature and the investment decision of a company operating in the oil industry. Within that, mainly the attitude of the narrowly defined banking system towards the management of climate risks and the phenomenon of climate change, and the related aspects influencing the operation of companies were examined.

The scientific discourse as to whether central banks should play a role in the solution of climate change problems, and if yes, in what depth, is intensifying. International

SUMMARY

In the case of the latter two branches, we can see a similar phenomenon than in processing industry and in agriculture. The interest rate spread of the infocommunications sector clearly increased during the period, as we saw a 12 per cent increase from 2016 to 2020. Besides, the real estate transactions sector appears to be similarly clear, with a 16 per cent drop in the specified period. Among the sectors not classified according to GHG effect, it is worth highlighting commerce and vehicle repair, where a clearly decreasing trend was detected, and it reached 10% between the two dates. All in all, we do not think that there would be a clear difference between the trends in the average spreads of sectors causing more or less pollution from the aspect of greenhouse gases; in the first set, on average, we found a somewhat higher growth, although insignificant. However, the exploration of a clearer relationship would require high-quality, unique micro-level and more disaggregated loan data, for which the sustainability characteristics are known, and which may allow for the application of a more complex methodology.

Table 5

AVERAGE SPREAD OF DISBURSED CORPORATE LOANS, BROKEN DOWN BY YEAR AND NATIONAL ECONOMY BRANCH

National economy branch	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2020/2016	2020/2016
	Year of conclusion						Ratio (%)	Change (pp)
Agriculture	2.52	2.63	2.77	2.73	2.54	2.53	100.93	0.02
Mining and quarrying	2.06	2.23	1.78	2.20	2.65		128.48	0.59
Processing industry	2.82	3.30	3.40	3.75	2.96	2.80	104.96	0.14
Electric power	2.05	2.37	2.15	2.37	2.34	2.32	114.09	0.29
Water supply	1.52	3.85	2.75	2.71	2.54	2.40	167.20	1.02
Construction industry	3.47	4.40	3.81	3.76	3.44	3.71	99.15	-0.03
Commerce and automotive	3.72	3.77	3.73	3.57	3.36	3.18	90.22	-0.36
Transportation and wareh.	3.07	3.73	3.72	3.80	3.43	3.49	111.60	0.36
Hospitality	3.73	4.07	3.71	3.71	3.67	3.11	98.31	-0.06
Infocommunications	3.76	4.43	4.19	4.21	4.21	4.36	111.81	0.44
Fin., insurance activities	2.73	2.38	2.66	2.14	2.42	1.94	88.67	-0.31
Real estate transactions	5.71	4.85	4.25	4.64	4.81	4.78	84.27	-0.90
Professional, scientific and technical	3.75	4.37	4.16	3.95	3.84	3.52	102.43	0.09
Administrative	3.51	4.02	4.06	3.46	3.64	3.38	103.73	0.13
Public administration	2.00	3.75	2.20					0.00
Education	4.48	4.90	4.55	4.29	3.56		79.41	-0.92
Social care	3.72	4.36	4.08	4.00	4.04	3.69	108.48	0.32
Arts, entertainment, leisure	4.54	3.81	4.22	4.97	4.26	2.83	93.74	-0.28
Other	4.15	4.97	4.88	4.05	4.67	2.95	112.49	0.52

Note: Contains data until end of May 2021.
Source: MNB HITREG, 2021

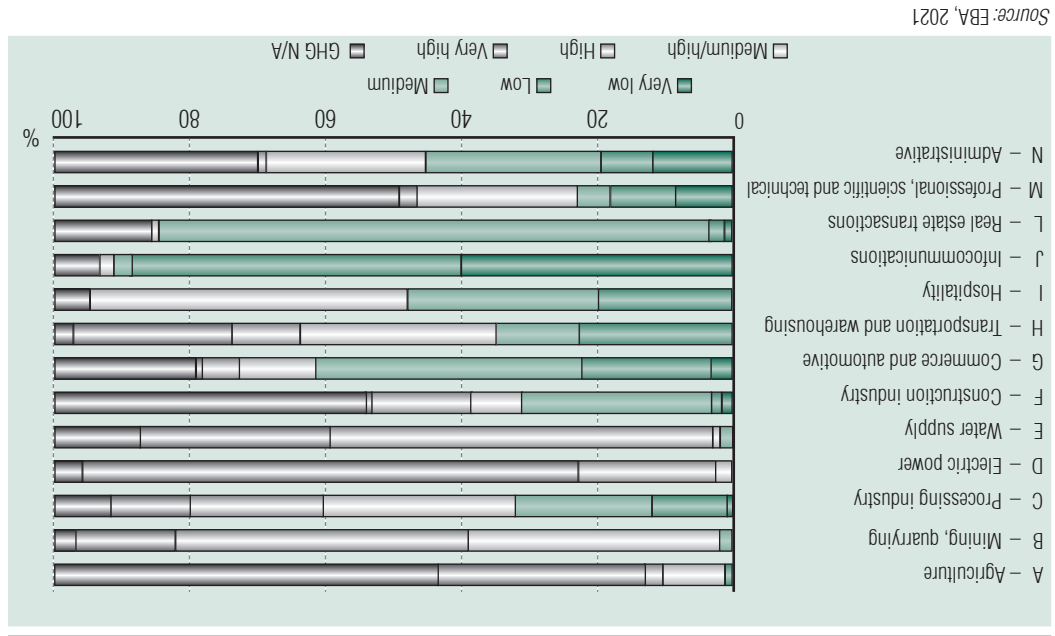
increasing interest rate spreads in a slightly higher ratio, and the growth of spreads was of a relatively higher rate than in the case of branches with low emissions. The average interest rate spread increased between these two dates in the agricultural, mining, processing, electric power, water supply, and transportation and warehousing sectors. Within that, we can see significant growth in water supply, electric power, mining, and transportation and warehousing. In the case of agriculture and the processing industry, significant growth was seen in the interim years, which dropped later, but we could still observe a slight increase in 2020. Among the less polluting branches of the national economy, only the real estate sector was able to experience a drop in interest rate spreads, while in the case of professional, scientific and artistic, as well as administrative activities, a growth of 2–4 per cent can be

we believe that possible interest rate spread increase over the years can be detected mainly in loans of longer terms, which are more relevant for our research. It is important to note that for data access reasons our analysis cannot be considered to have full evidential value, as the composition of companies with loans may be different over the years in the given branches of the national economy, and we are unable to measure the distortion caused by companies without loans. In addition, we have to point out that the definition of the interest rate spread may depend on other conditions too, and as it can be seen in Figure 2; the national economy branches are not homogeneous either, as they include sets of companies with low and high GHG effects, which we combined through aggregation (Table 5).

Based on our results, we can observe that in 2016–2020 the national economy branches with higher carbon intensity experienced

therefore the greenhouse effects of the national economy branches are identified on the basis of a survey conducted by the European Banking Authority in 2021 (Figure 2). Based on the data, the most polluting branches of the national economy include the electric power industry, agriculture, water supply, mining, transportation and warehousing, and the processing industry. Relatively low environmental pollution impacts can be observed in infocommunications, real estate transactions, professional, scientific and artistic activities, and the administrative sectors.

Our analysis primarily examines the changes in the average spreads of disbursed loans over the given years. For the sake of comparison, we had to narrow down the loan contracts to use, and only investment loans not supported by state or central bank schemes and tied to reference interest rates were considered.² The reason why we selected investment loans is that



DISTRIBUTION OF THE GHG INTENSITY OF COMPANIES IN THE INDIVIDUAL BRANCHES OF THE NATIONAL ECONOMY

Figure 2

dioxide emission limit, this emission limit – in order to avoid the worst consequences – will be much lower in 2026 than today, if we assume a *business as usual* behaviour until then. This way the adjustment due to increased risks would obviously be more significant.

DEVELOPMENT OF INTEREST RATE SPREADS

Our analysis examines the sustainability characteristics of lending also from a different aspect. For our empirical analysis, we use Hungarian loan data from the MNB HITREG data supply, and we compare the interest rate spreads of the instruments of corporate loan agreements disbursed between 2015 and May 2021. As we have no information on the sustainability characteristics of individual loans, we aggregate companies and average interest rate spreads by branches of the national economy, examining their changes over time. It is important to point out that at the possible level of aggregation, i.e. within the branches of the national economy, the companies belonging to individual branches are not homogeneous in respect of carbon intensity,¹

in the central bank regulatory environment and the changes made by banks in their own operation may impact corporate decisions. The impact occurs through two channels: it reduces the value of the discount rate and the profit realised by the company. As a result of both factors, the present value of cash flows declines from the first year, but the initial investment cost is realised in year zero, i.e. in the present, so it is not affected by the changes. In this scenario we model the level of the external obligations of the company where NPV=0 if the impact is felt already from the first year, or from year six only. The results are summarised in *Table 4*.

If the interest rate increases already from the first year, 3.59 per cent is the level where the NPV=0; this means a growth of 1.40 percentage points, i.e. 63.82 per cent. If the change occurs from year six only, it is necessary to have a growth of 2.92 percentage points (132.96 per cent) so that the interest rate could reach the 5.11 per cent annual level that results in the NPV=0 level. The latter means a more significant growth, but, in the light of the findings in literature, involves certain risks. Accepting the correctness of the scientific consensus on the existence of the carbon

SENSITIVITY OF THE MODEL COMPANY'S PROJECT EVALUATION IN THE CASE OF AN ASSUMED CHANGE IN THE ATTITUDE OF THE BANKING SYSTEM: THE LEVEL LEADING TO ZERO NET PRESENT VALUE

Table 4

Level of return expected by creditors	Expected return (r_p), (%)	Financial expenses (million USD)	Growth (percentage points)	Growth (%)
Baseline scenario	2.19	37.92	–	–
Growth from year 1	3.59	79.66	1.40	63.82
Growth from year 6	5.11	124.87	2.92	132.96

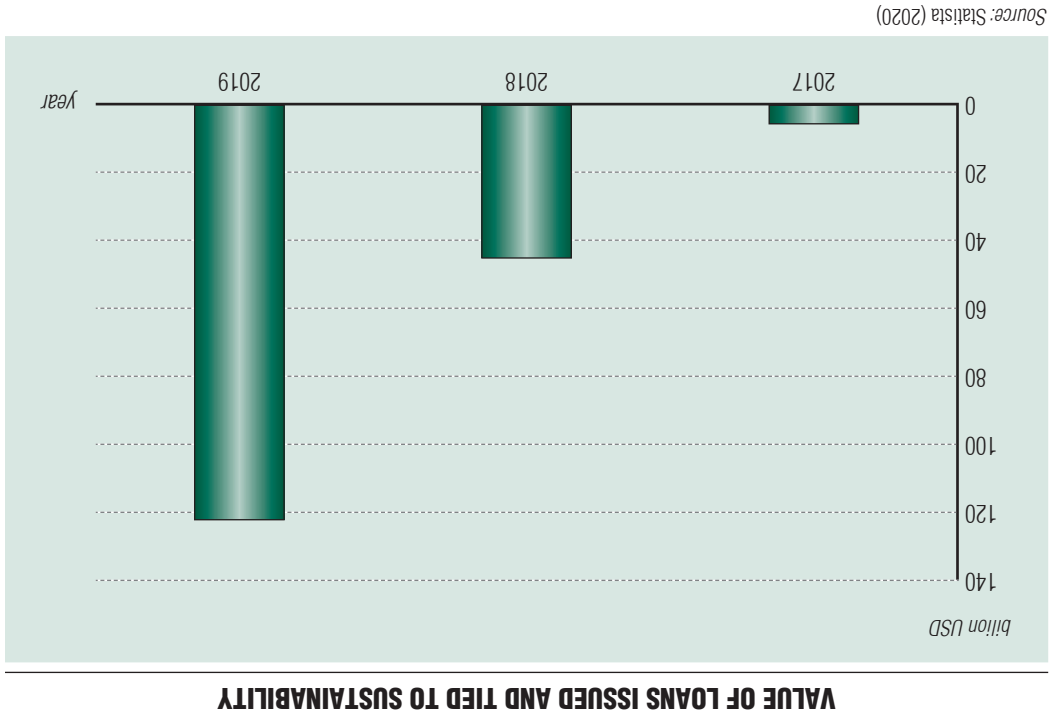
Source: own calculation

Source: own editing

Event	Root causes	Impact on corporate decision
Increasing return on commercial bank loans	Stricter central bank capital requirements tied to climate impacts;	1 Expected return on external obligations of the company to increase; present value of cash flows to decrease;
	Introduction of a general mandatory climate disclosure obligation or the result of climate stress test completed in own competence, as a result of which the bank adjusts the interest rate according to the increased risks (connection with the realisation of transition risks)	2 Interest expense of the company to increase; financial expenses to increase, present value of cash flows to decrease
	Modification of the bank's lending practice according to market demands (e.g. further increase in loans related to sustainability)	

IMPACT MECHANISM OF CHANGES OCCURRING AS A RESULT OF THE ROLE PLAYED BY THE BANKING SYSTEM

Table 3



Source: Statista (2020)

Figure 1

are better from climate aspects more difficult (Matikainen et al., 2017).

Cœurts (2018) response given to this criticism highlights two problems. He argued that the ECB buys the bonds of these companies because their liquid nature makes them suitable for use in foreign exchange transactions, which is necessary for the ECB to achieve its primary objective: the maintenance of price stability in the Eurozone. On the one hand, this proves that the ECB's mandate primarily covers the achievement of price stability, and any other goal may be desirable only as long as it does not hinder the achievement of the primary objective (EU, 2016). Therefore, on the whole, the central banks cannot be expected to play an active role in combating climate change at this level. Cœurts' position is actually the main argument for the side that opposes a central bank involvement that would be much more active than at present.

On the other hand, the issue of the liquidity of assets indicates one of the most important problems for the commercial banks in the transition to an economic model of lower carbon intensity; and this takes us to the discussion of commercial banks. *Spence and Stevenson* (2013) pointed out that the 2008–2009 crisis and the subsequent agreements to strengthen the stability of the banking system (e.g. Basel III) created an environment in the financial markets which encouraged banks to refrain from keeping long-term, high-risk and less liquid assets. Considering the fact that the financing of low carbon intensity projects basically falls into this category, this makes the supply of capital for them much more difficult. This way the practice followed by commercial banks and the reason why they do not allocate more funds to industries that are more favourable from climate protection aspects are primarily justified by credit market and regulatory

conditions. In spite of that, the role of banks keeps growing in the financing of industries that are active in combating climate change (Buchner et al., 2019), and they try to express their commitment to a more sustainable financial system even more extensively (Gyura, 2020b). A recently growing segment of bank involvement is the appearance of loans tied to sustainability, where the point is that the interest rate depends on whether or not the borrower meets the assumed sustainability objective – be it the improvement of energy efficiency, the reduction of carbon dioxide emission or water consumption (LMA, 2019).

The reason why this may be advantageous for companies is that they are able to give evidence to external parties affected by their operation about the fact that the aspects of sustainability are enforced in their operation. As it is indicated in *Figure 1*, the market of these loans has been actually operating since 2017, and it has developed quickly ever since: the allocated total volume increased 24 times from 2017 to 2019 (Statista, 2020). In addition, *Toth et al.* (2021) pointed out that the application of environmental, social and governance (ESG) performance is already a key consideration, and has a favourable influence on financial stability.

Involvement of the banking system, modelling of the impact on corporate project assessment

It is an important presupposition of this part of the analysis (modelling) that the same specifications apply to all external obligations of the company, and the bank can modify the terms. In the scenario we assume that the return on loans would increase, and the related causes and impact mechanisms are summarised in *Table 3*.

As you can see in *Table 3*, both the changes

example is the practice followed by the European Central Bank, seeking to invest its pension fund and the reserves managed by it in ways that meet the sustainability criteria (Cœuré, 2018). Another option could be a dynamic determination of capital requirements depending on what kind of company is financed by the bank from an environmental point of view (Rozenberg et al., 2013). This is similar to the MNB's recently introduced programme to improve the energy efficiency of residential buildings, which offers preferential capital requirement to credit institutions that provide loans for such purposes (MNB, 2021). The instrument that is in the hands of central banks and is probably the most debated one is the application of quantitative easing according to climate protection aspects, which in this case means that the central bank purchases bonds issued by companies that pursue activities with low carbon intensity (Mihalovits & Tapaszi, 2018). After the crisis of 2008–2009, there was a possibility, especially in Great Britain, that this non-conventional central bank instrument could be used to promote the green rebuilding of the economy (Harvey, 2012). However, this idea has been criticised, too: *Rudbusch* (2019) used an American example to argue that pursuant to effective regulations, the Federal Reserve could purchase the bonds of government bodies only, so this instrument could not be utilised for 'green' purposes (Rudbusch, 2019). *Matikainen et al.* (2017), on the other hand, used the examples of the European Central Bank (ECB) and the Bank of England to show that these two institutions, in their bond purchase programmes, buy much more bonds from companies involved in carbon-intensive activities. This practically results in the fact that they become deeply embedded in the economic structure, which makes their replacement with alternatives that

issue from the direction of risk assessment, with contents very similar to the NGFS recommendation described above. Of the practical implementations it is worth highlighting the procedure called *climate stress test* (Boros, 2020), in which the banks (at each level of the banking system) model the impact of the realisation of individual climate change risks on individual banks and on the whole banking system. In practice, similar procedures are already under development in several countries (ACPR, 2019; BoE, 2019), and the National Bank of Hungary (Magyar Nemzeti Bank, MNB) is also planning its introduction (Gyura, 2020a), while the Dutch National Bank has actually completed it, and it is often referenced as a benchmark in literature. Here they examined the macroeconomic aspects of two types of transition shock scenarios, then examined the impacts on 56 industries, and finally modelled the impacts on the financial system, depending on the exposure of the individual financial intermediaries in the carbon-intensive industries affected by the shock. The research found that if the banks conduct tests for themselves too, they can use the results to draw conclusions that will fundamentally influence their investment decisions (Vermeulen et al., 2018). The second group of central bank interventions covers the inclusion of environmental protection aspects in the regulatory method (Carnigliio et al., 2018). It is mainly in developing countries where we can see some examples that the central bank provides extra liquidity to commercial banks financing projects of low carbon intensity, or they stipulate minimum requirements that are mandatory to invest in such projects. The Chinese regulation is similar to that, as their central bank defined a principle that financial intermediaries should give preference to projects of lower carbon intensity in their investment decisions (CBRC, 2012). Another

obviously depends on the scope of competence of the given central bank, as specified by the law of the specific country.

Based on this, it is possible to identify some analysts and professional players who think that if climate protection regulations are not successful from the political side, the central banks should also intervene. As to the depth of this intervention, it is the subject of debate as there is a concern that active involvement in climate issues will damage the 'original' central bank competences.

However, central banks around the world have recognised the risks of climate change to financial stability. At the end of 2017, 18 central banks and supervisory bodies and 5 international organisations cooperated in setting up the 'Network of Central Banks and Supervisors for Greening the Financial System' (NGFS) (NGFS, 2018), which had 98 active members and 16 members with observer status in October 2021 (NGFS, 2021), seeking to help central banks and supervisory bodies through recommendations. In a recently issued publication, the NGFS invites its members to explore the exposure of financial institutions under their supervision in those sectors that could be most affected by transition risks and to make sure that these institutions manage their risks properly and intervene in the process if necessary (NGFS, 2020). The extensive geographical distribution of climate-relevant central bank involvement has also been observed recently. A fairly symbolic example is the fact that the Federal Reserve, which issues the US dollar that serves as the primary global reserve currency, integrated the risks of climate origin in its stability report for the first time at the end of 2020 (FED, 2020), and joined the NGFS, too (Brainard, 2020). Based on a review of the practices of various central banks, it is worth separating 2 main intervention methods (Campiglio et al., 2018). One of them approaches the

the practical implementation of which is often discussed in analyses (cf. Martin, 2014). There is a study on the relevant aspects of such regulations from the point of view of central banks, too: the nature of the climate protection regulation basically determines what monetary policy response is justified, therefore cooperation between regulators and central banks is extremely important (McKibbin et al., 2017).

Among the experts on the subject there is no consensus about the role of monetary policy in combating climate change. Some researchers believe that central banks have the capacity to become leaders in this field, taking the place of political decision-makers and other relevant players. As the pricing of carbon dioxide emission is not feasible for political and social considerations, the regulatory activities of central banks become more valuable (Campiglio, 2016). As another argument for the involvement of central banks, Campiglio mentioned that since the introduction of regulations after the 2008–2009 financial crisis, there has been a secondary market failure on the credit markets too, which means that since then commercial banks have been avoiding holding and lending risky, particularly longer-term less liquid assets, and therefore they do not take the price indications originating from carbon tax into consideration, and do not prefer 'green' projects that usually require long-term investment either. Because of all that, the author is of the opinion that a tax-like approach which influences prices would be impractical, so central banks should have an essential role as they are able to promote transition with rules of different types.

The above points are consistent with the statement that central banks should take part in combating climate change because that is the best scenario by far, i.e. political regulation does not work (UN, 2017). This, however,

Table 2

INITIAL MODEL PARAMETERS

Description	Year										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(1) Sales	0	3,206.7	3,206.7	3,206.7	3,206.7	3,206.7	3,206.7	3,206.7	3,206.7	3,206.7	3,206.7
(2) Cost of raw materials	0	1,908.0	1,908.0	1,908.0	1,908.0	1,908.0	1,908.0	1,908.0	1,908.0	1,908.0	1,908.0
(3) Cost of operation	0	336.7	336.7	336.7	336.7	336.7	336.7	336.7	336.7	336.7	336.7
(4) EBITDA (1)-[(2)+(3)]	0	962.0	962.0	962.0	962.0	962.0	962.0	962.0	962.0	962.0	962.0
(5) Depreciation	0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0
(6) EBIT(4)-(5)	0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0
(7) Profit on financial transactions	0	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9
(8) Taxes	0	70.7	70.7	70.7	70.7	70.7	70.7	70.7	70.7	70.7	70.7
(9) NOPLAT (6)-(7)-(8)	0	303.4	303.4	303.4	303.4	303.4	303.4	303.4	303.4	303.4	303.4
(5) Depreciation	0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0	550.0
(10) Operating CF (9)+(5)	0	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4
(11) TE purchase	5,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(12) Investment CF (9)+(11)	-5,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(13) FCFE(10)+(12)	-5,500	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4	853.4
(14) Discount rate	1	0.93	0.87	0.81	0.76	0.7	0.66	0.62	0.57	0.54	0.50
(15) PV(13)*(14)	-5,500	796.24	742.92	693.18	646.76	603.45	563.04	525.34	490.16	457.34	426.72
NPV [(15) amount]											445.0

Source: own calculation

Table 1

PARAMETERS OF THE MODEL COMPANY

	millio Ft	%
E	2,451,369	
D	2,680,918	
V	5,132,287	
Profit before taxation	275,699	
Tax expenses	47,318	
T	17.16	
Total loans	909,039	
Total interests	19,946	
r^d	2.19	
r^l	2.71	
r^m	6.00	
β	1.23	
r^e	6.76	
α	3.00	

Source: own calculation based on the data of MOL (2019).

these two make up the total annual cost (USD 2,245 million).

Oil and gas companies in the USA in 2014–

2019 had an average gross margin of 30 per cent (Avdey & Co, 2021), so the calculated annual revenue would be USD 3,207 million (see Table 2 for the initial model parameters).

In the initial model $NPV=445$ (million USD), so a rational company management would decide to implement the project, based on its present knowledge.

THE ROLE OF THE BANKING SYSTEM IN THE MANAGEMENT OF FINANCIAL RISKS STEMMING FROM CLIMATE CHANGE

In this chapter, with the help of the relevant literature, we will first review the role that

Review of literature

Several studies point out that it is basically decision-makers with political legitimacy who can take proper measures and contribute to a transition to a less carbon-intensive economic structure (UN, 201; Breitenfellner et al., 2019). In order to reduce the intensity of carbon dioxide emission, it is necessary to establish proper incentives, essentially a unit-form price, tax or quota system on emissions,

can be played by central banks in promoting funding to fight climate change. Following that, we will present the relevant commercial bank practice and the underlying main driving forces and, finally, we will model the elements of the observed trends that are relevant from the aspect of corporate decision-making.

The capacity of the oil refinery is 100 thousand barrels per day, and in the long term, the unit price per barrel is estimated to be USD 53 (Fitch, 2021), while the annual cost of raw material is USD 1,908 million in the case of operation for 360 days. Based on the cost distribution that is typical for oil-refineries – 85 per cent crude oil, 15 per cent operating cost (Robinson, 2006) – the operating cost is USD 337 million per year, and the sum of

barrels of oil per day would cost USD 6.9–8.6 billion in Canada, and USD 2.9–3.6 billion in China (Turtle, 2019).

The investment costs of the company in year zero amount to USD 5.5 billion. We estimated all that on the basis of the arithmetic mean of the intervals by Tuttle (2019), who mentioned in his paper that the establishment of an oil-refinery capable of producing 100 thousand barrels of oil per day would cost USD 6.9–8.6 billion in Canada, and USD 2.9–3.6 billion in China (Turtle, 2019).

The financial data of the company are based on the MOL 2019 report (MOL 2019). The initial values of the individual parameters in the model can be seen in Table 1.

The investment costs of the company in year zero amount to USD 5.5 billion. We estimated all that on the basis of the arithmetic mean of the intervals by Tuttle (2019), who mentioned in his paper that the establishment of an oil-refinery capable of producing 100 thousand barrels of oil per day would cost USD 6.9–8.6 billion in Canada, and USD 2.9–3.6 billion in China (Turtle, 2019).

The investment costs of the company in year zero amount to USD 5.5 billion. We estimated all that on the basis of the arithmetic mean of the intervals by Tuttle (2019), who mentioned in his paper that the establishment of an oil-refinery capable of producing 100 thousand barrels of oil per day would cost USD 6.9–8.6 billion in Canada, and USD 2.9–3.6 billion in China (Turtle, 2019).

(Modigliani, Miller, 1958), in the usual way:

$$WACC_{project} = WACC_{company} + \alpha = \left[\frac{A}{E} \times r^e + \frac{A}{D} \times r^d \times (1-T) \right] + \alpha$$

It can be calculated on the basis of the weighted average capital cost of the project

$$NPV = \sum_{t=0}^{10} FCF_t \times \left(\frac{1}{1+WACC_{project}} \right)^t$$

The net present value (NPV), that is the basis of the decision, originates from the usual equation:

Process of calculation and initial parameters

As to the individual impacts, we assumed their occurrence *ceteris paribus* (with everything else unchanged), so that the individual channels could be well separated, with revenues and costs permanent during the specific period. Changes in the individual scenarios have direct impact on the decision; compensation, such as increasing the price of the product, and thus increasing revenues is not possible, as the demand is very price-sensitive.

The project data are based on the industry, without fully reflecting reality. Accordingly, the 10-year project period is also a simplification for the sake of the clarity of the project.

The capital structure of the company is stable, and it will not change in the examined period. In order to simplify calculations, in the model we did not consider any changes in net working capital (inventories, current assets etc.), either. The rationality of company management can be assumed, and they decide about the investment only on the basis of the NPV; also, there is a single universal tax rate in the model environment. The financial expenses of the company are due to the difference between interests paid and received only, with no other factors considered.

METHODOLOGY OF MODELLING

Objective of modelling and theoretical approach

The impact of the adjustments by financial institutions (central and commercial banks) on economic players is modelled in the already described way, through the decision-making position of a company (in the oil industry). The objective of the model is to use a realistic example to demonstrate the channels through which the examined phenomena may influence the operation of companies. The model that was built by us and that inevitably simplifies reality demonstrates a methodology that can be used in real decision-making, too, if adjusted to the characteristics of the given company.

In our example, a profit-maximising company with a single activity (oil processing) has to make a decision about a project. Within the project, the company is planning to commission an *oil-refinery plant* of high carbon intensity, related to traditional oil industry activity. The plant is expected to operate for 10 years, during which period it will be depreciated linearly, without residual value. As a decision-making criterion, the company uses the net present value (NPV) calculated by discounting the cash flows generated as a result of the project. If this value is positive in the examined period, they will decide to implement the project, otherwise they will reject it.

Our objective is not just to model the decision but to identify the events that could potentially influence it. So, the question is not the general 'Is the investment worth-while for the company?', but 'How would the company decide about the investment if it knew these changes were coming?'. Besides, we use the following assumptions:

supply and agricultural activity, and these would lead to a measurable decline in the performance of the entire world economy;

- assuming glasshouse gas emissions maintained at the present rate, there is a fairly limited period of time that separates mankind from reaching the emission level that causes a warming of 1.5 degrees Celsius.

Although climate change is a truly complex process, its solution – at least in theory – is less complex: in order to ensure that global warming stays within the limits accepted in the Paris Climate Agreement, it is necessary to reduce the emission of glasshouse gases. Consequently, all activities that are the primary sources of emission, hereafter referred to as carbon-intensive activities, should be replaced with alternatives of lower carbon intensity, while maintaining the security of supply. From an economic point of view, climate change is an external phenomenon that presents a global problem, and in addition to the fact that the damage is not done intentionally, the injured parties cannot be directly identified either, as the negative consequences will be borne by the future generations, according to the forecasts (Stern, 2006). We have to make a distinction between future energy developments:

- a** green energy producers (e.g. wind and solar power plants, even nuclear energy);
- b** investments that are essential in the transition period (e.g. natural gas power plants, LNG terminals, gas pipelines);
- c** investments based on other fossil energy sources (e.g. coal-fired power plants, coal mines).

Regulators should offer incentives to the banking system so that banks could help group *a*), limit developments of type *c*), and, at the same time, finance the establishment of capacities required for safe supply in case of group *b*).

Based on the above points, our research questions are as follows:

- ▶ What roles are played or could be played by the central banks and commercial banks in slowing down the process of climate change?
- ▶ Are the risks related to climate change detected in the pricing of loan products, and do borrowers have to face higher spreads in carbon-intensive industries?

In the next chapter of the study, we will review the conceptual framework of climate change relevant to our research, then present the methodology used in the study, and finally, we will examine the role of the banking system on both theoretical and empirical bases, and summarise our key findings.

KEY CHARACTERISTICS OF CLIMATE CHANGE

In the comprehensive report of the UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), a summary aimed at decision-makers was published about the causes and consequences of climate change, seeking to draw attention to the fact that it would make a big difference if we made efforts to limit global warming to 1.5 degrees Celsius, instead of the 2 degrees Celsius accepted by the majority of the countries worldwide in the Paris Climate Agreement (IPCC, 2018). Findings of the report relevant from the aspect of this study:

- warming up in a range over 1.5 degrees Celsius would probably cause extreme weather phenomena unprecedented under the present climate conditions, and in parallel with the rising sea levels, it would lead to major damage in the built infrastructure;
- the impacts of climate change may have a direct influence on human health, food

The changes we can observe in the climate force the actors of the economy to take certain steps. In our study, we approach this issue from the direction of financial institutions. The reason for that, on the one hand, is that this segment is in contact with all the players of the real economy, and, on the other hand, it is able to supply the financial resources required (though not sufficient alone) for sustainable operation to the economic sectors essential for the transition – to some extent, even without the committed support of political decision-makers. It is primarily the central and the commercial banks that we examine in respect of climate change.

Owing to the fact that the financial system is in contact with practically all other players of the economy, we consider it necessary to determine how the risks affecting them and their attitudes influence the players of the real economy, and the channels through which these impacts are realised in the operation of the companies. We will demonstrate all that with a macro-level model, in which the various aspects are built into a corporate project assessment situation that is based on true data, although inevitably simplified. Besides, we examine at macro level whether or not these risks appear in the pricing of loans and in the growth of interest rate spreads in Hungary.

The study has three objectives. Firstly, to systematize the quickly expanding literature that analyses the role played by financial institutions in climate change, and to present the trends that can be observed. Secondly, with a theoretical approach and the use of a model, to cast light on the aspects of realisation of risks and the attitude of the financial intermediary system to climate change, and the way they are able to influence the operation of companies. Thirdly, using an empirical approach, to examine the extent to which these risks have been built into the interest rate spreads of loans in Hungary so far.

Possible Real Economic Consequences of Financial Actors' Attitudes Towards Climate Change and Realized Risks

Péter Málits

Corvinus University of Budapest, EY
pmalits00@gmail.com

El-Meouch Nedim Márton

University of Pecs, National Bank of Hungary
nedu02@gmail.com

Aron Drabancz

Corvinus University of Budapest, National Bank of Hungary
aron.drabancz@gmail.com

SUMMARY

The effects of climate change on the real economy are also reflected in the financial system. In this study, we examine the attitudes of key players in the financial system (central and commercial banks) towards the financial risks of climate change, based on the literature in the field. The key players in the financial system, the climate change-specific relationships of the corporate sector and the main channels connecting them are illustrated using a corporate project evaluation model, partly assessing which variables and risks a company should consider when making an investment decision. The results show that climate change can affect the performance of financial institutions in a number of ways, but these risks cannot yet be clearly identified in Hungarian interest rate spreads.

KEYWORDS: climate change, financial institutions, interest rate spread

JEL CODES: H43, Q56

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_7

metherto-hozzajarulas-a-tisztabb-energiaellatarashoz, 2021. április 08.

GURTEFF, N., GREEN, D., KOSKINEN, I., ET AL LIPSON, M., BALDRY, M., MADDOCKS, A., MENICIAS, C., NOACK, J., MOGHHTADERI, B., DOROODCHI, E. (2020). Healthy Power: Reimagining Hospitals as Sustainable Energy Hubs, *Sustainability*, 12(20), 8554; <https://doi.org/10.3390/su12208554>

MANGARELLA, P. (2014). MES (multi-energy systems): An overview of concepts and evaluation models, *Energy*, 65, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.041>

TAPIA-AHMADA, K., DUNAS, P. (2016). Interplay of Gas and Electricity Systems at Distribution Level, <https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/Working-Paper-Interplay-of-Gas-and-Electricity-Systems-TapiaAhmadaDunas-December2016.pdf>

MIHÁLOVITS, Zs., TAPASZTI, A. (2018). Zöldkövetény, a fenntartható fejlődést támogató pénzügyi instrumentum [Green bond, the instrument to support sustainable development], *Pénzügyi Szemle (Financial Quarterly)*, 63(3), pp. 312-327

PLAHN, P., KEENE, K., PENDRAY, J. (2015). *330 kWe Packaged CHP System with Reduced Emissions*, United States: <https://doi.org/10.2172/1223435>

SAMAD, T., KOCH, E., STURKA, P. (2016). Automated Demand Response for Smart Buildings and Microgrids: The State of the Practice and Research Challenges, *Proceedings of the IEEE*, 104(4), <https://doi.org/10.1109/JPROC.2016.2520639>

SIOHANSI, F. (2021). *How can flexible demand be aggregated and delivered?*; Variable Generation, Flexible Demand, Academic Press, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823810-3.00014-5>

WARTSILA (2022). Combustion Engine vs. Gas Turbine: Pulse Load Efficiency and Profitability, Download from: <https://www.wartsila.com/energy/learn-more/technical-comparisons/combustion-engine-vs-gas-turbine-pulse-load-efficiency-and-profitability>; Time of download: 2022 08 31

ZHENG MA, JOY DALMACIO BILANES, BO NORREGAARD JORGENSEN (2017). Aggregation Potentials for Buildings – Business Models of Demand Response and Virtual Power Plants; *Energies* 2017, 10(10), 1646; <https://doi.org/10.3390/en10101646>

Electric Power Research Institute (2017) Power Generation Technology Data For Integrated Resource Plan Of South Africa

European Council (2022). Fit for 55. The EU's plan for a green transition, <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

International Energy Agency - Energy Technology Systems Analysis Program (2010) Combined Heat and Power, https://www.ia-ecap.org/E-TechDS/PDF/E04-CHP-GS-gct_ADFinal.pdf

U.S. Department of Energy (2016) Combined Heat and Power Technology Fact Sheet Series, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/CHP-Recip%20Engines.pdf>

U.S. Energy Information Administration (2016) Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants

machine system, too, compared to the two-machine configuration.

With the assumption of the basic case, favourable returns can be expected. The positive cash flow of the project is steady during operation, the expected life-cycle is until 2033–36, depending on the hours of operation. The results of scenarios are favourable in the case of market price level: with a base fee, IRR is 11.0–11.5%, and it is favourable without base fee, too, 8.3% (in 2019, not with premises of 2022).

Several sensitivity tests were conducted with the scenarios containing the basic signal optimisation. The CAPEX/OPEX increment, the delay in investments have negative impacts, especially with business objectives. ■

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to our colleagues, Dr. Bálint Hartmann and József Kiss for their involvement in the research and for their contributions to achieving these results

REFERENCES

- ANTTI ALAHÄIVÄLÄ, JUHA KIVILUOMA, JYRKI LEINO AND MATTI LEHTONEN (2017). System-Level Value of a Gas Engine Power Plant in Electricity and Reserve Production, <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/7/983/pdf>
- BOZKAYA, B., ZEILER, W., BOXEM, G. (2014). *Integration Of Aquifer Thermal Energy Systems (Ates) Into Virtual Power Plant As A Source Of Flexibility*; Fifth German-Austrian IBPSA Conference RWTH Aachen University
- CHENGYANG, L., JING YANG, R., YU, X., ET AL SUN, C., WONG, P. S. P., ZHAO, H. (2021). Virtual power plants for a sustainable urban future, *Sustainable Cities and Society*, 65, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102640>
- ERDELYI, A., PULAY Gy. (2021). Méthód hozzájárulás a tisztább energiellátáshoz [Measurable contribution to cleaner energy supply], *Pénzügyi Szemle online (Financial Quarterly online)*, <https://www.penzugyiszemle.hu/tanulmányok-cloadasok/>
- ERDELYI, A. (2018). Fenntartható növekedés – fenntartható pénzügyi szolgáltatások az Európai Unióban [Sustainable growth – sustainable financial services in the European Union], *Pénzügyi Szemle (Financial Quarterly)*, 63(3), pp. 328–344
- COREA, J. (2006). *Virtual Power Plant Concept in Electrical Networks*; 2nd International Conference on Integration of Renewable and Distributed Energy Resources Napa, CA

The utilisation of UPS devices in the uninterrupted power supply of hospitals had varying degrees of success in the past. However, the present technical and economic environment and the typical temporality of hospitals' need for electricity and heat energy may completely change this picture. In the article, the authors presented a study, which was aimed at assessing the dependence of the UPS business models on several factors, including margins, heat energy revenues and annual consumption factors. Case studies were presented for the one-, two- and three-machine configurations. The comparison of these cases showed that while in the case of using multiple machines, the average utilisation factor is not higher, and the temporality of electricity and heat energy demands offer better opportunities for starting smaller units. In the case of the aFRR service, the sold flexibility (reserve capacity) is proportionate to the utilisation and the nominal capacities of the operating UPS devices. The case of aFRR+ services (upward regulation) indicates the relative reduction of the disadvantages of the three-

SUMMARY

Based on the above points, we can say that in the course of profit-optimised operation, the three types of set-ups work in similar ways, but according to several other considerations, the three-machine set-up is the most favourable version. We can look for other differences between the cases by considering the CAPEX and other OPEX items, and in the case of the modified basic signal optimisation. The calculation of returns for the whole project and the analysis of the operation with the modified basic signal will help the selection of a robust solution from the options, even in the case of a wider range of future uncertainties.

The balancing costs amount to approx. EUR 20–25 thousand/year, i.e. make up 1–2% of the whole revenue and 3–5% of operation costs. This way balancing costs in themselves do not cause a significant deterioration of the return prospects, but, as it was expected, one-machine set-ups offer somewhat poorer results. Comparing the annual operation of the selected one- and three-machine set-ups (*Figure 5*), although the general utilisation is not higher in the case of several machines, we can still define several periods when individual engines should join in the system even with lower performance. We examined the results of schedule optimisation for the next 10 years for the three priority technical scenarios. The sold flexibility and reserve capacity change proportionally with engine utilisation and the built-in capacity in the case of the aFRR product. In the case of the aFRR+, i.e. power-in-feed, the relative disadvantage of the three-machine system is reduced compared to the two-machine arrangement. It is also worth pointing out that the nominal gas engine efficiencies (belonging to the full load) can only be realised to a limited extent in reality, and the more flexible three-engine set-up – owing to less partial load – has a better efficiency, than the machines of series 6 that are more efficient in the base load production. When calculating the annual average operational spread calculated with the simplified method, we took the revenues from heat and electricity sales, the natural gas costs and the balancing energy costs into consideration, too. As presented in *Figure 5*, the absolute efficiency differs by about 7–8 per cent between the two extreme values, but the specific – i.e. proportionate to the investment cost – indicator projected on the total capacity shows only 3.5% as the biggest difference, and the sequence of the engines has changed, too.

aspect of operation (number of starts, nature of partial loads), from the 5 cases presented in *Table 5*. The operation monitoring analysis gives an exact time series result for the volume of the balancing energy and its costs, too, in addition to the actually realised gas engine operation states. For the period of running, operation states of the operation states of gas engines and the development of balancing costs are included in *Table 5*.

As to the examined engine combinations, one of the key issues is optimal sizing, as the large number of hours of utilisation basically determine the return. In the case of the configuration modelling 2 pieces of J316 engines, the optimal operation adjusted to the examined energy demand curves leads to operation with partial load in a lot of cases, while the scenario of 1 piece of J420 was rejected because of its worse return and higher specific investment costs.

in one-machine configuration with types J612 and J420,
 • in two-machine configuration with units J316 and J320,
 • in three-machine configuration with machine J312.

During the run, the pure objective is to maximise operational effectiveness with the given energy demands and prices. Therefore, in this case, it is possible to satisfy the energy demands of the hospital from the market or the power exchange, too, if that is more favourable than own production. The heat demand of the hospital is close to the nominal performance of the examined gas engines, and heat sale is possible almost continuously.

In order to reduce the diversity of possible alternative scenarios and the technical and operational combinations, first we selected configurations – with one, two or three gas engines – that would be suitable from the

COMPARISON OF RESULTS FOR THE 1-2-3-MACHINE SYSTEM

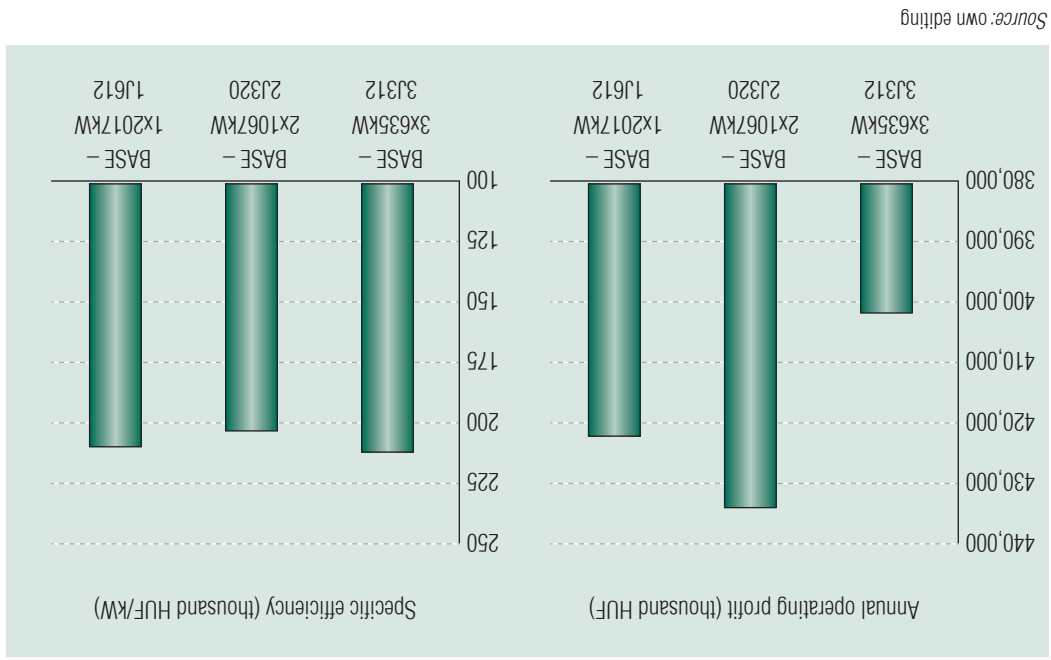


Figure 5

Source: own editing

Source: own editing

Engine configuration	Load (idle-partial load-full load) [%]	Specific balancing costs [€/kW]
3XJ312	21-0-79	17.6
2XJ316	16-6-79	17.3
2XJ320	22-0-78	16.1
1XJ420	21-0-79	22.1
1XJ612	20-0-78	22.3

COMPARISON OF OPERATION STATES

Table 5

Source: own editing

aFR+	aFR-	Heat sale	El. production	Gas consumption	s	Primary efficiency (%)	Electric efficiency (%)
3X635kW	2,799	13,843	16,110	33,928	0.86	88.3	40.8
2X1067kW	3,108	15,535	18,068	37,982	0.76	83.8	36.3
1X2017kW	2,659	14,962	14,316	33,101	0.92	83.1	39.9

COMPARISON OF VARIOUS CONFIGURATIONS

Table 4

Source: own editing

Type	El. perf. [kW]	Heat performance [kW]	Electric efficiency [%]	Number of gas engines
Jenbacher 3	635	739	40.8	3
J316	851	991	40.7	2
J320	1,067	1,241	40.9	2
Jenbacher 4				
J420	1,497	1,563	42.9	1
Jenbacher 6				
J612	2,017	1,930	45.2	1

COMPARISON OF GAS ENGINES SUITABLE FOR THE SITE

Table 3

After the limitations, we give the definition of the objective function, which contains the following cost elements:

- EM transaction costs ($E_{el,EM,isol} - E_{el,EM,bought}$) at the organised electricity market price (P_{EM});
- the revenue from the electricity sold to the hospital ($E_{el,demand}$) at fixed trading price (P_{el});
- the revenue from the upward and downward reserves' availability fees (P_{qfrr});
- the heat revenue, which is only paid on the heat demand, if that is served by the gas engine, heat being the price of one unit of heat;
- finally the cost of the primary energy (natural gas) (P_{gas}).

The examined gas engine versions were selected from Jenbacher's machine families 3, 4 and 6 (Chengyang, L., Jing Yang, R., Yu, X., et al, 2021). In the product range of other manufacturers, in the examined range of 1–2 MW, there are products very similar in key parameters, so the selection of this manufacturer may also provide results to the general statement.

The heat performance, electric efficiency and performance data of gas engine types suitable for the site are included in Table 3. Table 4 compares the various configurations. Based on the performance requirements and conditions of the site, as well as the size categories of the gas engine product series, we calculated as follows:

$$E_{heat,demand} = E_{heat,supply1} + E_{heat,supply2} + E_{el,notserved} \quad (13)$$

Finally, the relation of the demand of the heat system ($E_{heat,demand}$) and the supplied heat contains the heat quantity not served ($E_{el,notserved}$).

$$0 \leq E_{heat,supply1} - bypassed_1 = E_{heat,prod1} - bypassed_1 \quad (11)$$

$$0 \leq E_{heat,supply2} - bypassed_2 = E_{heat,prod2} - bypassed_2 \quad (12)$$

The heat fed into the heat system ($E_{heat,supply}$) can be regulated with bypassing:

$$E_{heat,prod1} = P_{heat,LD1}^{gas} \quad (9)$$

$$E_{heat,prod2} = P_{heat,LD2}^{gas} \quad (10)$$

Apart from electric and technical limitations, the heat produced by a unit ($E_{heat,prod}$) is a boundary condition regarding heat production. The heat produced by individual units is determined by the heat efficiency (η_{heat}):

$$E_{qfrr} = 2E_{el} - E_{qfrr} \quad (7)$$

$$E_{qfrr} = E_{el} \quad (8)$$

DESCRIPTION OF OPERATION OPTIMISATION SCENARIOS

For the schedules defined for 2020 in the course of operation optimisation, the operation monitoring simulation was carried out for each examined scenario. We checked the precision of operation, the keeping of the schedule, and the meeting of technical limits (start numbers, partial load). We calculated the run times of machines in categories according to load states (in % for the times with full load and partial load). In the later, the <1% value that can be seen in several scenarios is negligible, as that is practically related to the increases after start. The difference between the required basic signal and the actually generated electricity causes a balancing energy cost, which was also calculated with time series.

The examined gas engine versions were selected from Jenbacher's machine families 3, 4 and 6 (Chengyang, L., Jing Yang, R., Yu, X., et al, 2021). In the product range of other manufacturers, in the examined range of 1–2 MW, there are products very similar in key parameters, so the selection of this manufacturer may also provide results to the general statement.

The heat performance, electric efficiency and performance data of gas engine types suitable for the site are included in Table 3. Table 4 compares the various configurations. Based on the performance requirements and conditions of the site, as well as the size categories of the gas engine product series, we calculated as follows:

$$P_{EM} - E_{el,EM,isol} - E_{el,EM,bought} + E_{el,demand} + E_{qfrr} + E_{qfrr} + E_{qfrr} + E_{heat,demand} - E_{el,notserved} - E_{gas} \cdot P_{gas} \quad (14)$$

DECISION VARIABLES OF MACHINES

Table 2

Name of variable	Range of interpretation	Description
op_1, op_2	{0;1}	the gas engine operates
LD_1, LD_2	[0;1]	relative load on gas engine
bypassed ₁ , bypassed ₂	[0;maxbypassableheat]	bypassed heat of gas engine [kW]

Source: own editing

The maximum value of the bypassable heat is a technical parameter (maxbypassableheat), it is given as the input of optimisation. The relation between the operations' binary variables (op) and the continuous variables describing the load (LD_1, LD_2) is ensured by the following forces, which prescribe the minimum allowed load, too, as follows:

$$(1) \quad minLD - (1 - op_1) \cdot minLD \leq LD_1$$

$$(2) \quad LD_1 \leq op_1$$

If the gas engine is out of operation ($op=0$), then, based on the above limits, the load is

0. Otherwise ($op=1$) the load is limited from below by $minLD$ given as a parameter, and from above by the binary variable itself – the value of which is then 1, i.e. 100%.

Apart from the above simple logic, we established the following limits on the basis of the market logic. Optimisation runs for one hour ($\Delta t=1h$), so we can derive the necessary gas energy from the performance, using the gray auxiliary variable.

$$(3) \quad E_{gas} = P_{gas} (LD_1 + LD_2) \Delta t$$

Electricity production is calculated with the electric efficiency (η_{el}):

$$(4) \quad E_{el} = E_{gas} \cdot \eta_{el}$$

The generated electricity can be used for two purposes: it is either sold on the organised electricity market ($E_{el,EMsold}$), or it satisfies the electricity demand of the hospital ($E_{el,LDsold}$), but in the equation, each member can only be positive:

$$(5) \quad E_{el} = E_{el,LDsold} + E_{el,EMsold}$$

However, the electricity demand of the hospital can be satisfied not only from the electricity generated by the engine ($E_{el,LOADsold}$), but by purchasing from the HUPX ($E_{el,HUPXbought}$), too:

$$(6) \quad E_{el,demand} = E_{el,LDsold} + E_{el,EMbought}$$

In addition to the electricity and heat energy supply, in the regulatory reserve ($afrr$) it is possible to offer the remaining capacity of the whole site both upwards (E_{afrr}^{up}), and downwards (E_{afrr}^{down}) in the case of integration into a regulation centre. We would like to note here that in the case of downward reserves, the regulation centres usually do not consider the minimum load of individual gas engines, as in the case of a large number of engines, the required downward capacity can always be ensured for a short period of time, and owing to the high gradient ability, the stopping of one gas engine now and then presents no technical limitation.

the various overhauls, too. The data mentioned in individual references are included in *Table 1* in detail.

Based on all that, calculating with a conservative estimation approach in the model calculation, the CAPEX specific unit price, which contains the whole investment cost, is EUR 2000/kW, the fixed O&M is EUR 30/kW, while the variable O&M is EUR 5/MWh. Operation costs increase by 3% per year, following the growth of the service that is expected to be in line with long-term inflation rate.

MATHEMATICAL MODEL OF THE OPERATION MONITORING SIMULATION

The mathematical formalisation of the operation planning optimisation is shown with the joint controlling of two gas engine units. The decision variables related to the machines are shown in *Table 2*.

Apart from the typical items among expenses. After 1,000 and minor repairs and inspections after 2,000 hours of operation, it is necessary to have an overhaul after 8,000–16,000 hours, and a complete overhaul (turbo replacement, new sleeves etc.) after 45,000–80,000 hours. In practice, this means that before the complete overhaul due after 10 years, it is necessary to define the maintenance costs and the business value of the gas engine again, and decide whether the machine unit would produce the price of the overhaul in its remaining life-cycle of typically 30,000–50,000 operation hours. Different sources present the operation costs of gas engines in different ways. Certain costs are scaled with the built-in performance of the machine, so they mean fixed type of O&M costs. However, several analyses determine all operation and maintenance costs specifically for the electricity produced, so they calculate with variable O&M only. Nevertheless, all of the variable service cost calculations include

COMPARISON OF PRICES ON THE BASIS OF AVAILABLE LITERATURE AND BUSINESS SOURCES

Table 1

Source	CAPEX machine unit [€/kW]	CAPEX other [€/kW]	Fix O&M [€/kW]	Variable O&M [€/MWh]	Total O&M [€/MWh]
Enginet, 2018	1,000	–	10	5.4	6.7
IEA-ETSAP, 2010	870	–	35	0.0	4.7
EPRI, 2017	900	–	30	4.9	8.9
EIA, 2016	1,170	–	6	5.1	5.9
MIT, 2016	1,500–3,000	–	0	8.0–10.5	8.0–10.5
Wartsila, 2018	?	–	?	5.0	5.0<
EPA, 2015	1,325	675	0	20.0	20.0
Energy.gov, 2016	950–1,150	–	0	14.0–16.5	14.0–16.5
MDPI, 2017	?	–	?	6.5	6.5<

Source: own editing

PRICE AND COST FRAMEWORK OF GAS ENGINE OPERATION

Price components of energy sources

Wholesale price of electricity

Regarding the power plant sales, we calculate with hourly energy price changes, which are based on the day-ahead spot settlement price time series of the HUPX (Hungarian Power Exchange) in 2018 (Figure 4).

For the rest of the years, we calculate with the same within-the-year price profile, which will be indexed with the changes in the future average continuous supply price (base product). Regarding these, as long as there is a listed settlement price on the domestic futures electricity market, i.e. for four years ahead, we take the power exchange prices into consideration. For the forthcoming years, we assumed a conservative annual growth of 3%.

Wholesale prices of natural gas

In the case of natural gas, regarding future wholesale pricing, we followed the same methodology as for electricity. It is a minor difference compared to electricity that because of the strong liquidity of the TTF market listing is for 5 years ahead, so it is available for 2019–2023, too, therefore we considered the increasing indexing of 3% per year from 2024 only.

Heat supply sales prices

As a starting point for sales prices regarding heat supply, we used the relevant earlier data of the examined hospital as follows: heat fee, gas fee, steam fee. The heat fee is a fee to be paid for the quantity of heat metered by the heat quantity meters and supplied through the hospitals' heat centres. In the case of a hospital, this item refers to heat quantities delivered in the forms of hot water, heating and steam.

We calculated the heat fees on the basis of the changes in gas fees, based on the efficiency of the gas-heat conversion.

The gas fee is the cost of natural gas fixed in the contract and charged to the heat customer, this is actually a transit item in most contracts. In the majority of the examined contracts, the heat fee to be paid is indexed on that basis. The steam fee is the amount to be paid for steam received. Certain contracts do not define separate steam fees, but specify them on the basis of the heat fee, taking the enthalpy of the steam into consideration. The usual conversion rate is approx. 2.5 GJ/ton.

System-level service market revenues and the balancing cost

For gas engines aggregated as virtual power plants, the regulatory reserve market may provide a very attractive business model, owing to their ability to change performance quickly. In the case of the engines, the capacity market of the faster and so more valuable aFRR (secondary) product is relevant, for both upward and downward regulation. The sales prices of system-level services were defined on the basis of the latest quarterly reserve contracting tenders, as the average of the results in the period of 2018 Q3 – 2019 Q2. As gas engines are of high utilisation in the scenarios (this is how they support the UPS service, too), the sales price to be realised can be approximated with good precision with the annual average market price.

Data of operation and investment costs

We carried out a detailed analysis of the literature regarding the investment and operation costs of gas engines. Maintenance tasks and overhauls are particularly significant

of course, the controllable machines will work more intensively to reduce the error.

Setting the basic signals of engines in operation

The available and operating machines that are not down have no maintenance or coking out phases, thus have to meet the remaining basic signal during start or shut down. This logic is very similar to the start:

- if the performances have to be increased, first the load of engines under bigger load is increased (maximum to nominal);
- if their total performance has to be reduced, the load of the engines under smaller load will be reduced.

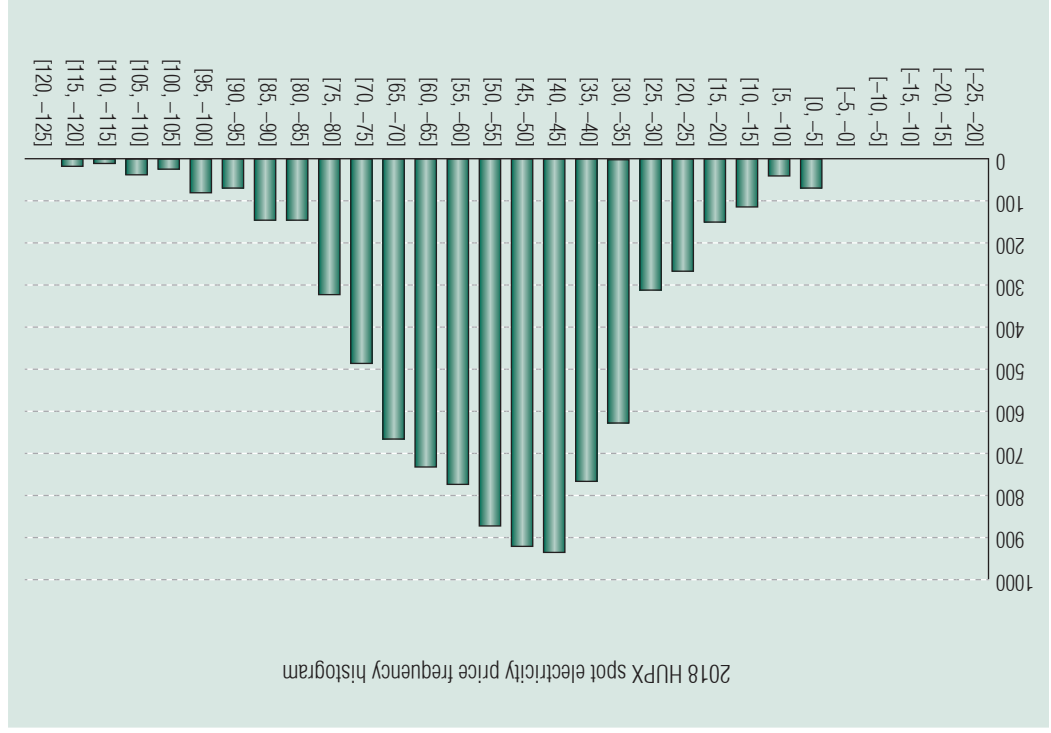
number of engines to be kept in operation. For example, in the case of 2 pieces of 800 kW gas engines, 720 kW performance can be achieved with two engines (360 kW+360 kW, 45% load), and with one machine, too (720 kW, 90% load).

The necessary new engine start and shut down

The number of machines to be actually kept in operation is defined by the model with the following simple rules. It stops only as many engines as absolutely necessary. If a machine has to be started, it is always done. It may happen that the algorithm says that a machine should be started, but there is no machine that could be started (e.g. it is down). In this case,

DEVELOPMENT OF ELECTRICITY PRICES ON THE DAY-AHEAD EXCHANGE

Figure 4



Source: own editing, hupx.hu

The performance of non-controllable machines is fixed, and it is deducted from the electric basic signal. The remaining performance has to be achieved by specifying the basic signals of controllable machines. As the machines can be operated with partial load, too, it happens that a given load does not determine clearly the

Definition of the number of machines in operation

Finally, engines under start/shut down also belong to the non-controllable units. Their performance is between zero and the temporarily allowed minimum performance, and depending on the command, their performance continuously rises (increases) or goes down (stop) with the allowed gradient.

Like that of the units down. Finally, engines under start/shut down also belong to the non-controllable units. Their performance is between zero and the temporarily allowed minimum performance, and depending on the command, their performance continuously rises (increases) or goes down (stop) with the allowed gradient.

The technical requirements of gas engines allow a temporarily maintained minimum performance. However, this lower limit can be maintained only for 3 hours in the model, then the gas engine has to be coked out. Coking out means that it has to be operated for at least 30 minutes, permanently, at least at the allowed minimum performance. The control model – if a gas engine runs in its temporary range for 3 hours – takes it out from the controllable machine group of operation monitoring, and runs it at the allowed minimum performance for 30 minutes. The load of this gas engine cannot be changed, but it is not zero, either, like that of the units down.

Definition of the performance of the non-controllable gas engines

The non-controllable gas engines include the machines that cannot be operated because of maintenance/downtime. When the downtime occurs, the model immediately stops the given engine, without considering the gradient limit. Obviously, the output of non-operating machines is zero.

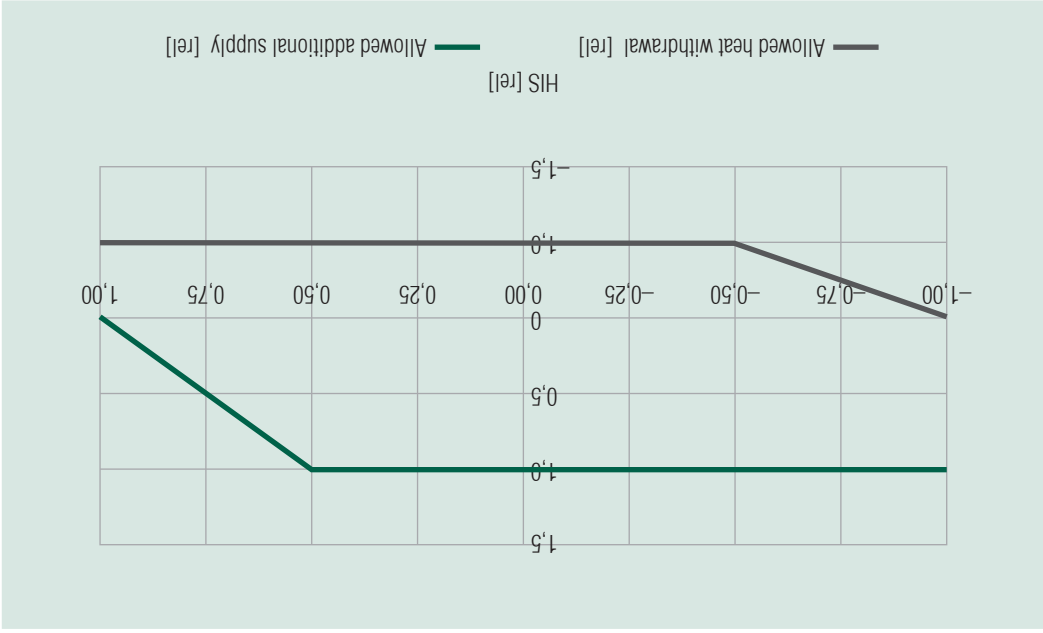
the case of a value below –50%, the heat that can be taken out) based on the characteristics in *Figure 3*. This limitation is able to override the electric basic signal of operation planning optimisation, too. However, the first limit is still able to keep the system in over- or underheating for a longer period of time. Therefore, if the $HIS > 50\%$ exists for a longer period (1 hour), the gas engine, as a second constraint, regardless of the operation planning optimisation basic signal, balances the HIS value with own control.

MACHINE MANAGEMENT (REGULATION, START, SHUT DOWN, COKING). The task of the operation monitoring simulation is to determine the optimal loads of individual gas engines for following the electric basic signal. The main steps of this algorithm are:

- 1 Definition of the performance of the non-controllable gas engines
- 2 Definition of the performance of controllable gas engines and the number of required gas engines.
- 3 Commencing the necessary new engine start and shut down.
- 4 Setting the basic signal of engines in operation.

- Increasing the load of machines that run with minimum load for too long (for coking out) – it is independent of the electric basic signal, and it is overridden by the technical expectations of the given gas engine.
- Continuation and completion of starts/shut downs started in previous period – it is independent of the electric basic signal, the start/shut down process of started/stopped machines has to be closed.
- Prohibiting the controlling of gas engines that are down/under maintenance.

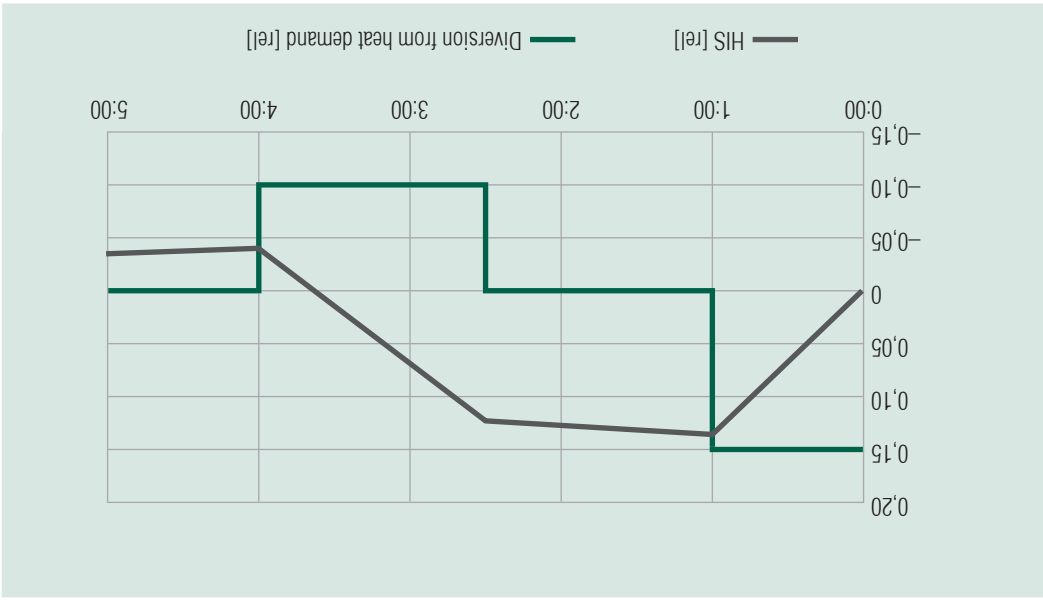
Source: own editing



LIMITATION OF DIVERSION FROM THE HEAT DEMAND

Figure 3

Source: own editing



MODELLING OF THE HEAT SYSTEM (INDICATING THE QUANTITIES AS RELATIVE UNITS)

Figure 2

OPERATION MONITORING AND TECHNICAL SIMULATION OF THE GAS ENGINE

In the course of the operating time series simulation of the gas engine, a given technical optimisation and operation control takes place, corresponding to the operation requirement calculated by the operation planning optimisation and the basic signal, with multiple machines, considering the machine parameters, the heat and electricity constraints and possible downtimes, too.

Variables of the operation of the engine, based on the experiences of an earlier survey of

- 98% availability (Samad, T., Koch, E., Stuka, P., 2016),
- 600 kW/minute regulation gradient per engine,
- Heat can be bypassed in the 0–80% range of the produced heat energy,
- Minimum 60% of the whole electricity capacity, up to 40% of the permanent minimum load (although limited in time)

is allowed to reduce the performance (basically because of the mapping of the coking constraint).

The actual electric performance time series received as a result of the time series model implemented in MATLAB environment can be compared with the basic signal.

We applied a very detailed gas engine model for the operation monitoring simulation, which takes a number of technical constraints into consideration: heat demand monitoring, start and shut down times, coking, downtimes. The individual aspects are described in the following sub-chapters in detail.

A **MODELING OF HEAT SYSTEM.** The operation of the cogeneration of heat and electricity is significantly influenced by the heat-side requirements, so the heat system was mapped

as a non-ideal storage. Supply over the current heat demand will charge this heat system, and the partial satisfaction of the heat demand will reduce the heat in the heat system (HIS). This modelled heat quantity might as well be negative (then the system is underheated compared to demands). Modelling the loss of the heat system and other heat sources feeding the system, the value of HIS continuously approaches zero, regardless of its sign, and in approx. one hour it goes down to a value of 88–90% (*Figure 2*).

B **FOLLOWING THE HEAT DEMAND.** The gas engine follows the basic signal coming from the operation planning optimisation, but we calculate a heat basic signal, too, in each case. The latter considers the current heat demand and the volume of heat in the system (in the case of an earlier overheated system, it reduces supply, and in the case of an underheated system, it motivates supply). As the electric basic signal has priority, the gas engine attempts to follow the heat basic signal only as much as possible.

The operation state defined for the electric basic signal has a produced heat quantity belonging to it, too. If that is higher than the current heat basic signal, the gas engine releases the redundant quantity on the by-pass branches.

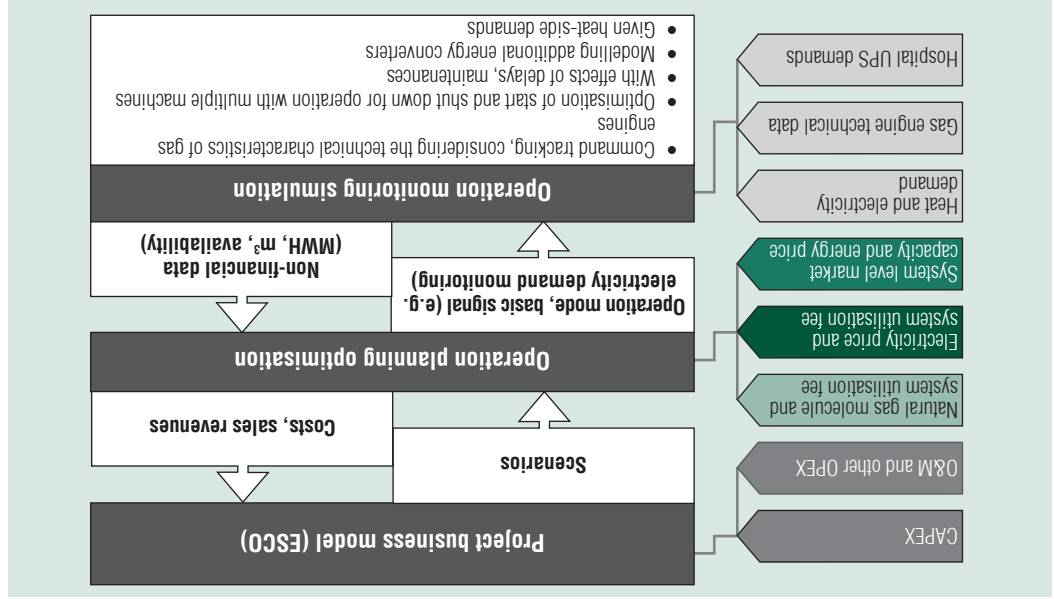
As the following of the heat basic signal may be overridden by the following of the electric basic signal, we managed the significant over- and underheating of the heat system with the heat system tolerance: applying the heat surplus or deficit actually present in the heat system to this allowed maximum value, we receive a relative value. In the case of high (over 50%) HIS values, the gas engine limits the heat that can be fed into the system (or, in

the linear constraints, as we did not consider the load-proportional efficiency, which does not deal with the intertemporal constraints. However, the technical reality of the received basic signals was checked with simulations in the second phase of the modelling. The mathematical description of the optimisation is described in the Price and cost framework of gas engine operation chapter.

The operation monitoring simulation presents how the calculated gas engine electric base signal can be monitored according to the technical parameters of the available engines. This partial element of the simulation is of strong technical focus: it considers gradient limits, heat supply limits, coking in and out, availability and maintenance.

Figure 1 shows the relation between the calculation layers of the simulation framework and the data sources used.

Figure 1
RELATION BETWEEN THE CALCULATION LAYERS OF THE SIMULATION FRAMEWORK AND THE DATA SOURCES USED



Source: own editing

The series of steps include the actual operation optimisation, too, which has a high rate of liberty in the case of flexible gas engines. (The ratio of possible and actual hours of utilisation is far from being 100%.) However, we carried out the calculations on the basis of a bottom-up time series technical

For the complex evaluation requiring technical and economic optimisation, we used several analysis layers that are built on one another.

PROPOSED OPERATION MODEL

As gas engines can be regulated in a fairly flexible way, their technical characteristics may give them an advantage on the examined markets. Within their operation range, in the performance range of 40–100%, they can be regulated with a speed of 0.2–1.2 MW/minute, this way the conditions of the balancing regulation can be met, if it is possible to combine units of adequate capacities.

The lack of solutions for utilising the heat of specific applications, another disadvantage is of services of high added value. From the aspect are presently known in the case of flexibility continuous utilisation only. Profitable scenarios absorption, their operation costs return with of the high investment cost and the net energy based solutions can also be options. Because energy building, the traditional gas/diesel- a small extent; if they are located in a separate – low noise and no emission – are realised to extent only. For that reason, their advantages close to the user within a building to a limited constraints, they are suitable for operation costs, fire protection and security technology. However, due to their high investment high stored energy capacity and performance. extremely flexible, they are characterised by Modern batteries (of Li-ion technology) are case, i.e. the heat energy cannot be utilised. ment of cogeneration is not typical in their

The traditional solutions for uninterrupted supply are power generators with combustion engines that can be operated from diesel energy sources, and often have container forms. With their classical design well known from traffic, they are reliable energy sources that start and reach the required performance quickly, but their use is significantly limited in practice by the supply of heating oil, their noise and the emission requirements, especially in urban environment. Their total nominal performance range is available, but the establish-

Gas oil-based engines, power generators

UNINTERRUPTED POWER SUPPLY – OTHER CONCEPT

As we mentioned before, the technical implementation proposals create the opportunity, while the direction will be determined by economic considerations. In our article, following the definition of the subject, we summarise the possible technical and economic scenarios, and see what services could be offered with the optimisation thereof (Mancaella, P., 2014). In the next chapter, we present the technical simulation examination of the operation of the gas engine. In the fourth chapter, we discuss the operational issues and the cost structure. The mathematical model and the simulation analysis of operation monitoring are presented in the fifth chapter. The sixth chapter contains the evaluation of the tests, presents the optimisation of the operation, i.e. we describe the structure in which the gas engine could operate in a profitable way, in the case of an ESCO (Energy Service Company) investment project. Finally, we present the conclusion and the list of references.

gas engines and offering heat supply for zero/low fees may be profitable.

Nowadays the main question is not whether or not we should select renewable or sustainable energy supply solutions instead of the traditional solutions, but rather which technology and business model from the environment- and climate-friendly and energy efficient solutions would suit the area of usage and the limitations of investments best (Zheng et al. 2017). The guidelines and the objectives of the EU and relevant national policies all support this.

The cogeneration of heat and electricity (Corea, J., 2006) does not mean a radical change compared to the heat and electricity production methods applied over the past decades, but it has high efficiency and a good rate of return (Plahn R., Keene, K., Pendray J., 2015). In addition to direct advantages, it has an indirect benefit, too: these units allow the DSO (distribution system operator) to establish a controllable and distributed energy production pool (Siohans, F., 2021), which nowadays means the technical basis of flexible service (Bozkaya, B., Zeiler, W., Boxem, G., 2014). Naturally, an application like that has to meet not only technical considerations, but requires the creation of a financially viable service package, either with participation in the regulatory reserve market or simply because of the basic functions: for the normal and emergency supply to the institution (European Council, 2022).

The application of gas engines for the improvement of the energy supply to hospitals has a decade-long history in Hungary, with both successful and less successful solutions. In the present market environment, and based on the significant (both electric and heat-side) energy demands of hospitals (Erdelyi, A., Pulay Gy., 2021), as well as the special distribution of this demand in time, a service package that offers a solution for the provision of essential, continuously available, reliable and quality energy supply (Elekkes, A., 2018) may completely transform the present system

of relations between hospitals and energy suppliers, creating an arrangement that is successful for both parties (Gurieff, N., Green, D., Koskinen, I., et al., 2020). Another reason why this research is particularly timely is the fact that the majority of the combined gas engine production units established for the KAP/KÁT (mandatory takeover support, earlier KAP) electricity sale, which was fairly widespread in the 2000s, have been technically fully amortised, moreover, the heat supply contracts of hospitals are close to expiry or already expired, and they are extended only temporarily with the present equipment and service provider. At the same time, as energy sites or locations, they are absolutely suitable for the maintenance, extension and modernisation of distributed and flexible, dispatchable capacities, and for realising the advantages of the cogeneration of energy and the saving of primary energy, which is an unavoidable task of the domestic energy sector in the tense natural gas market environment (Mihalovits, Zs., Tapaszti, A., 2018).

In our study, we worked out a possible concept for the direction of developing the service concept, whose main cornerstones are the following:

- ▶ With an attractive service offer, the DSO can be successful in supplying energy to hospitals and serving their individual requirements by establishing a new gas engine capacity.
- ▶ As a unique distinctive service, the provision of uninterrupted electricity supply makes the offer to the customer more valuable; in addition, the DSO supplies heat to hospitals free of charge or at a favourable price, by operating the gas engine and selling energy in the reserve market, and by selling electricity directly to the customer, which can greatly improve the available operation coverages;
- ▶ Together with the network-side synergy impacts (natural gas consumption, system utilisation fee), the combined production with

Business Opportunities in Power Supply with Gas Engines in the Health Sector

István Vokony
vokony.istvan@vik.bme.hu
Budapest University of Technology and Economics

Balint Sinkovics
sinkovics.balint@bme.hu
Budapest University of Technology and Economics

Péter Márk Sörös
soros.peter@vik.bme.hu
Budapest University of Technology and Economics

Daniel Divényi
divenyi.daniel@vik.bme.hu
Budapest University of Technology and Economics

Mária Szalmáné Csere
csere.maria@gtk.bme.hu
Budapest University of Technology and Economics

SUMMARY

In the research, we have developed an operational concept based on new energy generation devices, which, in addition to providing heat and electricity, guarantees uninterrupted supply locally and the sale of system services off-site. Based on international experience in the sector, the overall business concept needs to be developed for successful pilot projects. The trends in the technical-economic and regulatory environment examined show that the direction of change, with uncertain outcomes today, is unanimous: they all support the market penetration and the continued profitability of small-scale power plant devices suitable for secondary regulation. An important task is to identify unique elements in the value propositions. The aim of the research is to identify which of the factors such as realized price differential, heat-side revenues, generation utilization, optimized plant operation, scaling, etc. have an impact on the investment, operation, as well as the overall business model and profitability, and to what extent.

KEYWORDS: generation optimization, ESCO, gas engine, operation, UPS
JEL codes: O0, O1, O3

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_6

- Involving users in developing a low carbon electricity economy. *Energy Policy*, 52, pp. 117–125, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.003>
- WEISS, J. A., DATE, B. C. (1998). Diffusing Against Mature Technology: Issues and Strategy, *Industrial Marketing Management* Vol. 27, pp. 293–304, [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(97\)00062-X](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(97)00062-X)
- YUENG, H. W. (1995). Qualitative Personal Interviews in International Business Research: Some Lessons from a Study of Hong Kong Transnational Corporations. *International Business Review* 4(3), pp. 313–339
- YIN, R. K., (2018). *Case Study Research and Applications – Design and Methods*. COSMOS Corporation, 6th Edition
- MNB (2019). *Versenyképességi program 330 pontban [Competitiveness programme in 330 points]*, Online: <https://www.mnb.hu/kiadvanyok/jelentesekek/versenykepességi-program-330-pontban>

DENZIN, N. K. (1978). *The logic of naturalistic inquiry*. In N. K. Denzin (Ed.), *Sociological methods: A sourcebook*. New York: McGraw-Hill. <https://doi.org/10.4324/9781315129945>

HALMAI, P. (2021). Resilience in Focus. Certain Mechanisms of the Deepening of the Economic and Monetary Union, *Public Finance Quarterly*, 66(1), https://doi.org/10.35551/PFQ_2021_1_1

HÅKANSSON, H., SNEHOTA, I. (1995) (ed.). *Developing relationships in business networks*. London, Routledge

HOEVEN, E. (2021). *Top PG&E regulator resigns*. Online: <https://www.turn.org/in-the-news/california-public-utilities-president-stepping-down-at-the-end-of-the-year/>

LAUCKNER, H., PATTERSON, M., KRUPA, T. (2012). Using Constructivist Case Study Methodology to Understand Community Development Processes: Proposed Methodological Questions to Guide the Research Process. *The Qualitative Report*, 17(13), pp. 1–22, <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2012.1790>

MA, Z., ALTA ASMUSSEN, BO NORREGAARD JØRGENSEN (2018). Industrial Consumers' Smart Grid Adoption: Influential Factors and Participation Phases. *Energies*, 11, pp. 182, <https://doi.org/10.3390/en11010182>

MANDJÁK, T., SZALKAJ, ZS., HLEDÍK, E., NEUMANN-BÓDI, E., MAGYAR, M., SIMON, J. (2021). The knowledge interconnection process: evidence from contract manufacturing relationships, *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 36(9), pp. 1570–1584, <https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2020-0052>

MANGAN, J., C. LAIWANI, T. BUTCHER (2008). *Global Logistics and Supply Chain Management*. Wiley

F. SENGERS (2013). Smart grids or smart users? VERBONG, G. P. J., SJOORKE BEEMSTERBOER, Kladó

SZOKOLSZKY, A. (2004). *Kutatónunka a pszichológiában. [Research work in psychology]* Ostitis Kladó

SZEGEDI Z., PREZENSZKI J., (2017). *Logisztika-menedzsment. [Logistics management]* Kossuth Kladó

RAMKUMAR, S., MUELLER, M., PRKA, A., SQUAZZONI, F. (2022). Diffusion of eco-innovation through inter-firm network targeting: An agent-based model, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 335, pp. 1–18, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130298>

PRKA, A. (2002). Innovation Networks in Economics From the Incentive-based to the Knowledge-based Approaches, *European Journal of Innovation Management*, 5(3), pp. 152–163, <https://doi.org/10.1108/14601060210436727>

PRICZ N. (2021). *Collaboration in a working smart grid – a case study from Hungary*. 21st International Scientific Conference – Business Logistics in Modern Management, Osijek, Croatia, pp. 295–309

PRICZ N. (2020). *Management Challenges of Smart Grids*. In: Golinska-Dawson, R., D. Dujak, A. Koliński (edit.) *Integration of Information Flow for Greening Supply Chain Management*, Springer International Publishing, pp. 393–415

PATON, M. Q. (2015). *Qualitative research and evaluation methods* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage

MILES, M., HUBERMAN, A. (1994). *Qualitative data analysis. An expanded source-book*. Thousand Oaks, Sage Publications

- 1 Kasler, D. (2021). California's top utility regula-
tor leaving as state wrestles with wildfires, power
grid woes. Online: [https://www.sacbee.com/news/
california/article254590317.html](https://www.sacbee.com/news/california/article254590317.html)
- 2 Global Energy Trends (2021). Online: [https://
www.enerdata.net/publications/reports-
presentations/world-energy-trends.html](https://www.enerdata.net/publications/reports-presentations/world-energy-trends.html)
- 3 A. Magyar: We can be happy if there will be
enough gas in Europe, even if at an expensive
price. Euronews. 06 May 2022 Online: [https://www.
miskolc.hu/varoshaza/onkormanyzat/palyazatok/
miskolc.hu/varoshaza/onkormanyzat/palyazatok/
onkormanyzat-altal-elnyert-palyazatok/okos-va-
ros/digitalis-varos](https://hu.euronews.com/2022/05/06/mar-annak-is-
orullhetunk-ha-lesz-eleg-gaz-europaban-csak-
dragan)
- 4 Bessenyei T. (2014). Smart grids from the
perspective of an electricity supplier. – ELMUNYr.
Online: [https://www.okosjovo.hu/documents/
OJIK%20-%20Smart%20Grid_BT.pdf](https://www.okosjovo.hu/documents/OJIK%20-%20Smart%20Grid_BT.pdf)
- 5 Lendvai Zs. Internal combustion engine cars will
be banned by 2035, but what does this mean for
you what they are up to]. 14 May 2022 Online:
Jéki G. Miskolcon és Pécsen elcsúszott a csodafegyver
Brüsszel: mutatók, mire készülnek [Brüsszel arms
its magic weapon in Miskolc and Pécs: we show
- 6 Antal Zs. Our cities with county rights will not
only be modern, they will also be smart. 27
April 2017 Online: [https://magyarreptok.hu/
gazdasag/2017/04/nem-csak-modernek-okosak-
is-lesznek-megyet-jogu-varosaink](https://magyarreptok.hu/gazdasag/2017/04/nem-csak-modernek-okosak-
is-lesznek-megyet-jogu-varosaink)
- 7 Smart City Index 2021. Online: [https://www.
planb.com.gr/news/smart-city-index-2021](https://www.planb.com.gr/news/smart-city-index-2021)
- 8 Miskolc, Smart City Online: [https://www.
miskolc.hu/varoshaza/onkormanyzat/palyazatok/
miskolc.hu/varoshaza/onkormanyzat/palyazatok/
onkormanyzat-altal-elnyert-palyazatok/okos-va-
ros/digitalis-varos](https://www.miskolc.hu/varoshaza/onkormanyzat/palyazatok/miskolc.hu/varoshaza/onkormanyzat/palyazatok/onkormanyzat-altal-elnyert-palyazatok/okos-va-
ros/digitalis-varos)
- 9 Jéki G. Miskolcon és Pécsen elcsúszott a csodafegyver
Brüsszel: mutatók, mire készülnek [Brüsszel arms
its magic weapon in Miskolc and Pécs: we show
you what they are up to]. 14 May 2022 Online:

NOTES

The authors express their gratitude to the professionals who contributed to the research: István Borbola, energy management expert; Sándor Kertész, managing director; and Adrián Szél, project manager.

ACKNOWLEDGEMENTS

Innovation in itself contains risks, a situation becoming even more complicated in a network application. This innovation network involved organizations as contributors, who were able to employ and entrust suitable specialists as needed. However, it is a question how motivation, learning, direct and indirect benefits or the interpretation and handling of limited circumstances will work when individual actors and households are actively involved. We assume that adequate information should be provided about smart grids and citizens should be “prepared” for them. ■

situation was completely different. What seemed advantageous in the eyes of the municipality as customer at the time – a long-term, environmentally friendly reduction in electricity costs – is increasingly so today. Each interviewed party is of the view that their expectations have been met: not only financial benefits, but also less quantifiable ones, such as the complex integration and application of technologies, the unique reference, and PR. This is organically linked to a multifaceted learning process, which obviously differs from organization to organization, but is valuable in the long run.

The municipality considers changes in prices resulting from the energy crisis, as well as a shortage of spare parts arising as an after-effect of the pandemic and resulting from the unavailability of chips to be the biggest risk factors. But they are already thinking about the future replacement of batteries and the challenges of phase 2. One of the main contractors can see risks in the following areas or for the following reasons:

- changes in the commercial environment and energy prices;
- the (large) grid is still needed, as it provides stability;
- new regulations at EU- and national level; the demand for electricity increases significantly;
- global uncertainty in logistics;
- raw material and electronic component shortages of spare parts and raw materials.

For an organization, these are external impacts beyond its control, but it can prepare for them to some extent.

The presented smart grid is considered successful because it has achieved the goals set and it is expected to attain them in future, too. All this takes place in an extremely volatile environment, with the participation and even cooperation of Hungarian actors. An

also entails environmental risks. In the short term, the increased fire hazard of batteries is also a serious risk.

In the initial phase of the project, the risk before the investment project was that they did not know the general contractor. No one in Hungary had any reference work of this volume and complexity, but in the end they are basically satisfied with the general contractor. During the operating period, it will represent a problem that it is unusual for consumers (institutions) planned to be connected to the smart grid that they will be required to predict their energy needs in advance. *Figure 3* summarizes the factors underlying the successful implementation of innovation processes during the Békéscsaba smart grid project.

CONCLUSIONS

The generally accepted human attitude of being resistant to change was not (any more) experienced in the relevant stakeholders of the presented smart grid at the time of data collection, instead openness and interest in what to be gained from this opportunity was observed in them. All of this was accompanied by flexibility, which was necessary when managing unexpected cost increases or technological, legal, or management processes. Those directly or indirectly participating in this project included the city municipality, institutions (sports facilities) operated by it, profit-oriented organizations (such as contractors, those involved in operation/maintenance and electricity traders), as well as various (licensing) authorities. Due to their different operating and decision-making mechanisms, these organizations of different kinds themselves represent a risk factor during such a close and long-term cooperation.

A few years ago, when the project started, the social, geopolitical and economic

INNOVATION PROCESSES AND STRUCTURES IN THE SMART GRID OF BÉKÉSCSABA



Source: own editing, based on Csizmadia, Figure 1.9., p. 42

Figure 3

replacement of devices in the event of possible failures; the evolution of the situation in world trade (changes in the chip and raw material markets have an impact here as well); and that the future replacement of the battery park and the planned 2nd phase of the smart grid may be implemented by using a possible new battery (brand or even technology), which raises compatibility issues. Moreover, the use of batteries is not only a financial issue, but

the terms of the joint R&D project, which was otherwise considered important by both parties (the city and the MVM). The construction investment content of the project entails an additional risk. Green energy production also has direct environmental effects, for example, the costs of cutting trees due to the construction or the re-design work to avoid their cutting will amount to millions of forints. Technological risks include the

service price or market price)...” “We learned a lot from this about how the electricity industry works, what our power plant can do, what our storage equipment can do, and according to what procedures we can maintain this schedule,” said one of the project management team members.

Risks

On the operator’s side, price changes resulting from the energy crisis are seen as the greatest risk, which may even be a possibility in the future, since, at the current level of consumption, the city has an energy surplus, which may be sold at market prices in the future, so it may be advisable to examine the possibility offered by energy communities. According to the energy law, energy communities may exist in Hungary, but the implementing decree regulating their establishment and operation has not yet been developed. The MNB’s Competitiveness Programme (2019) treats it as a priority that the role of renewable energy sources is increased in Hungary and that high-capacity electricity storage facilities are added to the electricity grid, and the specific implementation of these goals could be facilitated by the development of energy communities and the spread of smart grid solutions.

Due to the novelty of the project, it is a risk that neither the regulatory environment, nor the procedures of authorities and utility service providers have been fully developed and tested for the operation of a system of this size and complexity. From the point of view of the learning process, it is an important opportunity for all stakeholders to develop the 2nd phase of the investment project in joint effort with MVM. However, the importance of communication between partners and that of handling perceived risks is well illustrated by the fact that even after several years of negotiations, it was not possible to agree on

project had never occurred the practice of the general contractor Infoware, either. Even the design/licensing process was new. It was a novelty not only for the general contractor or the customer – the city of Békéscsaba –, but also for the authorities and public utilities involved in providing electricity services that a power plant generating electricity has storage units and consumer groups connected to it, and that in the longer-term vision, the operator should directly sell the produced energy to other consumers as well. The experience of the project management team was summarized briefly by one of the team members: “there is no form of this kind to fill out...”

Since it is not possible to store the produced electricity in the grid, it is particularly important to ensure the power balance of the electricity system, which is supervised by the transmission system operator in relation to the national electricity grid. Currently not forming part of the national electricity system, the project in Békéscsaba is not directly involved in regulating the voltage of the grid, an activity carried out by the Hungarian Transmission System Operator Private Limited Company (MAVIR). The internal balance of the system is managed by artificial intelligence, striving to maintain the schedule created after negotiations in two rounds, and taking into account consumption forecasts and variables of the state of the system. This results in another learning process on the part of the operator, consumers served by the system, and MVM alike. Moreover, the city is also gaining important experiences, learning in the fields of technology and management alike. As a result of the project, the city will learn how an electric power plant can be integrated into a municipal system. “Both operate according to strict rules, you have to learn how the power plant can sell electricity to local government actors and businesses maintained by the local government (at what price: free, at universal

public lighting, as well as the development of a smart city management system.” (a member of the project management team).

Thirdly, the PR value of the project should also be mentioned, since innovativeness, keeping sustainability goals in mind, as well as responsible management are virtues that make highly valuable news items about the local government.

Of course, the economic goal (profit) can be regarded as the primary motivation for the general contractor Infoware Zrt. as well, but the project represented additional motivations, such as the value of the project as a novelty and the acquisition of the knowledge derived from its being a novelty; the learning through experiences from the previously inexperienced complexity inherent in the project; and, last but not least, the acquisition of a unique reference as a final result. Professional curiosity as a motivation was also perceptible on the part of the utility service provider as they were aware that the knowledge acquired here can be utilised in other settlements and in future projects.

In overall terms, all actors directly involved in the project found motivation not only in achieving economic and financial gain, but also learning and creating PR value. It is important to note that on markets of organizations, not only organisational-level motivations are present or constitute exciting fields for research. All individuals who contribute to projects implemented by organizations have individual goals and motivations in relation to projects. In the present research, however, we do not address these individual motivations.

Learning processes

This complex, innovative project contains many learning opportunities and learning constraints, for which participating organizations had to prepare in advance. Such a complex investment

today's drastic rise in energy prices was not yet foreseeable during the planning period of the project, one of the dominant motivations already in the original concept was the optimization of electricity costs. As one of the project management team members put it: *“One of the goals of the city of Békéscsaba is to realize long-term cost reductions, to make savings in city management, and to ensure energy supply for the planned new sports hall and competition swimming pool.”* At the start of the project, both the cost-benefit analysis and the net present value calculated for the entire lifetime supported the fact that the investment was justified economically; however *“... NPV and IRR calculations were radically rewritten by the current energy crisis”*. Unpredictable changes in the prices of energy on the world market may represent serious difficulties in planning such an investment with a useful life of 15–20 years. Early on in the planning process, the local government expected to achieve electricity cost savings of at least tens of millions of forints per annum through the new electricity supply for their sports facilities; however, changes in energy prices since then will have an impact on this. Any savings realized in this way may be utilised by the leadership of the city in the implementation of other tasks of theirs in accordance with the needs of the population. Another important goal was to reduce the level of carbon dioxide emissions associated with the settlement, which could be realized by relying on the smart grid system developed based on renewable energy sources. *“The project will be developed as part of a complex programme serving sustainability purposes, where electric buses will be purchased to improve local public transport, a geothermal system will be installed for supplying hot water and heating to city facilities, and a solar smart grid system will be developed to ensure power supply, which will be supplemented by the improvement of the energy efficiency of the city's public buildings and the modernization of*

be identified. A summary of the innovation partners that contributed to the project as well as their functions are included in *Figure 2*.

THE RESULTS

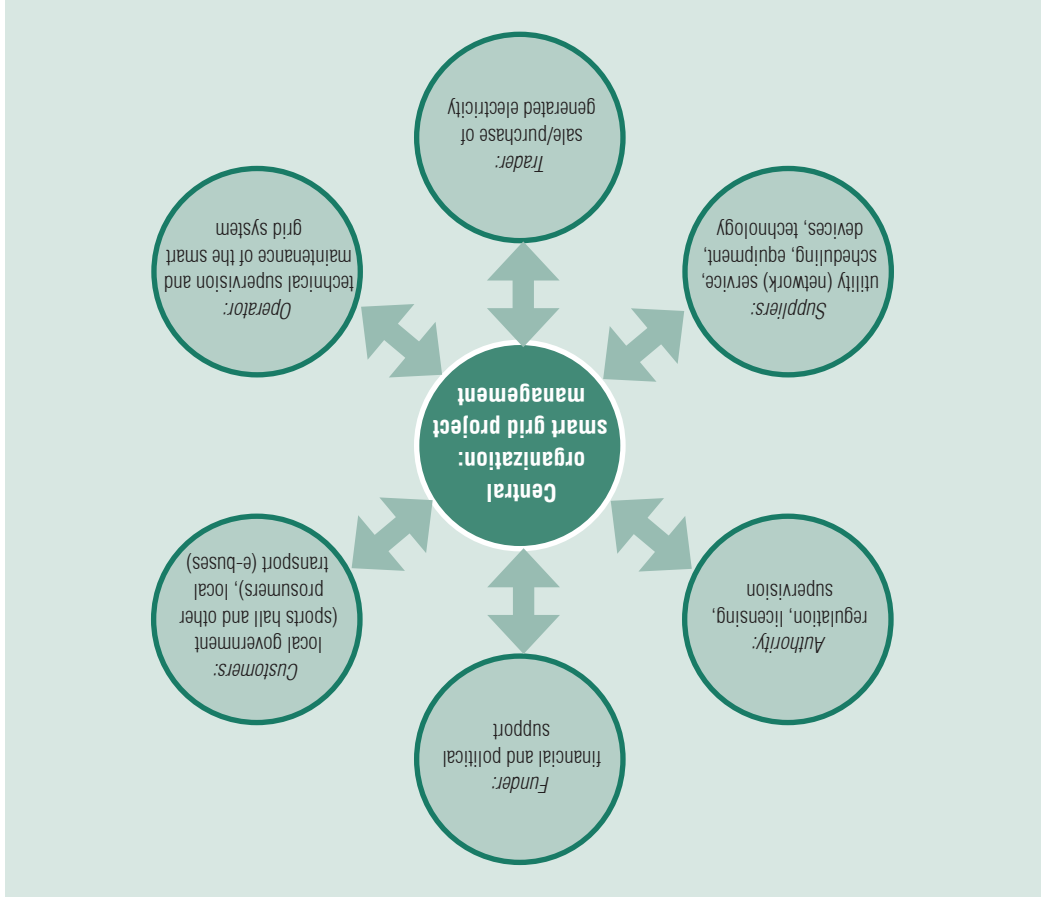
Motivations

The implementation of the smart grid system in Békéscsaba is of particular importance from the settlement's point of view. Although

network and buys the electricity, as well as the utility service company that enables the sale of the produced energy became prominent in the implementation phase in establishing the conditions necessary for the operation of the system and entering into operating agreements. Although the examined smart grid system was officially under test operation during the period of the last data collection and the contractual and organizational conditions of operation were not yet finalised, the range of actors and operational functions could already

INNOVATION PARTNERS AND THEIR FUNCTIONS IN THE SMART GRID

Figure 2



Source: own editing based on Csizmadia 2004, p. 26

In the course of our research, we examined the organizations contributing to the development project and the functions performed by them. The innovation process can be divided into three stages concerning the project. In the phase of initiation, the project was planned. In this period, the intention of the city's leadership to develop the settlement with a view to long-term sustainability and economic goals was key and, as a result of this intention, they formed a project management team with the necessary skills and knowledge to implement the programme. In addition, due to the renewable energy sources especially, it was essential that the settlement should have the appropriate natural features (number of hours of sunshine, availability of geothermal energy) and a source of funding, which the city planned to secure in the form of a state subsidy under the Modern Cities Programme.

During the implementation period, the key role was given to the contractor responsible for technological implementation and their subcontractors. The primary task of the project management team during this period was to ensure compliance with the requirements of the funding source, as well as to prepare for the operating phase, in addition to asserting the interests of the settlement. The roles played by the Hungarian Energy and Public Utility Regulatory Authority (Energy Office) and the organization that operates the electricity

Actors of the innovation network

Direct users within the grid. The components of the system include a solar power plant with a capacity of 1.364 MWp; the battery electricity storage with a capacity of 2.4 MWh; consumers connected to it equipped with smart network endpoint devices; and the smart grid centre (data acquisition and control system) for the optimum operation of the system.

Among the five development areas listed, the development of the smart grid stands out, as it plays a central connecting role in the programme by ensuring the energy supply of the other areas. Another special feature of the development of the smart grid system is that in Hungary you cannot yet find an energy production and storage system of this size, designed as a sub-grid and optimized to serve

the energy development investment, which is the subject of our investigation and is unique in Hungary, can be realized with support from the Modern Cities Programme. The leadership of the city with county rights dreamed up a complex programme that makes the operation of certain facilities of the city sustainable in the long term. What's more, it can even support the development of an electric public transport system with the possibility of receiving electricity from a solar farm. "Energy developments are aimed at enforcing the aspects of sustainability and energy efficiency more strongly in the city through initiatives such as the SMART GRID system; building energy investments; utilization of geothermal heat; SMART public lighting system; and the implementation of friendly public transport systems."⁶

PRESENTATION OF THE CASE STUDY

models with the full knowledge of data and after gaining a deeper understanding. So we followed the usual methodological process of a case study:

- 1 we limited the case study: the examination of the Békéscsaba Smart Grid from the perspective of participants and experts,
- 2 we present the "case" in the next section;
- 3 we checked our data in the ways described above;
- 4 we discuss our analysis in the "Results" and "Conclusions" sections.

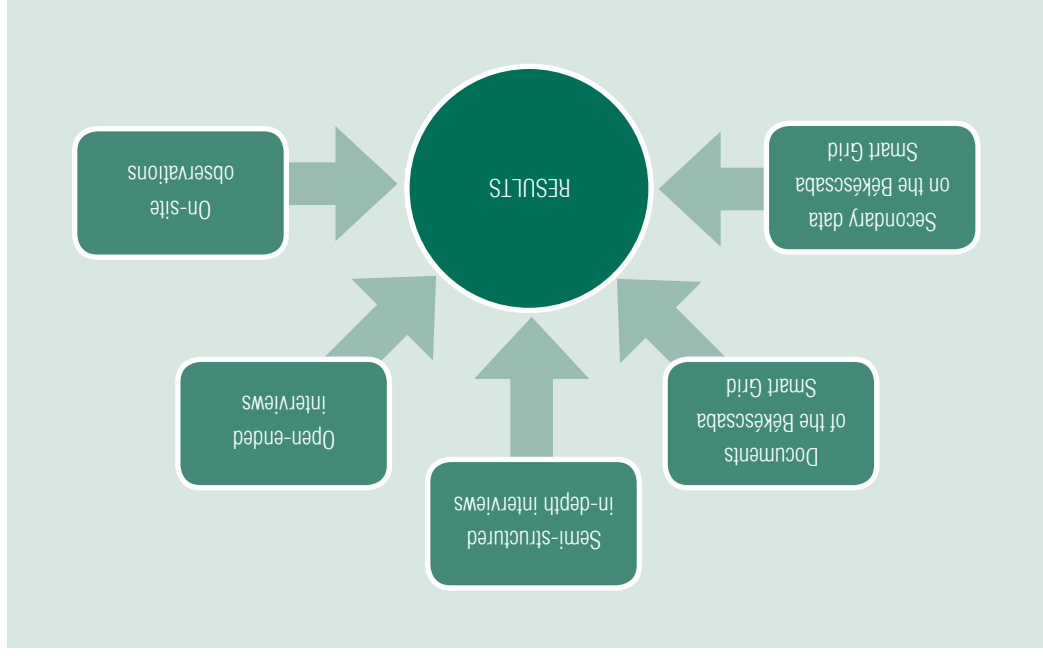
The three classic tasks of data analysis are: data reduction, data display, and drawing and validating conclusions. All in-depth interviews conducted by us were recorded and then we listened to them several times. As part of this process, we developed a general picture of the relevant topics, and we entered the most typical – or very special – phrases and sentences into a detailed Excel table. Thus, full documentation and transparency were achieved. Ideas grouped into categories, as well as specific data and information related to the smart grid (data reduction) were depicted in figures for the purpose of a qualitative understanding of the problems and phenomena (data display).

During data processing, we used a so-called “ground up” (Yin, 2018) strategy, i.e. we did not examine a pre-formed concept, but, on the contrary, we made analyses using the relevant

with Hungarian smart grid experts about the management side of the smart grid and the phase of data collection, we noticed that several people were talking about the Békéscsaba Smart Grid. It was then that we decided to analyse this new project in the form of a case study, keeping and supplementing the outline of the semi-structured in-depth interview. When we talked again with the most important actors, we clarified some topics and, additionally, we managed to obtain much more information about the operational experiences of the past period. Overall, we conducted in-depth expert interviews in two rounds (with external experts, general contractor, owners and users), made a site visit, and used both primary and secondary sources about the given smart grid (see Figure 1).

CONVERGENCE OF EVIDENCE DURING OUR SPECIFIC CASE STUDY

Figure 1



Source: own editing

“The course of research is progressive in our case.)

from social media sources. (This is not relevant to our case.)

④ Care must be taken when using data from social media sources. (This is not relevant to our case.)

③ Maintaining the chain of evidence: The process of the case study should be logical, and the “evidence” used in earlier stages (e.g., research questions, experiences, results) should reflect concepts found in later stages (e.g., findings).

② A case study – creating a database. (Details of this related to our research are provided in the next paragraph.)

① Using multiple sources of evidence that we check. This includes the applied method or person triangulation.

The four rules of data collection (Patton, 2015):

Using multiple sources of evidence that we check. This includes the applied method or person triangulation.

A case study – creating a database. (Details of this related to our research are provided in the next paragraph.)

Maintaining the chain of evidence: The process of the case study should be logical, and the “evidence” used in earlier stages (e.g., research questions, experiences, results) should reflect concepts found in later stages (e.g., findings).

Care must be taken when using data from social media sources. (This is not relevant to our case.)

For checking qualitative data, triangulation is one of the recommended solutions. The term comes from the dictionary of marine navigation and refers to the precise determination of a position based on measurements from three different directions (Denzin, 1978). During in-depth interviews related to the case study, we used the so-called method triangulation, i.e. we asked the same questions in several approaches. In addition, we used personal triangulation, since several experienced researchers participated in conducting in-depth interviews, and we constantly shared our experiences.

The four rules of data collection (Patton, 2015):

④ Care must be taken when using data from social media sources. (This is not relevant to our case.)

③ Maintaining the chain of evidence: The process of the case study should be logical, and the “evidence” used in earlier stages (e.g., research questions, experiences, results) should reflect concepts found in later stages (e.g., findings).

② A case study – creating a database. (Details of this related to our research are provided in the next paragraph.)

① Using multiple sources of evidence that we check. This includes the applied method or person triangulation.

For checking qualitative data, triangulation is one of the recommended solutions. The term comes from the dictionary of marine navigation and refers to the precise determination of a position based on measurements from three different directions (Denzin, 1978). During in-depth interviews related to the case study, we used the so-called method triangulation, i.e. we asked the same questions in several approaches. In addition, we used personal triangulation, since several experienced researchers participated in conducting in-depth interviews, and we constantly shared our experiences.

The four rules of data collection (Patton, 2015):

Using multiple sources of evidence that we check. This includes the applied method or person triangulation.

A case study – creating a database. (Details of this related to our research are provided in the next paragraph.)

Maintaining the chain of evidence: The process of the case study should be logical, and the “evidence” used in earlier stages (e.g., research questions, experiences, results) should reflect concepts found in later stages (e.g., findings).

Care must be taken when using data from social media sources. (This is not relevant to our case.)

“inconvenient little ones” together without

“tugging” the national grid.¹¹ The Alternative Energy Sources Research Centre (Obuda University) includes solar cells, a reservoir hydropower model, wind turbines and a heat pump.¹² All this also serves research and energy optimization purposes. Infoware Zrt., which is among the world leaders in battery energy storage, uses its own production hall and the equipment of its electrical laboratory as a manufacturer.¹³

The Danube InGrid (Danube Intelligent Grid) project aimed at deeper cross-border integration of energy markets has been launched by the European Commission (with a planned budget of EUR 291 million between 2020 and 2025).¹⁴ The purpose of the Danube InGrid project is to promote network integration by using smart technologies for the growth of renewable electricity production, as well as to guarantee the security of supply by building and operating a smart grid,¹⁵ and as part of this project, the distribution network will be renewed in Northern Transdanubia and Western Slovakia.

Innovation network and electricity network innovation

Nowadays, technological achievements are made less and less as achievements of single market players. In most cases, connecting actors in a heterogeneous composition (Corsaro et al., 2012) can lead to successful innovation (Cziszmadia, 2004). As technological development progresses, most companies turn to external “sources of knowledge”, capitalising on the advantages arising from the unique skills and special knowledge of the actors cooperating in the network. The resulting networks aimed at joint development are called innovation networks, where resources owned by different network members are used for a common goal

(Corsaro et al., 2012). The interaction between the parties plays a key role in the acquisition of knowledge and resources (Mandják et al., 2021) In accordance with the evolutionary economics approach (Pyka, 2002), the actors strive to cooperate with other actors with heterogeneous competences, because in the accelerated competitive situation, they can thus acquire the knowledge necessary for development in the most efficient way.

The riskiness of innovation processes has already been presented in detail by many authors (e.g. Cantù et al., 2013, Weiss and Dale 1998). The use of new technology, the selection of new partners or the targeting of new markets also involve risks, to mention only the most common ones. Our study deals with a special area of innovation: the range of innovations related to sustainability and the use of renewable energy sources, in which case the “double externality” effect (Ramkumar et al., 2022) is a serious risk. This may be an obstacle to the development of innovations of this kind, since knowledge and environmental externalities also arise in the case of eco-innovations. While a company creates social value through innovation, this is accompanied by the production of knowledge-based externalities that enable competitors to learn about implementation difficulties and thus make it easier for them to take over the innovation. In addition, development with sustainability in mind also results in a positive environmental externality at the company’s expense, which puts the company in an advantageous position compared to its polluting competitors.

METHODOLOGY

The objective of qualitative methodology is to understand the underlying reasons and motivations fundamentally, and we

list of smart cities, which is calculated based on a specific, so-called Smart City Index. In the latest Smart City Index 2021 list, Budapest ranks 99th (it was 77th in 2020).⁷ Supported under the programme called New Szechenyi Plan – Digital City, Miskolc has developed a dispatching centre and implemented a license plate recognition system.⁸ Along with Budapest and Miskolc, Pécs was included in the European Commission's Climate-Neutral and Smart Cities Mission, which must establish "climate city contracts";⁹ Pécs has also joined the Sustainable Energy and Climate Action Plan, under which they undertake to reduce the share of energy consumption and carbon dioxide emissions. Together with Magyar Telekom, Szolnok develops the so-called T-City, which aims to test the most modern telecommunications, IT and content services.¹⁰ After the above cities, we present additional types of smart grids through Hungarian examples. The Liveable Future Park is located in the Equestrian Therapy Centre of the International Children's Safety Service, primarily serving the needs of the Equestrian Therapy Centre (Piricz, 2021). The prosumer in the Liveable Future Park has taken up an increased role unintentionally due to special circumstances, as it has taken over many tasks from the end user (Piricz, 2021). The production capacities of the operating BÜKK-MAK, the Hungarian Virtual Micro-Networks Balance Group Cluster (MAVIRKA), consist of in-house, small and medium-sized production units and their own management system. The medium- and high-voltage network has its own coordination and supervision centre, and its own production and consumption system serves residents, entrepreneurs, municipalities and local citizens in 44 settlements in Northern Hungary. This network will revolutionize the current electricity management system by bringing the

separated in traditional systems, but not in smart grids; therefore, these activities must be optimized. In recent decades, energy supply has shown strengthening market characteristics (Verbong et al. 2013). This trend is likely to continue in smart grids as well. In addition to a growing trend in international energy trade, we can observe that individual users tend to form energy cooperatives and energy communities. Smart grids in Hungary In Hungary, the issue of smart grids came up in the early 2000s, and many different networks operate by now. (There is no official aggregate data on their number yet. Although the Lechner Knowledge Center's Sample Database tries to collect all projects and information related to sustainability, smart environment and smart economy, in many cases these cannot be considered a smart grid.) According to experts, Hungary's electricity network is well-planned, but this extensive network is outdated,⁴ for which a possible solution is the spreading of smart grids. This direction is strengthened by ever-increasing expectations regarding sustainability and a reduction in carbon dioxide emissions, or by an EU decision according to which only electric vehicles can be placed on the market as new cars from 2035.⁵ One of the funding sources for Hungarian smart grids currently is the Modern Cities Programme, although its target system is much broader and changes according to local needs.⁶ We will now focus only on a few implemented smart grid elements, omitting any projects that are in the phases of collecting ideas, defining goals, statement of intent, or planning. We do not want to confuse the concepts of smart city and smart grid, but want to note that they are closely related. Budapest has long competed with big cities of the world on the

Smart grids in Hungary

(2017) cite the definition of the US Supply Chain Council from 1997.) The management of the supply chain includes tasks and functions related to the coordination of the above processes at network level, which covers a kind of end-to-end approach (Mangan et al., 2008).

The traditional supply chain of electricity operates as a pull system, with no option for a significant storage of the final product. Power plants and other generators produce the necessary electricity from moment to moment (in a real just-in-time system). Otherwise, the system will lose its balance, the service will be interrupted, generating a high balancing cost and huge restart costs (Bajor, 2007).

A smart grid is an electricity network that can cost-effectively integrate the behaviour and activities of all connected users – producers, consumers – in order to provide an economically efficient and sustainable energy system with low losses and high energy levels (The European Union Commission Task Force for Smart Grids). These intelligent networks (smart grids) are self-healing and resilient (for more details, e.g. Halmaj, 2021) systems that include consumers; tolerate attacks; ensure the power quality required for 21st century users; apply a wide range of supply and demand; and they are fully enabled and supported by competitive markets (Amin and Giacomoni, 2012).

As you can see in *Table 1*, stakeholder tasks will change or increase in smart grids. For example, not only traditional power plants are engaged in electricity production, but also renewable power plants of (organizational or private) consumers; therefore, these end consumers are also producers, or prosumers (combining the words producer and consumer). So, it is an important difference that production and consumption are

COMPARISON OF TRADITIONAL ELECTRICITY SUPPLY CHAIN AND SMART GRID ACCORDING TO MAIN ACTIVITIES

Smart grid	Traditional supply chain of electricity	
<ul style="list-style-type: none"> • traditional power plants (mass production) • power plants using renewable energy • distributed/shared production (V2G, G2V) 	<ul style="list-style-type: none"> • mainly traditional power plants • centralized generation 	Power generation
<ul style="list-style-type: none"> • free market operations • growing role of international trade between countries 	<ul style="list-style-type: none"> • free market operations 	Wholesale trade
<ul style="list-style-type: none"> • natural monopoly? • new roles of V2G and G2V 	<ul style="list-style-type: none"> • natural monopoly 	Transport, warehousing
<ul style="list-style-type: none"> • natural monopoly? • new roles of V2G and G2V 	<ul style="list-style-type: none"> • natural monopoly 	Distribution and metering
<ul style="list-style-type: none"> • free market operations • new role of energy communities 	<ul style="list-style-type: none"> • free market operations 	Retail trade

Source: Pritz, 2020; 395

According to the so-called network perspective formulated by *Håkanson and Snehota* (1995), a company must accept that it is not independent, but interdependent and embedded in its environment, and this will limit its ability to think and act independently. In their approach, the business network is therefore a system of interconnected business relationships. As a large group of business networks, the supply chain encompasses every effort involved in producing and delivering a final product, from the supplier's supplier to the customer's customer. (*Szegedi et al.*

From business networks to smart grids

LITERATURE REVIEW

Our research represents a novel approach in several ways. Studying operational smart grids from an economic and management point of view is still relatively rare even at the international level. To the best of our knowledge, only one or two scientific studies have been published so far on operational Hungarian smart grids from economic and social perspectives (e.g., *Piricz, 2021*). We consider it important to take a network approach and examine the topic at a network level.

Our research represents a novel approach in several ways. Studying operational smart grids from an economic and management point of view is still relatively rare even at the international level. To the best of our knowledge, only one or two scientific studies have been published so far on operational Hungarian smart grids from economic and social perspectives (e.g., *Piricz, 2021*). We consider it important to take a network approach and examine the topic at a network level.

Our research represents a novel approach in several ways. Studying operational smart grids from an economic and management point of view is still relatively rare even at the international level. To the best of our knowledge, only one or two scientific studies have been published so far on operational Hungarian smart grids from economic and social perspectives (e.g., *Piricz, 2021*). We consider it important to take a network approach and examine the topic at a network level.

Our research questions were as follows:

- ▶ What were the motivations of the participants of the smart grid?
- ▶ How did the network of contributors work during the development and the operation of the smart grid?
- ▶ Has a learning process occurred or is it occurring in the actors of the intelligent network? If so, how and what is the end result?
- ▶ What operational risk did they expect or can they see or experience (in terms of trust, technology, relationship/network, behavioural, other)?

In 2021, *Maribel Batey*, the president of California Public Utilities Commission announced her resignation (*Hoeven, 2021*), as California experienced its first state-wide blackout in 20 years in August 2020; a sweltering heat wave and other factors put California's power system at risk. "We have been unable to predict and prevent these power outages, and this is simply unacceptable" – California Governor *Gavin Newsom* said¹. In 2021, California's system operator issued eight state alerts urging customers to voluntarily reduce their energy use when the system is exposed to the greatest utilisation, which is between 4 and 9 p.m.

According to the latest 2021 Global Energy Trends report, the electricity consumption of the members of the G20 increased by 0.9% from 2018 to 2019, decreased by 2.3% a year later, and increased by 5.3% by the end of 2021². The decline in 2020 was caused by the global Covid-pandemic, as mentioned by the authors (for more details on the economic effects of the pandemic, see *Czeczeli et al., 2020*). The demand for electricity is constantly increasing both from industry and households. The question is how the supply side can react to this. Unfortunately, the topicality of the issue is made even more obvious by the energy crisis caused by the Russia-Ukraine war, which hits Europe even harder. The EU's leading politicians are no longer worried about high energy prices, but primarily about the quantity of gas³. Therefore, in our study, we briefly present the key characteristic features of the current and future supply chains of electricity. In connection with smart grids, we mention some ideas found in literature related to innovation and innovation networks. With this, we prepare the way for our empirical research, in which we analysed the intelligent network in *Békéscsaba* from the aspect of management and in a network approach, using the methodology of a case study.

Lessons Learned from an Operational Smart Grid Through the Example of a Local Government in Hungary

Noémi Pircz

Obuda University

pircz.noemi@kgk.uni-obuda.hu

Balázs Révész

University of Szeged

reveszb@cco.u-szeged.hu

SUMMARY

The steadily growing global demand for electricity, sustainability expectations, the global Covid epidemic and the Russian-Ukrainian war are also affecting the electricity supply chain. In our study we will focus on the smart grid, the modern smart electricity network of the near future, from a Hungarian perspective, with management approach. Hungary's newest and most complex smart grid is analysed using the case study method. We investigated the actors of the smart grid and were interested in how the cooperation between the parties was, what learning processes they experienced, and what risks they saw and see now. Our results show that customers and contractors are mutually satisfied; in addition to the numerical benefits, each party also values the learning processes in different areas. The risks identified stem from modern technology, complexity, novel solutions and operational mechanisms, but geopolitical, global economic uncertainties and shortages also have an impact.

KEYWORDS: Smart Grid, Management of Technological Innovation and R&D, Technological Change: Choices and Consequences, Alternative Energy Sources

JEL CODES: O32, O33, Q42

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_5

Change. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016D1841&from=HU>

Paris Agreement (L282/4) 19.10.2016 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=cele>
x%3A22016A1019%2801%29

Carbon Disclosure Project (2021). Putting a Price on Carbon – The State of Internal Carbon Pricing by Corporates Globally. Online: https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/005/651/original/CDP_Global_Carbon_Price_report_2021.pdf; 1618938446

Finanz Danmark (2020). Framework for Financed Emissions Accounting. Online: https://finansdammark.dk/media/47060/fida_financedemissionsaccounting-rbbsingles.pdf

Greenhouse Gas Protocol (2004). A corporate Accounting and Reporting Standard. Online: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Greenhouse Gas Protocol (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard – Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. Online: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Online:https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Online: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf

The University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership (2021). Lets discuss climate – The essential guide to bank-client engagement. Cambridge, UK. Online: <https://www.cisl.cam.ac.uk/system/files/documents/lets-discuss-climate-guide-to-bank-client-engagement-cisl-may-2021.pdf>

McKinsey & Company (2021). 2021 ESG Report - Accelerating Sustainable and Inclusive Growth. Online: https://www.mckinsey.com/spContent/bespoke/esg-pdf/pdfs/in/McKinsey_2021_ESG_Report_VF.pdf

The University of Cambridge Institute of Sustainability Leadership (2020). Bank 2030: Accelerating the Transition to a Low Carbon Economy. Cambridge, UK. Online: <https://www.cisl.cam.ac.uk/system/files/documents/bank-2030.pdf>

- BOGNÁR, F., HEGEDŰS, CS. (2022). Description and Consequences on some Aggregation functions of PRISM (Partial Risk Map) Risk Assessment Method. *Mathematics*, 10, 676. <https://doi.org/10.3390/math10050676>
- CŠUTORA, M., HARANGOZÓ, G. (2019). *Széndioxid-elszámolás a hálózati gazdaságban. [Carbon accounting in the network economy]* Vezetéstudomány (Budapest Management Review), 50(9), pp. 26–39, <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.09.04>
- FEKETE, I. (2022). A döntéshozatal támogatása a kockázatelemzésment eszközökkel. [Supporting Decision-Making with the Tools of Risk Management] *Pénzügyi Szemle (Public Finance Quarterly)*, 2022/1, special edition, pp. 28–47, https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_s_1_2
- KENDALL, M. G. (1970). Rank Correlation Methods; Griffin: London
- LOSIWICZ-DNIESTRZANSKA, E. (2015). Monitoring of Compliance Risk in the Bank. *Procedia Economics and Finance*, 26, pp. 800–805, [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00846-1](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00846-1)
- MAKAYIC-NIKOLIC, D., PETROVIC, N., CIROVIC, M., VUJOSEVIC, M., PRESBURGER-LJINIKOVIC, V. (2016). The model of risk assessment of greywater discharges from the Danube River ships. *Journal of Risk Research*, 19, pp. 496–514, <https://doi.org/10.1080/13669877.2014.988286>
- POULIKIDOU, S., BJÖRKLUND, A., TYSKENG, S. (2014). Empirical study on integration of environmental aspects into product development: processes, requirements and the use of tools in vehicle manufacturing companies in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 81, pp. 34–45, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.001>
- SPEARMAN, C. (1904). The Proof and Measurement of Association between Two Things. *United Nations Framework Convention on Climate Change*, 2016 on the conclusion, on behalf of the European Union, of the Paris Agreement adopted under the United Nations Framework Convention on Climate Council Decisions (EU) 2016/1841 of 5 October 2016
- VALINAJAD, F., RAHMANI, D. (2018). Sustainability risk management in the supply chain of telecommunication companies: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 203, pp. 53–67, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.174>
- VÖRÖSMARTY, GY., DOBOS, I. (2020). A vállalati méret hatása a zöldbeszerzési gyakorlatra. [Impact of company size on the green procurement practice] *Statistikai Szemle (Hungarian Statistical Review)*, 98(4), pp. 301–323, <https://doi.org/10.20311/star2020.4.hu0301>
- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. COM/2021/550 final Brussels, 14.7.2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550>

- VON AHSEN, A., PETRUSCHKE, L., FRICK, N. (2022). Sustainability Failure Mode and Effects Analysis – A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 363, 132413. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132413>
- BOGNÁR, F., BENDEK, P. (2021). A Novel Risk Assessment Methodology – A Case Study of the PRISM Methodology in a Compliance Management Sensitive Sector. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18, pp. 89–108. <https://doi.org/10.12700/APH.18.7.2021.7.5>

REFERENCES

The authors would like to thank the editor and the staff of the Magyar Nemzeti Bank for their valuable suggestions.

This study was produced in cooperation between and financed by the Magyar Nemzeti Bank and the University of Technology and Economics, in the Green Finance, Green Economy Workshop.

ACKNOWLEDGEMENTS

With the joint application of the three evaluation functions and the assessment of the received rankings, the model is suitable for supporting comparisons within the individual industries.

In comparing the rankings produced in various ways, if any applied rank correlation coefficient takes a high value (two rankings are similar to each other), or any rank concordance coefficient takes a high value (several rankings are similar to each other), the patterns of the industrial players are essentially similar. In this case, based on the profiles, we can examine whether similarity occurs in relatively developed or undeveloped status, and this information is very important in decision-making.

If the coefficients have low values, the patterns are located across a wide spectrum, and the forerunners and the ones behind can be clearly identified.

Looking at it from the regulator's perspective, with targeted strategic incentives, the progress of the various industries to carbon neutrality will also become easier to plan.

The financial sector is increasingly aware of the pressure to adapt to climate change, as the sustainable future business opportunities point towards carbon neutrality. We can find more and more advanced GHG-based qualification systems in the international literature. However, there are still no models capable of interpreting the three Scope emissions according to the GHG Protocol as each other's functions. In the study, we made a proposal for qualification on the basis of the combined Scope emissions, thus encouraging the process of exploring Scope 3 results and assisting the efforts to reduce Scope emissions.

The deliberate application of the model presented in the study will provide an opportunity to reduce (monitor) emissions at industrial, sectoral and corporate levels, and it will allow regulators to compare individual markets and market segments, thus facilitating (supporting) informed decision-making ■

SUMMARY

Source: own editing

Significance level	Spearman's rho	$CN^A(S)$ vs $CN^M(S)$
0.051	0.949	$CN^A(S)$ vs $CN^S(S)$
0.051	0.800	$CN^M(S)$ vs $CN^S(S)$

DEVELOPMENT OF SPEARMAN'S RHO VALUES

Table 2

increases ((CISL, 2022a, CISL, 2022b). The outlined model behaves in line with the objectives of the CDP evaluation methodology, but does not follow the ranking method of that. The CDP ranks separately along individual evaluation considerations, so it is more permissive from the aspect of carbon neutrality (CDP, 2021).

The present model does not allow this in respect of the different Scope emissions, therefore the organisations may be motivated to pursue a well-balanced development. One of the strengths of the presented model is that it does not support the case when a result achieved in one Scope emission is evaluated positively, while emission in another Scope increases.

In promoting carbon neutrality, it is one of the strengths of the model that it could offer realistic alternatives, independently of company size, in the integrated reduction of Scope 1 and Scope 2 emissions, encouraging organisations to introduce or improve the monitoring of Scope 3 emissions. This, on the basis of models with three dimensions and one evaluation vector, could not be realised (von Ahnen, Petruschke, Frick, 2022; Valinejad, Rahmani, 2018).

For the regulatory side, both the provision of feedbacks and the support of decisions are facilitated by the fact that industry-specific patterns can be determined by involving the right number of organisations, so the efforts made by the individual industrial players to achieve carbon neutrality can be compared.

APPLICABILITY

For organisations S_2 and S_3 , the development paths are clear if they wish to catch up with better-balanced organisations.

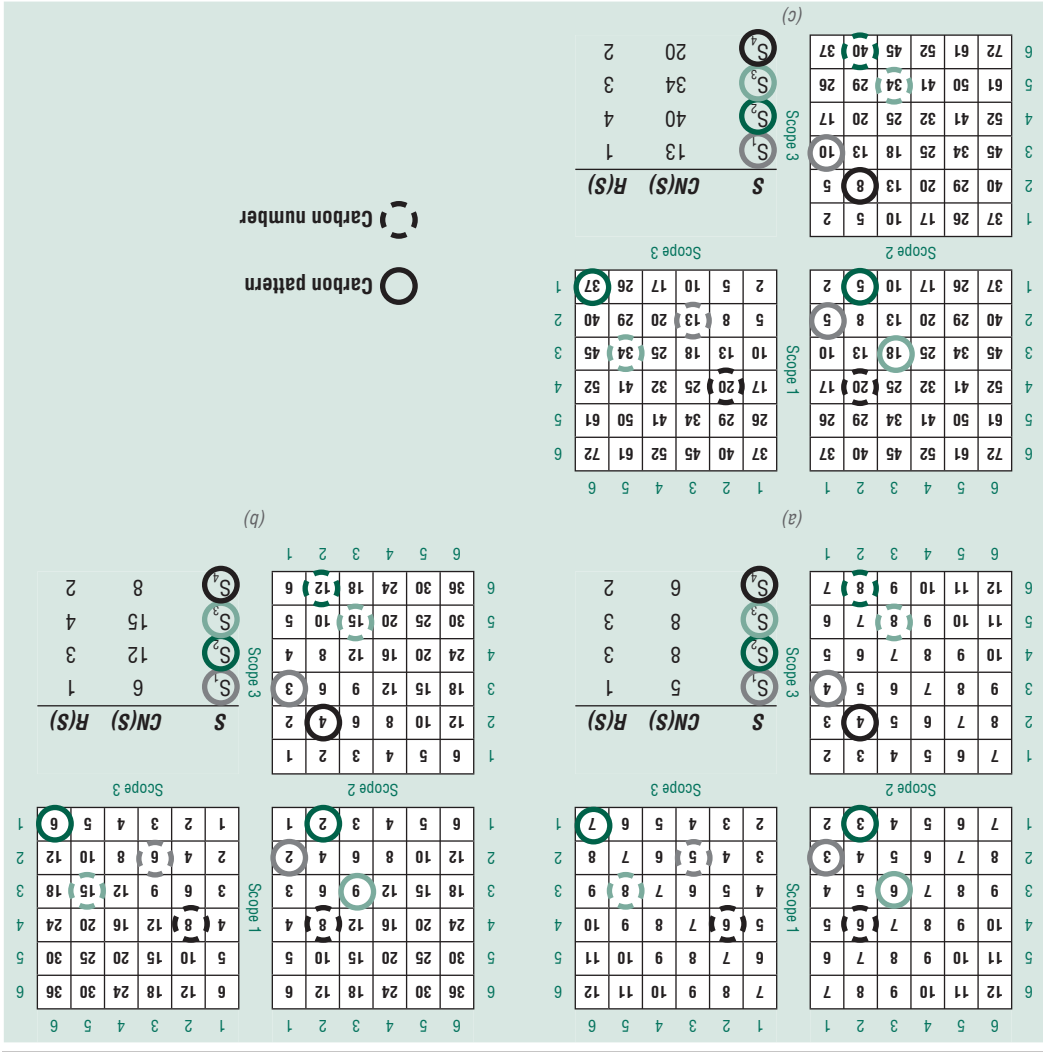
The statistical analysis also supports the visual results. There is no significant similarity among the rankings of the three evaluation functions. Although Spearman's rho values are relatively high, they are not significant (Table 2).

It is clear that the relative differences among organisations are still significant, as the various evaluation functions produce significant differences in the rankings. This is proved by the concurrent comparison of the rankings created by the three evaluation functions, too; although the 0.931 value of Kendall's W is rather high, with the 0.039 significance value it is not significant, so there are major differences among the individual rankings. It can be seen in the patterns that the organisations (especially S_2 and S_3) have development potentials on the road to carbon neutrality.

The models described in the article may serve as decision-making and controlling tools for economic players in their commitment to carbon neutrality. The model may offer real decision support to economic players as the importance of decision support solutions

Figure 4

CARBON PROFILES AND CARBON NUMBERS OF ORGANISATIONS IN THE CASE OF THE INDIVIDUAL EVALUATION FUNCTIONS



Source: own editing

performances can be evaluated according to different considerations. The lower the carbon number, the higher it will be in the $R(S)$ ranking, i.e. the better result it will present in respect of carbon neutrality.

Our sample case illustrates that organisations S_1 and S_4 are different from organisations S_2 and S_3 according to all three evaluation functions.

Organisations S_1 and S_4 are consistently better than organisations S_2 and S_3 , which can be seen visually as well, because their carbon patterns are positioned closer to the centre of the map.

The carbon patterns of organisations S_2 and S_3 take positions further from the centre of the map due to the relatively poorer

function, punish the organisation that shows low performance according to two evaluation aspects.

Returning to the function in part (c) of *Figure 3*, we should emphasize that the function 'punishes' a company even in a case when it achieved poor results only according to one evaluation aspect, but has excellent results in the other two. This is the toughest evaluation function, exactly because of this characteristic. The independent application of the function may be worthwhile only in the case of the more advanced Scope 3 emission reduction; it is more realistic to use it jointly with the other two functions. The function in part (b) of *Figure 3* is sensitive to the case when performance is only of medium level for all three factors. The function in part (a) of *Figure 3* is a well-balanced evaluation form, with a focus between the formerly presented two functions.

Carbon Accounting Map and robustness testing Evaluation according to the three functions already provides a good basis for detailed benchmarking and even stress testing for the individual organisations, and among the organisations, too. Rankings among the evaluated organisations can differ, so if we compare the rankings, we can examine whether the position of a given organisation on the map is robust or not. The robustness test can be easily carried out with the rank correlation (for example Spearman's rho or Kendall's tau calculation) or with the rank concordance examination (for example Kendall's W) of organisation rankings provided by the various evaluation functions. In this work, two rankings are compared with Spearman's rho (Spearman, 1904) value, while the comparison of several rankings are based on Kendall's W (Kendall, 170) value.

Spearman's rho may have values between -1 and 1. The closer the rho value to one, the more identical the two rankings, and the

Modelling the difference between the evaluation functions – possible carbon patterns of organisations

The differences between the evaluation functions and the presentation of the results are modelled through our case illustration, whereby we show the differences between the priorities of individual evaluation functions and the robustness of results.

Part (a) of *Figure 4* shows evaluation according to function $CN^A(S)$, part (b) according to function $CN^M(S)$, and part (c) according to function $CN^S(S)$. The carbon pattern is identical in each case, because the carbon pattern is created from the three Scope values, but it is independent from the evaluation functions. At the same time, in the case of the various evaluation functions, different $CN(S)$ carbon numbers may be created, therefore the individual organisation

closer it is to minus one, the more opposite the two rankings are to each other; in the case of zero value, the two rankings are independent of each other.

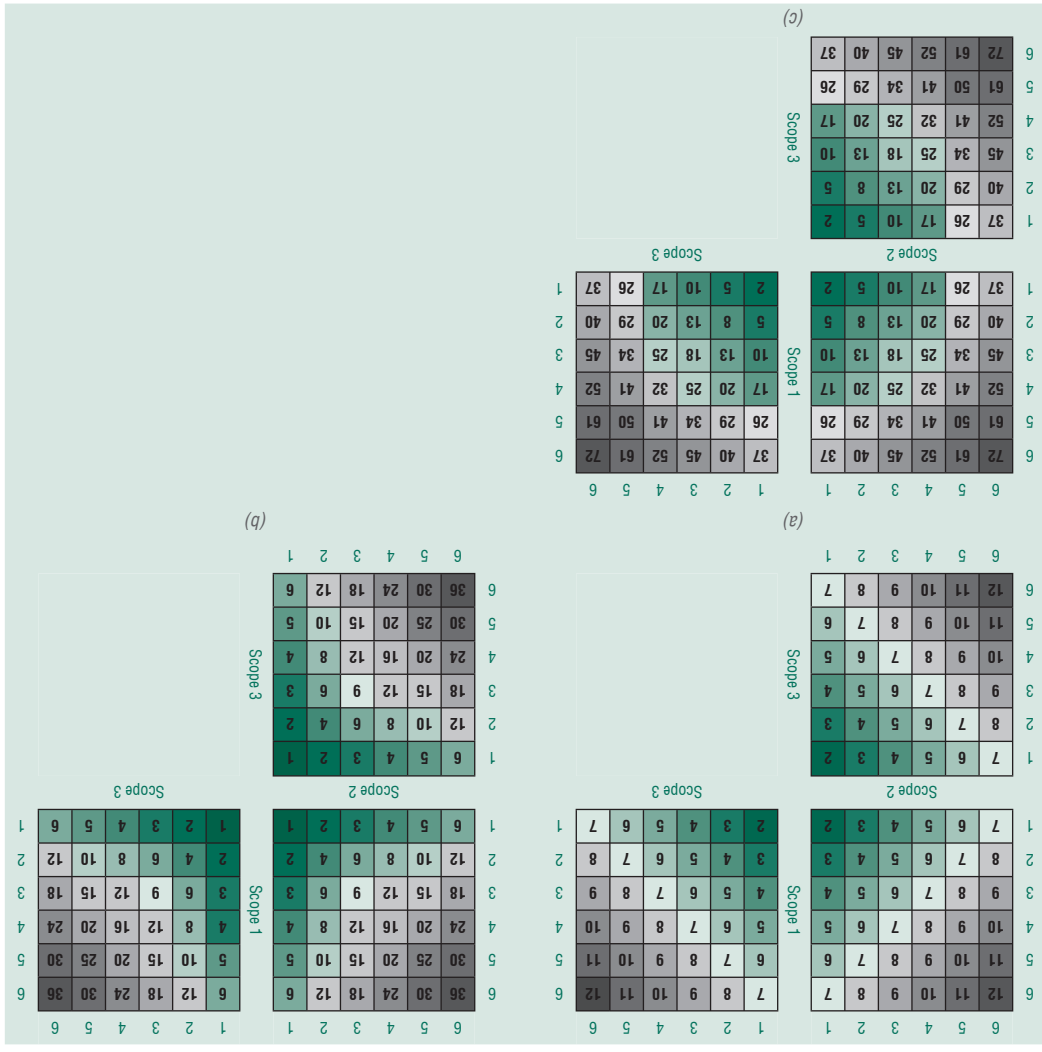
Kendall's W may have values between 0 and 1. The closer the W value to one, the more identical the rankings, and the closer it is to zero, the more opposite they are to each other. During the examinations, for both the rho and W values, taking into account the quantitative characteristics of the case illustration, a percent significance level is considered acceptable. The objective of the robustness test is to allow the regulator to get a picture about the distances between the industry players or their segments on the road to carbon neutrality.

Now we are going to present an illustrative example relating to the results of the various evaluation functions of the methodology, which we will explain and put into context with the existing theories in the next chapter.

is the way to record that in the particular evaluation intersection, that organisation was the weakest. It can still happen that the organisation performs well in the other two matrices, but all in all, it has a weak leg. This weak leg denotes the carbon number. Owing to the nature of the method, it will immediately, and in the case of any evaluation

The sequence generation of the method is obviously very simple. You should proceed from the black extreme values toward the origin in a way that you always step to the next smaller cell with the highest value. In any matrix, when the given step takes you to a cell containing an organisational profile element, you should mark the cell. This

Source: own editing

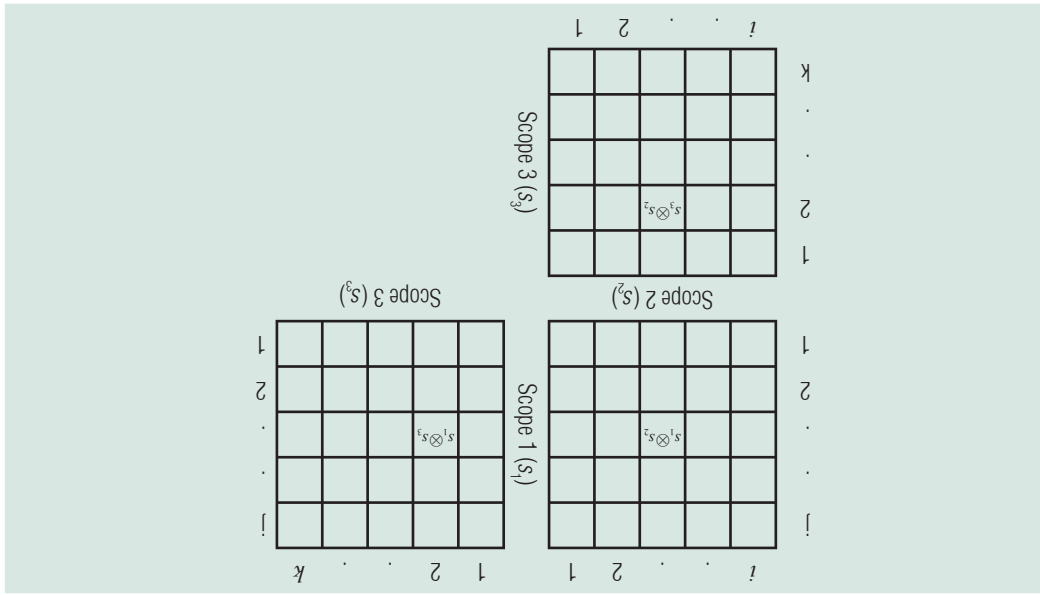


BENCHMARKING IN THE GAM MODEL IN THE CASE OF A QUALIFICATION SCALE OF ONE TO SIX

Figure 3

Figure 2

CARBON PATTERN IN THE CAM



Source: own editing

concave, and the $CN^s(S)$ forms convex border lines in the CAM matrices, observed from the origin. Before presenting the application of the individual functions in detail, the typical differences among CAM models can be described with black and green colours, similarly to Figure 3. The pattern of the colours carries a visual message, indicating the position of the CAM pattern of a given organisation compared to other organisations. This position forms the basis of ranking among organisations. Green colour means very good carbon emission results, while black means very poor results in the model.

Based on the above it is obvious that the different aggregation functions allow different benchmarkings on the organisations, according to different characteristics. As a result of this testing, it will be possible to show in which matrix a given organisation has stronger or relatively weaker position. Based on that, we

can suggest development directions for the creation of further strategies, which may result in a distribution of resources in the reduction of carbon emission that will deliberately improve the image of the organisation and facilitate the achievement of specific emission reduction.

The individual functions should be applied with caution. For instance, at a company that is still at the beginning of its journey to becoming carbon neutral in respect of Scope 3, it is hardly possible that even with quite good Scope 1 and Scope 2 results it could take a good position in the case of a square function. Indeed, it is the square function that punishes most the organisations that have poorer results, even if it is in one dimension only (see part (c) of Figure 3). Naturally, the $s_1=1$, $s_2=1$, $s_3=1$ pattern is positioned in the first place by each function, thus encouraging organisations to proceed in that direction.

Source: own editing

Methodology	Carbon Matrix – CM	Carbon Emission Analysis – CEA	Carbon Accounting Map – CAM
Base methodology	Risk matrix	Failure mode and effects analysis	Partial risk map
Number of evaluation vectors	1	1	3
Evaluation factors (Scope)	1,2	1,2,3	1,2,3
Indicator	Carbon Exposure (CE)	Carbon Priority Index (CPI)	Carbon Number (CN)
Evaluation dimensions	2-dimension	3-dimension	2-dimension (3x)
Proposed size of organisation	Small and medium size	Large size	Large size

COMPARISON OF EXAMINED MODELS

Table 1

Benchmarking options of the Carbon Accounting Map
 The $CN^V(\mathbf{S})$ forms linear, the $CN^M(\mathbf{S})$ forms

$$CN^V(\mathbf{S}) = \max\{s_1 + s_2, s_1 + s_3, s_2 + s_3\}$$

$$CN^M(\mathbf{S}) = \max\{s_1 \cdot s_2, s_1 \cdot s_3, s_2 \cdot s_3\}$$

$$CN^S(\mathbf{S}) = \max\{s_1^2 + s_2^2, s_1^2 + s_3^2, s_2^2 + s_3^2\}$$

Depending on the measurement sensitivity of carbon emission, any number of values may be generated, if emissions can be measured on a continuous scale, for instance in tone of CO₂ equivalent. In the case of typical qualification scales – scales from one to four and one to ten – this methodology has proved to provide robust ranking results, so it can be recommended for the definition of the rankings of organisations, irrespective of the typical scale used for the assessment (Bognár, Hegedűs, 2022).
 In this article, we present the method by using a qualification scale that supports the illustration of the model better. The individual functions cannot only give different values in the case of the same \mathbf{S} organisation, but may rank the individual organisations in different ways, even compared to each other. Taking advantage of that, the organisations may be examined with evaluation functions of different focuses, the totality of which also allows for a complex evaluation in respect of carbon emissions.

CAM methodology – that relies on the basis of the partial risk map – does not fail to provide the key differences among individual organisations, as it is the case with the CEA technique based on the risk priority index (see Table 1).
 Formally, CAM can be specified with the structured organisation of the following matrices.
 As CAM will quantify the aggregate Scope values in the case of a given \mathbf{S} organisation, let the carbon pattern of organisation \mathbf{S} in the CAM map be denoted by $p(\mathbf{S}) = (s_1 \otimes s_2, s_1 \otimes s_3, s_2 \otimes s_3)$. Figure 2 shows the position of a possible pattern in the CAM.
 For the definition of the carbon number, we present three different aggregation functions – one amount, one product and one square function.

$$A^{s_1 s_2} = (a_{s_1 s_2}) \in \mathbb{N}_{rk}^+$$

$$A^{s_1 s_3} = (a_{s_1 s_3}) \in \mathbb{N}_{rk}^+$$

$$A^{s_2 s_3} = (a_{s_2 s_3}) \in \mathbb{N}_{rk}^+$$

Carbon Matrix model

Part (a) of the figure shows the possibility when the Scope 3 dimension is not involved yet. In these cases, assessments according to Scope 1 and Scope 2 are possible. The application of models based on Scope 1 and Scope 2 is justified by the fact that smaller organisations are also able to use them, so these models can help them progress toward carbon neutrality. In the model based on Scope 1 and Scope 2, let S denote the integrated carbon dioxide emission (Carbon Exposure) value of an entity $CE(S)$, which can be calculated using the following formula.

$$CE(S) = s_1 \otimes s_2$$

The methodology relies on an evaluation vector, which consists of two factors (Scope 1 and Scope 2) [see Figure 1 Part (b)].

Carbon Emission Analysis model

If the Scope 3 emission values can also be estimate, two options can be identified for the definition of the integrated carbon emission. One of them is related to the failure mode and effects analysis method, and to its index, i.e. the risk priority index. The name of the model based on Scope 1, Scope 2 and Scope 3 emissions is Carbon Emission Analysis, and it indicates the Carbon Priority Index of entity S $CPI(S)$.

$$CPI(S) = s_1 \otimes s_2 \otimes s_3$$

Part (b) of Figure 1 presents the $CPI(S)$ value. This method can be recommended only to organisations that are able to provide the value of Scope 3, as the methodology does not give any result without that. The method uses an evaluation vector too; in this case, it calculates the carbon priority index by using all three Scope values. The application of the model can be recommended if all three Scope values have almost identical relative values compared to each other. In reality, this situation is less frequent, as the enterprises are characterised by a diversity of various organisational profiles, industrial characteristics and targeted areas of usage. The biggest challenge is to reduce the emission of supply chains, therefore the values of Scope 3 are expected to be higher compared to the other two emission areas.

Carbon Accounting Map (CAM) model

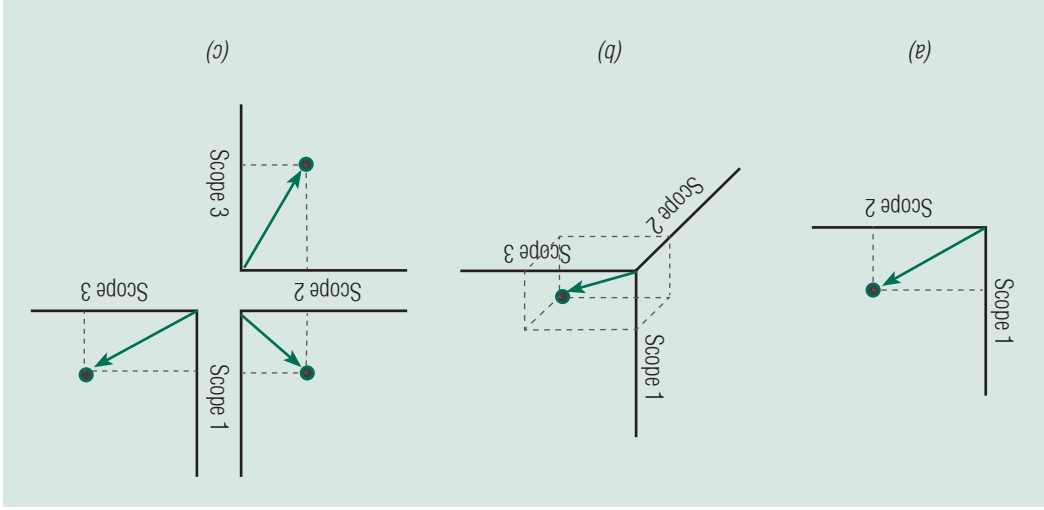
The Carbon Accounting Map (hereinafter: CAM), which is based on the partial risk map, also uses three dimensions, but carries out the evaluation on the basis of three evaluation vectors. This technique is able to show realistic and relatively significant differences in the case of Scope dimensions, and to direct the attention of management and regulators to the area with the poorest performance. The method uses the following formula to estimate the aggregate carbon emission in the case of a given S organisation, where $CN(S)$ is the Carbon Number.

$$CN(S) = \max\{s_1 \otimes s_2, s_1 \otimes s_3, s_2 \otimes s_3\}$$

Part (c) of Figure 1 presents the logic of $CN(S)$. It can be deduced from the formula that the method first carries out 3 two-dimension estimations in the matrices formed by the Scope 1 vs. Scope 2, Scope 1 vs. Scope 3, and Scope 2 vs. Scope 3 dimensions, then compares the results of these with each other, and takes the highest value (i.e. the most significant aggregate carbon emission value according to the three intersections) into consideration. This way it directs attention, in an operational way, to the least developed areas, and points out the key directions of possible development strategies.

Compared to the CEA methodology, the main advantage of the CAM is that the

Source: own editing



POSSIBLE INTEGRATED EVALUATION METHODS OF CARBON EMISSION ON THE BASIS OF THE GHG PROTOCOL

Figure 1

It may be justified to apply the low measurement level in a case when the exact expression in tone of CO₂ equivalent would not yet be feasible because of the accuracy of the current assessment methodologies. For the low measurement level, categories are usually defined on a scale of one to ten (sometimes one to five). The higher the s_1 , s_2 and s_3 value, the higher carbon emission it represents.

Let $S=(s_1, s_2, s_3)$ denote an entity that has three typical characteristics according to the GHG Protocol: s_1 is the Scope 1 emission, s_2 is the Scope 2 emission, and s_3 is the Scope 3 emission. The Scope emissions can be expressed on high (tone of CO₂ equivalent) and low measurement scales, too.

Description of the integrated carbon emission evaluation model

Carbon Accounting Map methodology, we will describe the possible applications of the model.

In the case of each organisation, the aggregate carbon emission value can be calculated with the combined evaluation of the applied dimensions, using mathematical operation \otimes . The higher the aggregate value, the more serious the relatively harmful effect of the organisation's carbon emission. The basis of the \otimes operation is usually multiplication, addition or square, but, of course, other operations are also possible.

Figure 1 shows three novel evaluation techniques that are based on an evaluation method known in literature, and that can be used to perform an integrated evaluation of the results achieved on the basis of the individual Scope categories along the individual dimensions. Part (a) of Figure 1 builds on the risk matrix (Losiewicz-Dniestrzanska, 2015), part (b) on failure mode and effects analysis (von Ahnen, Petruschke, Frick, 2022), while part (c) on the partial risk map (Bognar, Benedek, 2021).

In the case of both the risk matrices and factor values is the most common method in literature (Schulte, Knuts, 2022; Losiewicz-Dniestrzanska, 2015; von Ahlsen, Petruschke, Ertik, 2022). Besides, the addition and square methods with their proved robust basic evaluation features provide evaluation functions of a different nature the application of which may strengthen multi-criteria assessment, along with the product of multiplication (Bognár, Hegedűs, 2022).

Visual support to management and executive bodies

The model should be able to provide significant visual support to management and executive bodies, and that helps the preparation and evaluation of decisions, and ensures the possibility of planning in defining steps to achieve carbon neutrality.

Revision of industry and sector level decision support to regulators

The possibility of industry and sector level comparisons is of key importance for the regulators. If a given organisation emits carbon dioxide in several industries, the emission data should be provided for the whole organisation and according to industrial and sectoral categories as well in order to allow for comparison. For the model, industry and sector level data can be interpreted in the same way as an organisation's comprehensive data.

Integrated evaluation options

With the presentation of the integrated evaluation options (hereinafter: evaluation options according to Scope 1, Scope 2 and Scope 3) and with the description of the

Evaluation option provided by the functions – benchmarking and stress testing

As a requirement for the model, it should allow results to be evaluated in the same industries and sectors on the basis of multiple functions, too (results of multiple organisations, as well as an organisation's own results).

qualification points from time to time (CISL, 2021; CDR, 2021). Therefore, the qualification system should be able to monitor changes in the given periods and the development paths. The requirements for the evaluation model include the ability to make statements in an integrated way, with the joint interpretation of considerations. This is how it should encourage economic players to achieve continuous development in the case of all three Scopes. The measurement and estimation methods of Scope 3 are the most diverse and costly (GHG Protocol, 2011), therefore they present serious data collection and financial challenges to economic players – primarily to small and medium-sized enterprises (hereinafter: SMEs). As we do not wish to distinguish between the stakeholders of the economy, the model should be able to play this role independently of company size. Independence from company size is an important aspect, because in spite of the fact that a lot of studies discussed the environmental practices of SMEs over the past years, the greener management of external (such as supplier) relations has not been a central issue (Vörösmarty, Dobos, 2020). For the SMEs, the model should take qualifications according to Scope 1 and Scope 2 into consideration as long as they cannot be qualified according to Scope 3. This kind of 'lenience' requires high flexibility in the structure of the evaluation model, but it seems to be necessary, particularly as we know that in the case of Hungarian companies, the accounting of Scope 3 emissions is still at an early stage (Csutora, Harangó, 2019).

to assess the carbon emissions of entities; in this respect the GHG Protocol and the PCAF recommendations are to be followed.

The model has to support the entity in selecting future development directions. The comparability of the individual organisations' activities belonging to the same industrial category is a requirement for the method.

The GHG Protocol and the CDP make statements from several aspects, aiming at the achievement of a carbon neutral economy (GHG Protocol, 2004; CDP; 2021), as the operational evaluation models also provide assessments according to multiple considerations (von Ahnen, Petruschke, Fricke, 2022). The proposed model should also follow operation according to multi-factor evaluation methods, as achieving a carbon neutral economy is one of the most complex problems of our age.

We can find a number of promising initiatives – scientific articles – for the definition of the evaluation factors of models. Good practices include a model based on the logic of SWOT analyses, approaching evaluation from the perspective of opportunities and threats (Schulte, Knuts, 2022). While offering promising solutions, they are difficult to adjust to the robust concept of the GHG Protocol, as they operate according to different considerations. Therefore, when creating the required model, one of the conditions was that it should be in line with the GHG Protocol considerations (GHG Protocol, 2004), so it should perform assessments according to the interpretation of Scope 1, Scope 2 and Scope 3.

Ensuring opportunities for continuous development in an integrated way

In line with other qualifying models, the vision and development concept of the CISL and the CDP follow the logic of continuous development, and assume the inclusion of

methodology (Losiewicz-Dniestrzanska, 2015), while in the case of three dimensions, the methodological basis is either failure mode and effects analysis (Poulikidou, Björklund, Tyskens, 2014), or an approach related to the latter, but basically relying on the identification of partial risks (Bognár, Benedek, 2021). It is a characteristic feature of each method that the quantification of risk can be interpreted in the light of the evaluation factors.

In the first step, the individual risks are qualified on the basis of specific evaluation factors on a given scale, then these scale values are multiplied by each other to obtain the risk value. Based on that, it is possible to rank the individual risks, so we can determine which risks could be considered critical, and when it is necessary to introduce risk mitigating measures as quickly as possible. With these techniques, the evaluation of the received results is ensured continuously, supporting decision making at the organisation (Fekete, 2022).

Evaluation methods – requirements for the model

Based on the methodology of internationally known sustainability models, we propose development of a novel decision support and controlling system to motivate organizations to achieve carbon neutrality. The evaluation system is in line with the criteria of the GHG Protocol, takes the results of all three Scopes into consideration, allows benchmarking and stress testing, supports management decisions visually (as well), and allows regulators to prepare and make industry and sector level decisions.

Adjustment to the GHG Protocol criteria

The methodological proposal is aimed at the development of a new type of qualification system. However, the proposal does not wish

Carbon Disclosure Project (CDP) model

The Carbon Disclosure Project (hereinafter: CDP) operates an extensive qualification system to encourage actors, from entities to towns, to take steps to reduce climate change in the use of air, water and soil, among sustainability risks. The CDP qualification system considers GHG emission as a key element, and every year discloses the entities submitting reports with the highest rates (A list), thus motivating players to reduce emissions (CDP, 2021).

Partnership for Carbon Accounting Financials (PCAF) model

The Partnership for Carbon Accounting Financials (hereinafter: PCAF) developed recommendations about GHG accounting issues for players in the financial sector to offer support in order to facilitate the measurement of financed emissions (PCAF, 2020). This work was also qualified by the GHG Protocol for the recommendations regarding Scope 3 emissions. Moreover, on the basis of the GHG Protocol, Finans Danmark produced its own recommendations for financed emissions, making similar statements for the PCAF recommendations about specific calculation rules and structures. (Finans Danmark, 2020)

University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL) model

The University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership (hereinafter: CISL) is increasingly active in publishing reports and recommendations about incentives, methods, processes and proposals supporting sustainable economic development. In their

understanding, the economy is currently in a phase of preparation for the transformation, as the CISL calls it, 'banking as usual' (CISL, 2020).

Apart from their statements concerning the present, the 'new normal' operation is projected for around 2050, when the economy will have zero emission (CISL, 2021). According to CISL analyses, efficiency-focused thinking is currently blocking the move toward a low-carbon economy. At the same time, we can see the intention of banks to facilitate and promote this process. In line with the vision of CISL, in McKinsey's 2021 ESG report a carbon emission reduction of 25% is set as a target compared to the base year of 2019, for the Scope 1 and Scope 2 emission values projected for businesses (McKinsey, 2021).

SUSTAINABILITY RISKS, EVALUATION METHODS AND REQUIREMENTS FOR THE MODEL

In addition to contextual models, more an more published works aim at reducing sustainability risks, typically at the level of production and operation processes (von Ahsen, Petruschke, Frick, 2022).

Sustainability risks

In the case of sustainability risks, the focus is primarily on industries represented by the clients of the banking sector. In these models, the number of risk evaluation dimensions is usually limited to two (Schulte, Knuts, 2022; Losiewicz-Dniestrzanska, 2015); three dimensions are considered only in a few cases (Makajic-Nikolic, Petrovic, Cirovic et al., 2016; Valinejad, Rahmani, 2018). In the case of two evaluation dimensions, the analysis basically builds on the risk matrix

The issue of climate change is becoming a strong influencing and motivating factor in the operation of global money markets, and it puts more emphasis on the responsibilities of economic players and governments, too

THE INDIVIDUAL SUSTAINABILITY MODELS

make industry and sector level decisions.

e it should allow regulators to prepare and decisions;

management for their evaluations and **d** it should provide visual support to the and among the organisations, too;

stress testing for the individual organisations, appropriate basis for detailed benchmarking and functions, therefore it should provide an of the organisations on the basis of multiple **c** it should be possible to evaluate the results improvements in the case of all three Scopes;

economic players to make continuous considerations together, encouraging the integrated way, by interpreting all the **b** it should provide statements in an 2004);

Scope 1, Scope 2 and Scope 3 (GHG Protocol, evaluation according to the interpretation of GHG) protocol, therefore it should perform related to the greenhouse gas (hereinafter: **a** it should be in line with the considerations consideration:

In the current annual report of the system, we took the following aspects into In the course of developing the evaluation the achievement of carbon neutrality.

to create a novel qualifying system that fosters sustainability models and offers a possibility on the methodology of internationally known an evaluation and ranking model that is based In the second part of the article, we propose level and their key characteristic features.

In the first part of the article, we present the

groups as follows:

- **SCOPE 1**: emissions originating from operations owned or controlled by the entity;
- **SCOPE 2**: emissions from the production of the consumed, purchased or obtained electricity, steam, heating or cooling;
- **SCOPE 3**: all indirect emissions outside Scope 2, which occur in the value chain of the entity, including upstream and downstream emissions, too (GHG Protocol, 2004).

Supporting the efforts to reduce greenhouse gas (GHG) emissions is one of the most important tasks of science as well as economic players. The recommendations of the protocol related to greenhouse gases basically divide the carbon dioxide emissions of entities into three

Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) model

systems.

one of the key subsystems within the social ecosystem. Economic factors are treated as and exposure of the social systems and of the on climate hazards, and the vulnerability sets interacting with each other, with a focus describes the sustainability risks with three special focus (IPCC, 2022). The IPCC report risks generated by climate change are given (hereinafter: IPCC) the phenomena and Intergovernmental Panel on Climate Change In the current annual report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) model

new models.

representatives of various disciplines to create social and environmental impacts inspired the Climate change and the related economic, (Schaltegger, Zvezdov, Günther et al., 2015).

The European Council and the Council of the European Union give high priority to the climate transition. Under the Paris Agreement, the European Council approved a binding target of at least 40% reduction in economy-wide greenhouse gas emissions by 2030 compared to 1990 (Council Decision (EU) 2016/1841) in the EU. Considering the emergency situations related to climate change and biological diversity, on 14 July 2021 the European Commission published the 'Fit for 55' package – a revision of the commitments defined in the *Paris Agreement* (2016) –, in which the EU agreed to reduce net emissions at least by 55% by 2030 compared to 1990, and to make Europe the first climate neutral continent by 2050. With this measure, the Commission wishes to support the green transition that may contribute to a resilient and sustainable European economy (COM [2021] 550 final).

In order to achieve that, carbon emission pricing is introduced in several sectors, making clean solutions cheaper, and – as a result of additional incomes – ensuring the possibility of fair transition. The Commission supports the more extensive use of renewable energy and the improvement of energy efficiency. Energy consumption is responsible for 75% of the emissions in the EU, and therefore it has a central role in the climate protection efforts of the Commission. The transformation of the energy system may be a key element of economic competitiveness, so the reduction of emissions and the costs of energy for consumers and the industry, the transformation of the energy mix, and the increased share of renewable energy sources are essential. Under the renewable energy directive – 40% target value for the share of renewable energy sources by 2030 – the EU promotes the increased sale of new clean vehicles and cleaner fuels for transport. By now it has become clear that the ability of nature to remove carbon dioxide from the

atmosphere has decreased, therefore, in order to achieve the climate policy and environmental objectives, apart from encouraging innovative investments, imposing taxes on energy sources and enforcing the 'polluter pays' principle may significantly contribute to the greening efforts. The joint commitment regulation authorises the Member States to take steps at national level to manage the emissions of the building industry and the transport, agriculture, waste management and small industry sectors. As a result of the proposal, by 2030 emissions from these sectors should be reduced by 40% in the whole EU compared to the status in 2005 (COM [2021] 550 final).

In order to make the decarbonisation processes successful, the EU wishes to support investments by enterprises into clean energy, and it will increase the financing of innovative projects and infrastructure aimed at decarbonising the industry. The Commission draws the attention of the Member States to the fact that the target set for 2030 can only be achieved if a system-level transformation is carried out in the whole economy. The new geopolitical and energy market situation calls for the implementation of the 'Fit for 55' package of the European Commission as soon as possible, and for the acceleration of the green transition. Regarding the difficulties caused by the Russian invasion of Ukraine and the elimination of the energy market problems – in line with the earlier measures – the REPowerEU plan of the European Commission focuses on energy saving, the search for alternative energy sources, and the promotion of investments providing clean energy.

At national level, the implementation of the plans will require the development of an evaluation and qualification system that – in addition to the obligations specified in legal regulations – will encourage economic players to contribute to the successful implementation of the green transition.

Potential Model to Support the Achievement of Corporate Carbon Neutrality

Ferenc Bognár

Budapest University of Technology and Economics

bognar.ferenc@gtk.bme.hu

Elvira Böcskei

Budapest University of Technology and Economics

bocskei.elvira@gtk.bme.hu

SUMMARY

In our article, based on the methodology of internationally known sustainability models, we propose developing a novel, decision support and controlling system to motivate organizations to achieve net zero emissions. The evaluation system fits the GHG Protocol's criteria, considers the emissions of all three Scopes, and provides the opportunity for benchmarking and stress testing. The model supports the management's decisions visually, and it also offers regulators the opportunity to prepare and make industry level decisions. The creation of the new model is especially necessary in a period fraught with geopolitical tensions, when the price and availability of individual energy carriers can change dramatically and rapidly.

KEYWORDS: sustainability risk, carbon accounting, Greenhouse Gas Protocol (GHG), risk assessment, Carbon Disclosure Project (CDP)

JEL codes: D81, G30, Q51

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_4

PUBLICATIONS AND WEBSITES
OF ORGANISATIONS

- System Operators for Gas), <https://www.entsoe.eu/publications>
- ACER (Agency for the Cooperation of Energy Regulators)
Eurostat
- IEA (International Energy Agency), <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- ENTSOE (European Network of Transmission

REFERENCES

- DEÁK, A., SZABÓ, J., WEINER, C. (2021). Energiapolitikai versengés új felállásban Délkelet-Európában: az Európai Unió az Egyesült Államokkal és Oroszországgal szemben? [New Energy Politics in Southeastern Europe: The European Union vis-à-vis the United States and Russia?] *Nation and Security*, 2. <https://doi.org/10.32576/nb.2021.2.6>
- HANCHER, L., SALERNO, F. M. (2017). Analysis of Current Trends and a First Assessment of the New Package in: Leal-Arcas, R.-Wouters, J. (ed.) *Research Handbook on EU Energy Law and Policy*, Edward Elgar Publishing Ltd., Cheltenham, pp. 48–66
- JIRUSEK, M. (2017). *Politicization in the Natural Gas Sector in South-Eastern Europe*, Masaryk University Press, Brno, pp. 288
- LUKÁCS, G. (2018). *A földgázellátás biztonságja* [Security of natural gas]. The Office of the National Assembly, 2018/10
- STERN, J. (2019). *Narratives for Natural Gas in Decarbonising European Energy Markets*, OIES PAPER, NG141, pp. 18, <https://doi.org/10.26889/9781784671280>
- SZULECKI, K., FISCHER, S., GUILBERG, A. T. (2016). Shaping the Energy Union: between national positions and governance innovation in EU energy and climate policy, *Climate Policy*, 16(5), pp. 548–567, <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1135100>
- TAKÁCSNÉ TÓTH, B., KOTEK, P., SELEI, A. (2019). A magyar gázpiaci liberalizáció 15 éve [Fifteen years of gas market liberalisation in Hungary], *Budapest Management Review*, (special edition), <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.KSZ.04>
- VARGA, B. (2015). Kőolaj- és földgázvezetékek stratégiai jelentősége az EU-ban [Strategic importance of oil and gas pipelines in the EU], pp. 14, <https://kgk.sze.hu/images/dokumentumok/kautzkiadvany2015/VargaB.pdf>
- WALTER, Gy. (2017). A projektfinanszírozás kockázata – nemzetközi és hazai tapasztalatok [The Risks of Project Finance – Based on International and Domestic Experiences], *Public Finance Quarterly* 62(4), pp. 554–572
- Energy Strategy Of Ukraine for the period up to 2035, Kyiv 2017
- European Commission (2019). *Clean energy for all Europeans*, Publications Office of the European Union, <https://doi.org/10.2833/9937>
- European Traded Gas Hubs: the Supremacy of TTF, The Oxford Institute for Energy Studies 2020 May, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2020/05/European-Traded-gas-hubs-the-supremacy-of-TTF.pdf>
- Expected Electricity And Gas Balance Report 2019 OTE, Prague, pp. 82, https://www.ote-cz/en/about-ote/files-annual-reports/expected-balance-report_2019.pdf
- GAZFROM Annual Report 2020, pp. 244, https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/ISE_OGZD_2020.pdf
- IEA WEO 2011 Special report: Are we entering a golden age of gas?, https://iea.blob.core.windows.net/assets/8ca3d14-5005-437d-b180-06b8824d28c8/WEO2011_GoldenAgeofGasReport.pdf
- Integrated National Energy and Climate Plan for 2021 to 2030, Slovakia, 2019 December

some countries have been averse to heavy dependence on Russian imports. Thirdly, the poorly developed network in some countries is also a limiting factor. In the Balkan countries in particular, the combination of poorly developed gas infrastructure and low end-consumer prices that do not allow for accumulation have prevented more new customers from being connected.

In the case of the above factors, a later rise in consumption still looked likely in 2021. High CO₂ emissions led to a shift from coal-fired power plants to electricity generation based on

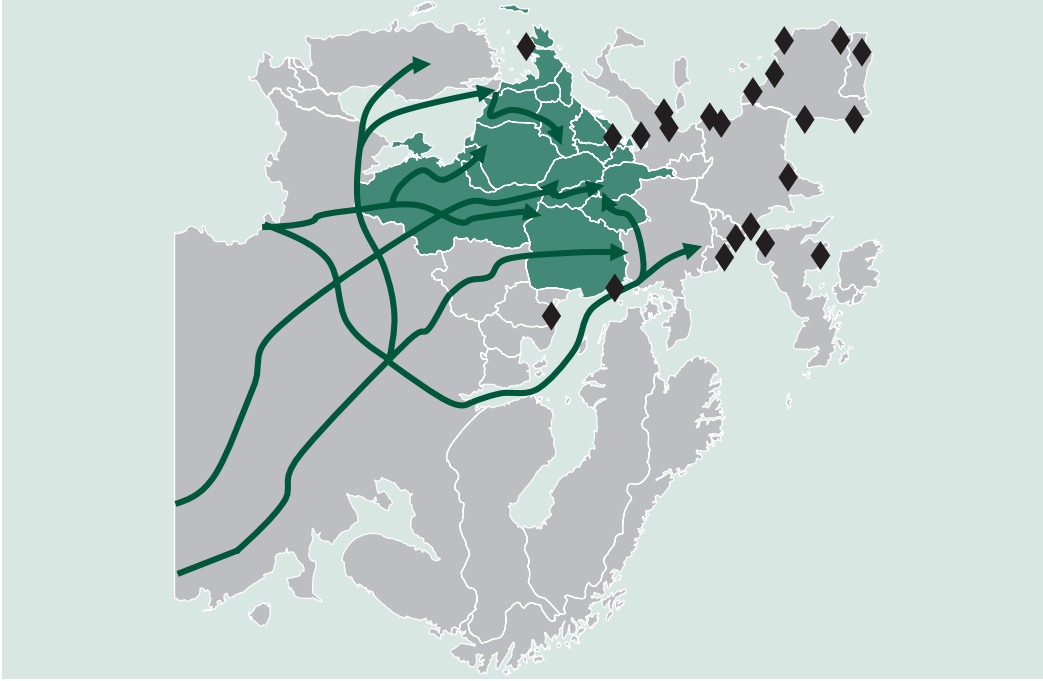
a combination of renewables and natural gas, and the new southern pipelines in the Balkans would have allowed for greater imports than before. However, a war broke out in February, and the EU responded by announcing its intention to become as independent from Russian energy as possible. In these changed circumstances, the previously planned level of natural gas use is expected to be reduced. High prices and the fact that access to Russian gas imports may even be limited due to the atmosphere reminiscent of the Cold War are also factors in this direction. ■

NOTES

- 1 It should be noted that these strategies were prepared before the current war.
- 2 Expected Electricity And Gas Balance Report 2019, p. 47; Integrated National Energy and Climate Plan for 2021 to 2030, Slovakia, 2019 December
- 3 In 2014, gas sector subsidies accounted for 6.4% of Ukraine's GDP. <https://pubdocs.worldbank.org/en/721741520534548015/SSLF18-Economic-Shocks-Ukraine.pdf>
- 4 Data for EU countries without data for EU countries in the region
- 5 EU consumption excluding countries analysed in the region
- 6 <https://www.igiar.com/world-most-polluted-cities?continent=59af92ac3e70001c1bd78e52&country=&state=&page=1&perPage=50&cities=>
- 7 Generally used in mining and petroleum refining
- 8 Although the Romanian government promised to overhaul the unfavourable regulatory framework for offshore gas production in 2018 by 2021, it is not realistically expected before the Romgaz–Exxon Mobil transaction.
- 9 It should be mentioned that an LNG port and regasification plant was built in Lithuania a few years ago.
- 10 Serbia received natural gas via Hungary and Bulgaria via a pipeline through Romania.
- 11 Greek–Bulgarian and Bulgarian–Serbian inter-connections
- 12 Projects of common interest
- 13 The classification system helps businesses and investors determine which economic activities are environmentally sustainable.

Figure 6

GAZPROM'S MAIN GAS SUPPLY ROUTES AND LNG REGASIFICATION TERMINALS IN EUROPE



Source: ENTSOG, own edit based on data, https://www.entsog.eu/sites/default/files/2021-11/ENTSOG_CAP_2021_A0_1189x841_FULL_066_FLAT.pdf

and increased the region's exposure to global market influences to some extent.

Since 2008, European markets have undergone a series of transformations, spreading into the region through increasing interconnectivity and regulatory convergence. There is price convergence between European markets, but it may be temporarily diverged by market shocks.

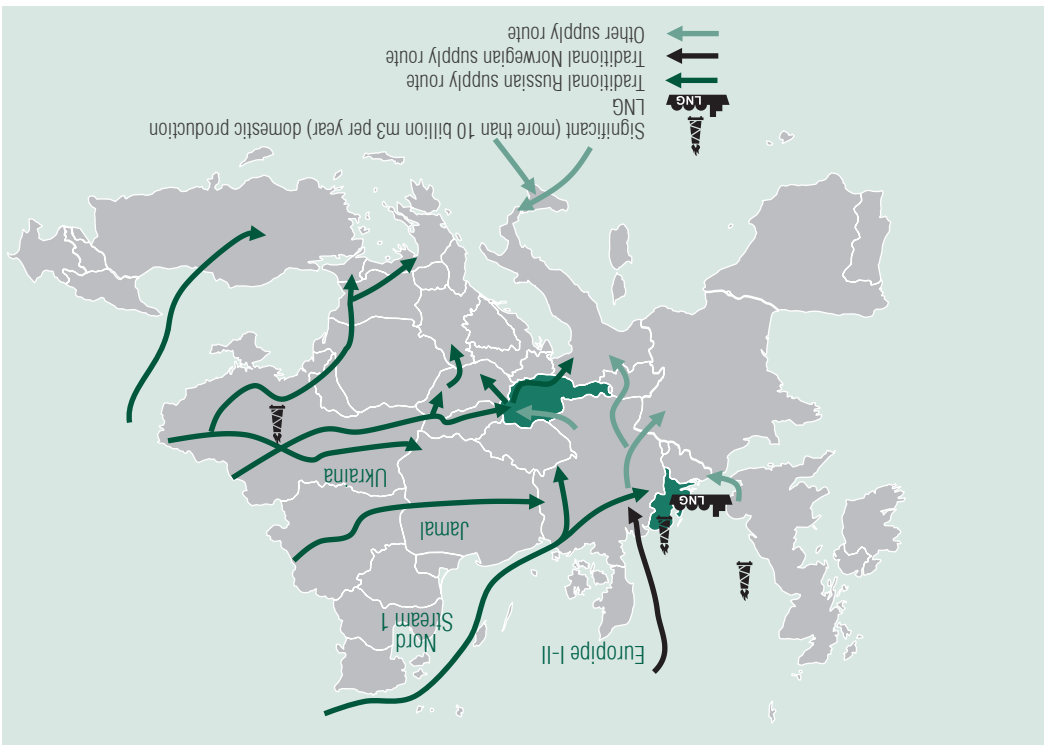
CONCLUSIONS

In the last 10–12 years, a number of high-capacity pipelines have been built from the east to Europe, offering the possibility of connecting countries in the region. Some of these pipelines can provide an alternative route to a previously connected source, and others allow for new gas imports from an area not previously used by the region. There are LNG regasification developments at three points, two of which are in the process of expanding capacity.

It can be argued that with interconnectors built between countries in the region, the regional market can now be considered as a single market. A market where the gas trader has access to the network at a moderate cost. Natural gas consumption in the region under review is below that of Western Europe. This is due to the fact that, on the one hand, many countries have built their power plants largely on coal and, on the other hand,

Figure 5

THE DUTCH AND VIENNA GAS EXCHANGES AND MAJOR EUROPEAN IMPORT PIPELINES



Source: own edit, based on OIES and CEFR data

Table 7

MAIN INDICATORS OF TTF AND VTP DEVELOPMENT, 2011-2019

Years under review	2011	2019	2011	2019
Active operators	60	167	40	72
Number of products	15	52	6	17
Trade (TWh)	6,292	40,390	170	970
Churn rate	13.9	97.1	2.2	9
Time horizon of transactions (months)	37	37		18
Share of top 3 operators (MA)	16	16		30
Natural gas sources	Gazprom, LNG, domestic production		Gazprom	

Source: European Traded Gas Hubs, OIES, CEFR

German authorities have not authorised the pipeline to be put into operation. The high cost of producing natural gas and developing infrastructure means that producers are trying to lock in the volume they sell through long-term contracts. Long-term contract imports are still the backbone of natural gas supply in most markets.

Due to increased market liquidity as a result of market liberalisation, integration and market shocks, the duration of contracts is decreasing, their flexibility is increasing, and pricing is now predominantly gas market pricing instead of traditional oil indexation.

As a result of market transformation in Europe over the last decade, natural gas distribution hubs have been playing an increasingly important role in trading and pricing. TTF in the Netherlands has become the reference price market for continental Europe, while VTP in Austria has become the reference price market for Central Europe.

Figure 5 shows the main gas pipelines to TTF and VTP. The most frequently observed metric in our markets is the VTP-TTF price spread. Its evolution is a key indicator for operators with TTF-indexed contracts when they (also) operate in markets that move with VTP. *Table 7* shows the main data for the Vienna and Dutch stock exchanges. Although the Vienna stock exchange is still much smaller, it is showing signs of development.

For structural, commercial and infrastructural reasons, the liquidity of VTP markets is far below that of the Northwestern European gas supply routes in the region, further segmentation within the region is emerging. *Figure 6* shows Gazprom's export routes to the region, and LNG terminals in Europe. The emergence of LNG regasification terminals in the region has not changed the fundamental market conditions, however, it has connected the region to the globalising LNG markets, pipeline was completed by autumn 2021, the

EVOLUTION OF NATURAL GAS PRICES

The second half of 2021 saw a rapid rise in European gas prices. LNG prices were driven up by large purchases by East and South Asian countries, while in Europe, demand was boosted by the rapid recovery from the pandemic and the replenishment of stocks. In contrast, in Europe, supply was reduced by the shutdown of Dutch gas fields and by Gazprom selling less gas on the free market than before. Furthermore, although the Nord Stream 2 pipeline was completed by autumn 2021, the

the already high inflationary pressures. Persistently high energy prices are adding to rise since February 2022, hovering in the EUR 80–130/MWh range until mid-2022. Western European market have continued the embargo policy, natural gas prices on the In the wake of the war and the news of thus contributing, among others, to high the free market in the period so far in 2022, Russian company has reduced its sales on gas market. It should be noted that the backfire, as Russia risks losing its European raise sales prices, nevertheless, this could imports. Decreasing natural gas exports may in response to new restrictions on its own to halt, i.e. Russia itself could reduce its sales The other party could also cause imports market.

provision that any charges different from those offered must be justified, and the assumptions made when determining the charges must be explained. This helped to ensure that the principle of equal treatment was applied. Every spring and autumn, ENTSOG carries out a thorough modelling exercise to assess the EU's expected gas supply.

B One or the other of two narratives, which contradict each other in many ways, prevails in the EU climate and energy policy.

NATURAL GAS IS PART OF THE SOLUTION, A USEFUL TOOL TO SOLVE THE PROBLEM.

Being the cleanest fossil fuel, natural gas is of strategic importance. It is the main driver for the expansion of renewables in the energy transition. The International Energy Agency (IEA), in its 2011 World Energy Outlook, wrote about the golden age of gas (IEA WEO 2011 Special report).

NATURAL GAS IS PART OF THE PROBLEM.

The decarbonisation agenda calls for all fossil fuels to be phased out as soon as possible. Instead, electrification and the use of hydrogen gas should be promoted. In this context, the strategic role of the EU's gas supply has faded. A shift to green policies was announced at the World Economic Forum in Davos in 2019. In December 2019, the EU Green Deal was launched, with a focus on achieving carbon neutrality as soon as possible. In 2020, the EU Taxonomy Package (EU classification system) was issued.¹³

THE IMPACT OF THE RUSSIA–UKRAINE WAR

On 24 February 2022, Russia launched a military attack against Ukraine. The main parts of

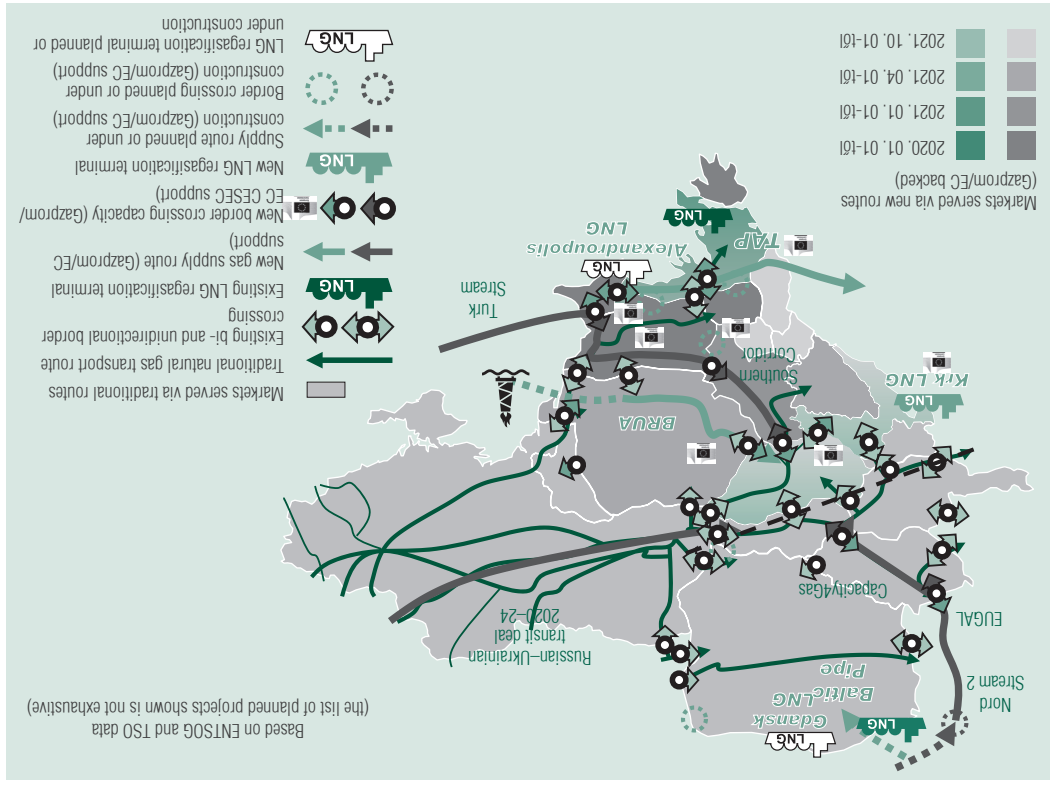
the natural gas network have so far not been affected by the war. The Western world has imposed a series of sanctions on Russia due to the war. Concerning this study, the main question is how the natural gas system and transport will be affected. As a result of Russia's recognition of the two Donetsk People's Republics, Germany withheld the approval of the Nord Stream 2 pipeline as early as February 2022. Most of the economic sanctions relate to what Western countries (including the EU) do not sell to or buy from Russia. Within the EU, there is an agreement to ban sea imports of Russian oil, however, the EU has not (so far) sought to stop importing gas. The main issue for gas supply in Europe is whether the EU can get enough natural gas in the summer to fill up its storage facilities for the next heating season. Parenthetically, Gazprom has and will continue to supply the contracted quantities of gas even during the war. Overall, Europe-an gas supply cannot be solved without Gazp-rom even in the medium term, as the capacity of LNG terminals and the volume of world LNG exports will only allow Europe to obtain a finite amount of LNG.

The EU's new gas strategy rethinks LNG sources, which is likely to lead to a shift to LNG imported from the US. A pan-European strategic gas procurement policy is going to be developed, and a storage policy has been agreed upon. The latter will require storage capacity in the various countries to reach 80%, or 30% in proportion of average consumption by November 2022. By 2023, 90% of storage capacity should be filled.

The EU decided in the summer of 2022 to reduce gas consumption by 15% (compared to 2021 levels). Although it is not binding on individual member states, if the EU decides that there is a gas emergency, each state must reduce consumption by at least 15% (such an emergency requires 55% of votes in the EU).

Figure 4

CHANGES TO GAS SUPPLY ROUTES IN THE CENTRAL AND SOUTHEASTERN EUROPEAN REGION FROM 01.10.2021



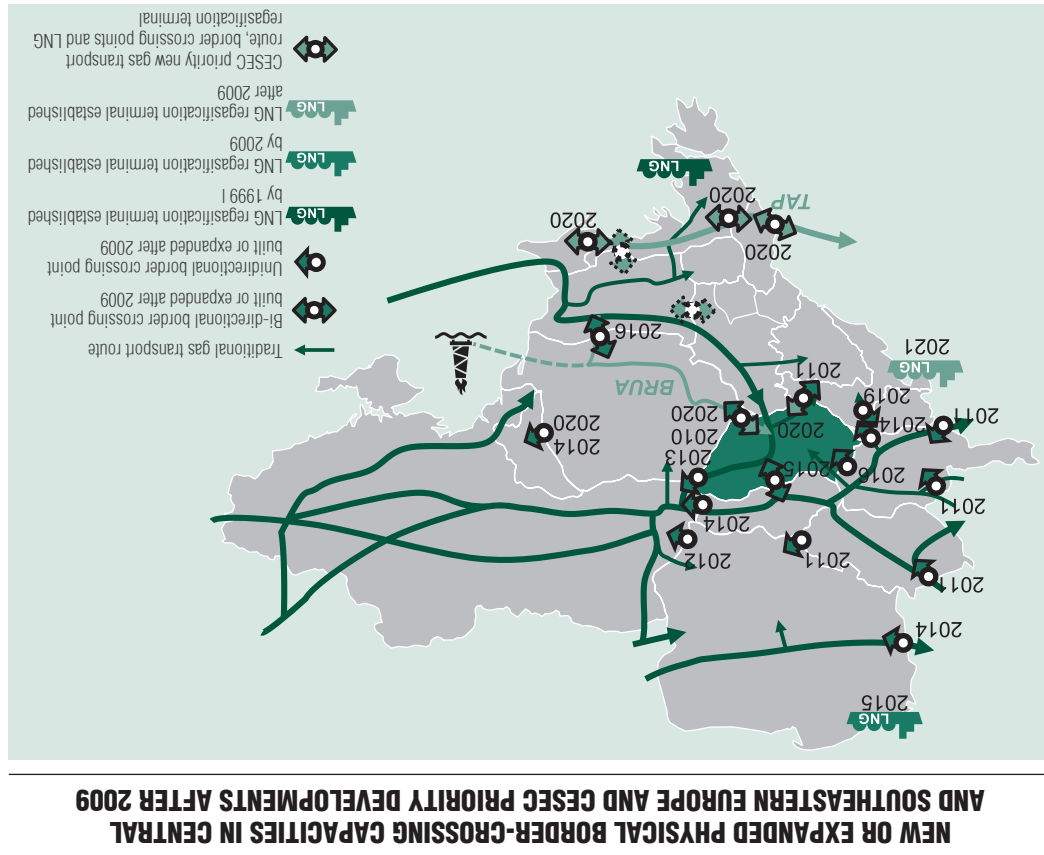
Source: based on ENTSG (the list of planned projects is not exhaustive), https://www.entsog.eu/sites/default/files/2021-11/ENTSG_CAP_2021_A0_1189x841_FULL_066_FLAT.pdf

projects, prioritised them (PCI¹² and CESEC lists), created measure packages to safeguard the security of natural gas supply (SOS Regulations 2010 and 2017), and established a strategy for LNG and storage to be renewed every 2–3 years.

A system of authorising the companies operating the network (transmission system operators, TSOs) was introduced to filter out the presence of entities with ownership links to each other. The network code system regulates how much can be charged for using the pipeline. From 2017, the cost plus profit method has been chosen, with the

ownership group. Competition across borders was limited. Gas prices depended on the price of oil, and market entry was hindered by long-term contracts. The observations of the survey gave way to the change brought about by the Third Energy Package in 2009. It stated the need for ownership unbundling between pipeline (and storage) operators and suppliers. ACER (the Agency for the Cooperation of Energy Regulators) was established to manage the national authorities. National regulators were to be independent entities from governments and parliaments. The EU supported gas source and route diversification

Figure 3



Source: own edit based on ENTSOG, <https://www.entsog.eu/maps/#system-development-map>

security, as energy management was within the member states' competence. The Treaty of Lisbon marked a turning point. It was declared that energy management is a shared responsibility, i.e. member states and the EU are jointly responsible for energy strategy and management. It was stated that the EU could have duties related to energy solidarity. Since the 1990s, the liberal philosophy has been dominant in Western Europe. The interconnection of previously isolated national systems and the proclamation of freedom of market entry were expected to bring lower prices and greater security of supply. Gas market liberalisation was based on the use of 3 main instruments:

- interconnection of national networks with high-capacity pipelines for bi-directional transport;
 - unbundling (ownership unbundling between pipeline and storage operators and suppliers);
 - freedom of access to the network.
- The second energy package (2003) aimed to speed up the creation of a competitive gas market. In line with requirements, the main framework for a competitive gas market was established. In 2006, a survey was conducted on the functioning of the gas market. According to *Hancher and Salerno* (2017), this showed that pipeline and storage operators occasionally favoured companies in their

MARKET BUILDING AND THE EU'S CLIMATE AND ENERGY POLICY NARRATIVE

Market building

For a long time, the EU could only make recommendations on energy supply and

infrastructure developments in the region on seven major projects. These projects (including Krk LNG, TAP, BRUAI) have also been completed, with two exceptions (IGB, IBS11). *Figure 3* shows the border crossing points and priority CESEC developments. Nine new points connecting markets have been built. Their potential transport volume in both directions is 95.9 billion m³/year. The new LNG terminals have a capacity of 7.6 billion m³/year. *Figure 4* shows how natural gas supply routes have changed since October 2021.

Hungary will now receive Russian gas from the south, and the two Czechoslovak successor states will receive gas from Russia via pipelines running through eastern Germany when Nord Stream 2 comes on stream. Hungary is hoping for reduced consumption as a result of residential energy saving measures, while in the Czech Republic, coal-based power plants will be partly replaced by natural gas-fired plants. All four countries are connected by pipeline to Baumgartner in Austria, where a large natural gas distribution centre is located. By 2021, our region completed the infrastructure development supported by the EU to promote security of supply and diversification of gas sources and routes. The isolation of individual national markets is more and more a thing of the past. The 2015 Central and South Eastern Europe Energy Connectivity (CESEC) initiative concentrated the planned regional gas

Source: NS Energy <https://www.nsenergybusiness.com/projects/krk-lng-terminal/>

Type of the terminal	Annual capacity (billion m ³)	In operation from	CAPEX (million EUR)	Project owner	CEF support (million EUR)
Floating Storage Regasification Unit (FSRU)	2.6	1 January 2021	234	LNG Croatia LLC	101.4

THE KRK LNG REGASIFICATION TERMINAL

Table 6

Source: NS Energy, <https://www.nsenergybusiness.com/projects/trans-anatolian-natural-gas-pipeline-tanap/>

Pipeline	Annual capacity (billion m ³)	Pipeline length (km)	In operation
SCPX	25	692	29. 05. 2018
TANAP	16	1 850	12. 06. 2018
TAP	10	878	31. 12. 2020

THE SOUTHERN GAS PIPELINES

Table 5

possible to meet the country's gas needs from

sources outside Europe.

Three developments over the last 5–6

years have redefined the Balkan countries' gas

supply:

▶ Most significantly, the TurkStream

pipeline brings 12 billion m³ of Russian gas

per year to the region.

▶ The other is the construction of a pipeline

that takes production from an Azerbaijani

gas field to the Balkans and southern Italy.

The Southern Gas Corridor, which channels

10 billion m³ per year of Shah Deniz 2's gas

production from Azerbaijan to Italian and

Balkan markets, was fully operational by 31

December 2020 with the introduction of the

Trans Adriatic Pipeline (TAP), operated by

TAP AG.

The Southern Gas Corridor covers about

20% of the Greek annual consumption, 33%

of the Bulgarian and 8–10% of the Italian

consumption. This does not undermine

Gasprom's dominance, however, locally, it is

a strategically important diversification. In

July 2022, the EU agreed with the Azerbaijani

government to gradually increase its gas

purchases to 25 billion m³/year by 2027.

▶ The third is the construction of two

LNG regasification plants (Krk, in Croatia, is

completed, and Alexandroupolis, in Greece, is

under construction). The recently announced

expansion of the Krk terminal should also be

mentioned: it already has a total capacity of

2.9 billion m³, and could reach 6.1 billion m³

by 2026.

A better connection to the transit pipelines

is going to provide an opportunity to increase

consumption. This will partly mean connecting

new residential customers (e.g. in Bulgaria),

and partly help to replace district heating

plants in housing estates with combined cycle

gas power plants.

Figure 2 shows the route of the Southern

Gas Corridor pipelines.

Table 5 shows the characteristics of the 3

new pipelines built from the south. In 2021,

the Krk LNG regasification terminal with

the following characteristics was put into

operation; Table 6 shows its main data.

The four central countries in the region (the

two Czechoslovak successor states, Hungary

and Slovenia) have so far used Russian gas,

which they received from the east via a pipeline

through Ukraine. Now this could change.

THE SOUTHERN GAS CORRIDOR

Figure 2



Source: own edit

Bringing this amount of gas into production would ensure that the country does not need to import for decades. Over the last 15 years, Ukraine has been known to be dependent on gas from Russia, however, the parties have been unable to agree on a price. One of Ukraine's trump cards was to shut down the transit pipeline going through the country, so that other countries do not receive Russian gas. In 2009, it did just that, what is more, in winter. In fact, a high-capacity gas pipeline crosses Ukraine, and the foreign exchange revenue from transit is 3% of Ukraine's GDP. Blocking the transit pipeline has been the main motivating factor for Russia to construct high-capacity pipelines to supply Europe north and south over the past 12 years. The dispute between the two countries (and their gas companies) was settled by a deal in 2018. As part of the 'peace agreement' between Gazprom and the Ukrainian government, Gazprom signed a 'ship-or-pay' agreement with the Ukrainian company for the period 2021–2024, under which it has to pay even if it does not deliver through the Ukrainian pipeline. Gazprom agreed to transit 40 billion m³ of natural gas per year through Ukraine on a ship-or-pay basis from 2021 to 2024.

In late February 2022, war broke out between Russia and Ukraine. In the case of Ukraine, the expected demand for natural gas after the end of the war and the hoped-for reconstruction can only be discussed in hypothetical terms. Industrial gas consumption could increase if the situation returns to normal. The amount of natural gas required for construction materials is expected to be particularly high.

In the Balkan countries, natural gas consumption is relatively low on average. Until now, they have mainly used Russian gas¹⁰, with only Croatia having significant gas production (which covers a third of their needs). An LNG port near Athens has made it

best.⁸ Although, a few years ago, negotiations were underway about a Hungarian purchase, we do not see Neptun Deep as a source of Hungarian gas supply in the medium term. At any rate, up until 2030, Hungary may receive a maximum of 1 billion m³ of gas, which may of course contribute to Hungarian source diversification, but will not change the baseline situation.

Poland covers a quarter of its natural gas demand from its own production of 5 billion m³ per year. Under the EU Green Deal, the Polish government committed to phasing out coal-based energy production; the new energy mix would be based on a trio of natural gas, nuclear power and renewables. The Warsaw government forecast a 60% increase in natural gas consumption over a 10-year period. Before the Russia–Ukraine war, the Polish government made an about-turn regarding imports. While until 2021, natural gas from Russia was the main source, from 2022, it is replaced by Norwegian pipeline gas and LNG (mainly from the US and Qatar). To this end, a large LNG regasification plant has been built in Swinoujście, which will be further expanded. The Baltic Pipe pipeline, which is able to transport 10 billion m³ of Norwegian gas per year via Denmark, will come on stream in 2022.

Over the past 10 years, the Polish pipeline network has been interconnected with the Slovak, Lithuanian⁹ and Czech networks. A high capacity north–south pipeline has been built in the eastern part of the country. The natural gas storage system is also being developed. The substitution of natural gas for coal, which is widely used today, could lead to an increase in the use of natural gas in industry. Ukraine may be self-sufficient regarding natural gas. It has a large consumption (30 billion m³ per year), but also a significant production (20 billion m³), furthermore, it has an explored gas reserve of 1,000 billion m³.

Table 4

NATURAL GAS SITUATION IN CENTRAL AND SOUTHEASTERN EUROPE (2020, BILLION M³)

Countries under review	Production	Consumption	Gazprom import
Bulgaria	0.1	3	2.3
Czechia	0.2	6.9	4
Croatia	0.9	3.2	1.8
Greece	0	6	3.1
Hungary	1.7	10.7	8.6
Poland	5.6	21.2	9.7
Romania	9	12.1	1
Slovakia	0.1	5	7.6
Slovenia	0	0.9	0.4
Bosnia and Herzegovina	0	0.2	0.2
North Macedonia	0	0.1	0.3
Moldova	0	3.1	3.1
Serbia	0.4	2.7	1.4
Ukraine	19.5	29.8	0
Austria	0.8	8.8	13.2

Source: Eurostat; Gazprom, 2020

from Russia. In 5 years, Gazprom achieved considerable flexibility regarding the supply of gas, as it can supply its regional markets from Ukraine via a dedicated route, in addition to its established alternative pipelines. In Gazprom's publications, export data by country are available for 2020, and for the sake of consistency, we have included production and consumption data for the same year in the other two columns of the table.

Gas supply in each area of the region

Romania imports little gas today, and will be self-sufficient in the future. Natural gas consumption is expected to increase slightly over the next 10 years, as gas-fired power plants are going to help replace the lignite from Russia. In 5 years, Gazprom achieved considerable flexibility regarding the supply of gas, as it can supply its regional markets from Ukraine via a dedicated route, in addition to its established alternative pipelines. In Gazprom's publications, export data by country are available for 2020, and for the sake of consistency, we have included production and consumption data for the same year in the other two columns of the table.

Gas supply in each area of the region

Romania imports little gas today, and will be self-sufficient in the future. Natural gas consumption is expected to increase slightly over the next 10 years, as gas-fired power plants are going to help replace the lignite from Russia. In 5 years, Gazprom achieved considerable flexibility regarding the supply of gas, as it can supply its regional markets from Ukraine via a dedicated route, in addition to its established alternative pipelines. In Gazprom's publications, export data by country are available for 2020, and for the sake of consistency, we have included production and consumption data for the same year in the other two columns of the table.

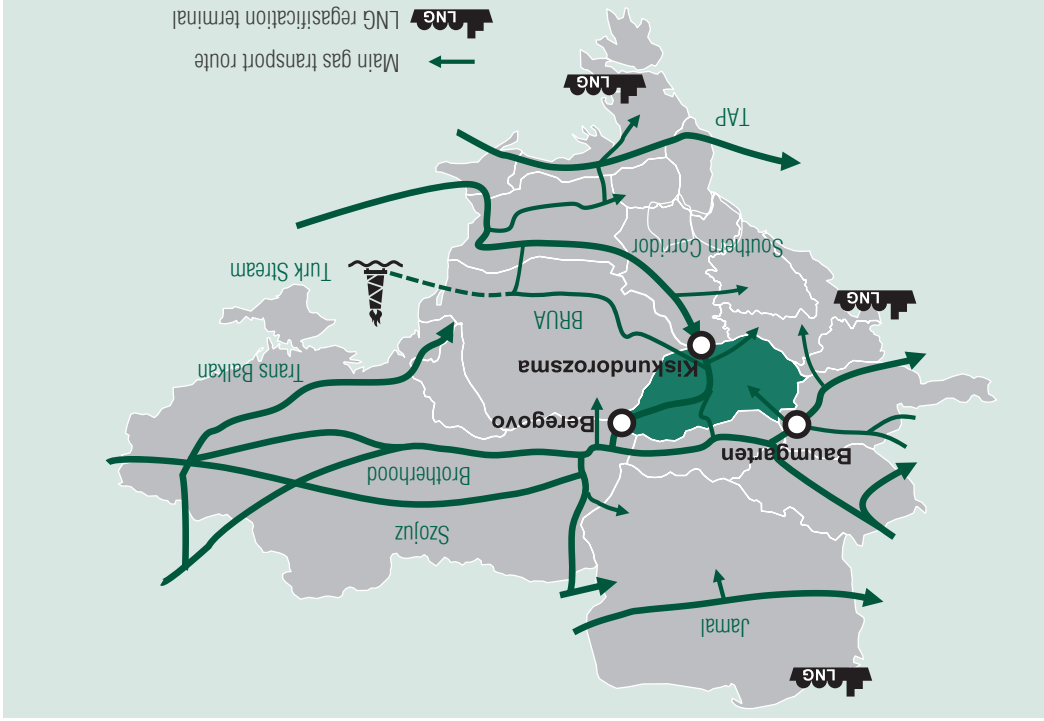
Large gas fields along the Black Sea coast of the country are coming on stream. The programme was launched at the end of 2021 by involving the Midia and Ana Doina fields, with an annual production of 1 billion m³, in the production. Due to its 440 billion m³ of recoverable assets, Neptun Deep is of much greater importance. In this case, start-up is also delayed by regulatory debates, as a result of which Western companies are cautious about investing in production. Production is expected to start in late 2026 or early 2027 at

Figure 1 shows the main gas import pipelines to Central and Southeastern Europe. The region has excellent natural gas storage infrastructure for its winter consumption, however, for geological reasons, 85% of the capacity is concentrated in Ukraine and Central Europe (half of it in Ukraine). For the time being, the LNG regasification capacity in the region is largely of local importance. Nevertheless, at a local level, they represent a real and strategic source and route diversification perspective and additional liquidity. *Table 4* shows how much gas each country purchased from Gazprom, in addition to their production and consumption. Austria is also included in order to demonstrate that some countries re-export some of the gas they buy

and route diversification have been part of the region's political agenda for 15 years. Various ideas have emerged in the wake of the halt of transit through Ukraine in 2009. One approach focused on building such connections whereby Russia would not be forced to transport through Ukraine. The main idea behind another approach was to diversify the region's gas supply by building pipelines to new natural gas sources. An important pipeline construction programme was the 10-year development plan to interconnect the pipeline systems of individual countries with high-capacity interconnectors to create an interoperable gas market, thus ensuring the flow of gas in both directions. The EU provided considerable amount of subsidies for these investments.

Figure 1

CURRENT MAIN GAS SUPPLY ROUTES IN THE CENTRAL AND SOUTHEASTERN EUROPEAN REGION



Source: own edit

DEVELOPMENT OF THE NATURAL GAS NETWORK

Around 70% of the region's annual net import needs are met directly by Gazprom, however, the majority of the remaining import needs are also covered by Russian sources. Source

Table 3 shows the weight of each type of energy in gross available energy by country in 2020. At 23%, the average share of natural gas in the region is similar to that of Western Europe. The rate is highest in Hungary and significantly above average in Ukraine, Croatia and Romania.

Table 3

DISTRIBUTION OF GROSS AVAILABLE ENERGY (2020, %)

Countries, regions under review	Coal	Petroleum and petroleum products	Natural gas	Renewable energy sources	Waste	Atomic heat	Electricity
Bulgaria	24	25	14	14	0	24	-2
Czechia	30	21	18	13	1	19	-2
Greece	8	52	22	15	0	-	3
Croatia	4	34	30	26	0	-	5
Hungary	6	29	34	11	1	15	4
Poland	40	29	17	13	1	-	1
Romania	11	30	30	19	1	9	1
Slovenia	16	33	11	18	1	23	-3
Slovakia	14	22	25	13	1	25	0
Montenegro	38	33	-	29	-	-	1
North Macedonia	29	38	11	14	-	-	8
Albania	7	44	2	38	-	-	9
Serbia	51	23	13	16	0	-	-0
Bosnia and Herzegovina	56	22	2	24	-	-	-5
Kosovo	58	28	-	15	-	-	-1
Moldova	3	34	28	24	-	-	11
Ukraine	26	16	28	6	1	23	-0
EU states of the region	25	29	21	14	1	9	1
Non-EU countries	31	19	23	10	1	17	0
The region together	27	26	22	13	1	11	1
Western Europe	7	36	24	18	1	14	-0

Note: distribution of the weight of each type of energy in crude oil equivalent, in %

Source: Eurostat, https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nu/show.do?dataset=eng_bal_s&lang=en

NATURAL GAS CONSUMPTION IN EACH GROUP OF THE REGION AND THE WESTERN EU COUNTRIES (2020)

Table 2

Share of electricity generated from natural gas (%)	Final consumption, for energy		Total domestic consumption m ³ /capita	Countries, groups of countries under review
	Industrial m ³ /capita	residential m ³ /capita		
				Western Europe*
				Benelux states
				Northern countries**
				Baltic states
				France
				Germany
				Italy
				Austria
				The rest of the Western EU member states
				Together
				Central and Southeastern Europe
				Poland and Czechia
				Countries in the middle part of the region***
				The Balkans, except for Greece
				Greece
				Ukraine and Moldova
				Together

Notes: *EU states, except for EU states in the region. **Denmark, Sweden, Finland. ***Romania, Hungary, Croatia, Slovakia, Slovenia
Source: author's calculations based on Eurostat data

The structure of natural gas consumption in the countries of the region can be divided into three types. The first is the dominance of industrial consumption in Bulgaria and Slovenia, the second is Moldova, where the majority of natural gas is consumed by the population, and the third is Greece, where power plant use prevails (for generating electricity).

Industry used half of the 2012–2013 level). However, natural gas consumption in Poland and Greece has increased. It should also be noted that, compared to 2004, there has been a slight decrease in consumption in countries with significant natural gas-fired power plants. In recent years, these have been less able to compete on price with lignite power plants in the unifying European electricity market.

62% of the Western European EU average.⁵ Interestingly, the line of the rivers Danube and Sava divides the region into two parts. To the north, consumption is above average, while to the south, the indicator is significantly below average (with the exception of Greece, where consumption is average). Power plants in the region use 40% less gas (per capita) than those in Western Europe. The average per capita consumption of natural gas from power plants is 168 m³. This indicator is significantly above average in Greece, as well as Slovenia, Hungary, Ukraine and Croatia. However, per capita consumption is only half to a third of the average in Poland, Bulgaria, Moldova, Slovenia and Serbia. Approximately a third of the natural gas consumed by the power plant sector in the region is used to meet the energy needs of the population (district heating and hot water).

The industry in the region uses half the specific level of Western Europe. In Slovenia and the Czech Republic, consumption levels are double the average. However, this indicator is only one third to one fifth of the average in Greece, Moldova and North Macedonia.

Residential use is less than two-thirds of that in Western Europe, and commercial use is only 40% thereof. This indicator is average or above in the middle part of the region. The indicators for Moldova and Poland are somewhat lower. Residential gas consumption is around half the average in Slovenia, Bulgaria and Serbia. Consumption is also low in the other Balkan countries.

It should be taken into account that district heating using natural gas is also mainly used for fulfilling the energy needs of the population. For this, the region uses 10–11 billion m³ of gas per year, on average a third of the gas used by the population. This number is higher where at least 80% of the district heating sector's energy source is natural gas (Ukraine, Moldova, Hungary, Serbia). The high residential gas consumption figures for Romania, Moldova and Ukraine are sometimes deceptive, as a significant proportion of it is for heating multi-apartment buildings that were still connected to district heating in 1990.

The lower level of residential use of natural gas is due to the fact that the heating of buildings in areas with detached houses and rural areas is traditionally provided by wood or coal. The disadvantage is that these methods emit a lot of particulates, nitrogen oxide, carbon monoxide etc. into the air in winter, polluting the air of that area. Of the top 50 most polluted cities in Europe, 47 are in the region (35 in the Western Balkans and 7 in Poland).⁶

Non-energy use (as chemical feedstock) in the region is 44 m³/year per capita, higher (by 37%) than in Western Europe. Another minor items are the energy sector's own consumption⁷ and the energy needed to operate pipelines.

Table 2 shows the characteristics of natural gas consumption in western EU countries and for each group in the region. It can clearly be seen that the Benelux countries, Germany and Italy consume a considerable amount of gas. However, the northern states use little natural gas.

Changes in the consumption of natural gas over the last thirty years indicate an equalisation trend in the region. Consumption fell in Ukraine and Romania, which used to be heavy users, but increased in Poland, which used to be a light user, while Greece appeared as a new consumer.

The consumption of natural gas in the region generally demonstrates a high degree of stability over time. Ukraine's gas consumption has fallen by a third compared to 2004. From 2014 onwards, the IMF has been encouraging a reduction in the massive subsidies on gas and district heating, resulting in a drop in consumption (in 2020, the population and

generation. On the other hand, with relatively low income levels in Southeastern Europe, there were not enough resources to switch from coal or wood to gas.

In 2020, total gas consumption in the Central and Southeastern European region of 161 million inhabitants was close to 116 billion m³, and total domestic production was 38 billion m³. All the markets in the region are net importers, only Romania and possibly Ukraine have self-sufficiency potential in terms of natural gas. Western Europe, however, used 329 billion m³ a year, producing only 38 billion m³ and importing the rest.

Natural gas consumption

Table 1 shows the gross energy available per capita, and the sectors that used it in 2020. On the Eurostat website, 2020 data were available concerning the sectoral breakdown of natural gas consumption, the indicators were calculated from these.

Per capita consumption in the region is only

NATURAL GAS CONSUMPTION (2020)

	Available (m ³ /capita)	Power plant sector (m ³ /capita)	For non-energy purposes (m ³ /capita)	For industrial energy purposes (m ³ /capita)	For residential energy purposes (m ³ /capita)	Trade etc. (m ³ /capita)	For the operation of pipelines (m ³ /capita)
Bulgaria	381	129	23	167	17	15	5
Czechia	766	197	10	260	214	111	4
Greece	495	321	38	63	51	14	0
Croatia	698	212	109	132	147	54	0
Hungary	988	249	62	193	381	120	6
Poland	507	91	60	139	112	33	10
Romania	546	149	26	156	173	43	0
Slovakia	837	198	79	206	258	73	15
Ukraine	629	242	60	92	178	22	17
Slovenia	406	81	3	293	62	14	0
Serbia	297	102	22	74	43	29	0
Moldova	267	108	0	32	134	26	1
North Macedonia	147	125	0	23	0	3	0
The region together	546	168	44	128	145	38	8
Western Europe	876	283	32	254	241	97	3
Region/Western Europe (%)	62	59	137	50	60	40	281

Source: author's calculations, based on Eurostat data

WEO, 2011), proclaiming the coming of a golden age of gas. The other side of the coin is greatly illustrated by the EU's climate and energy policy strategy, published in 2019, which proclaimed the absolute priority of renewables (Clean energy for all Europeans). *Jirusek* (2017) specified which of the planned pipeline projects from the East to the region were implemented (with or without modifications) in the past one and a half decades, and which were not built in the end. The study by *Hanicher and Salerno* (2017) presented the results of the 2006 EU energy sector survey. *Sznlecki* (2016) drew attention to a trend in the EU's energy governance. He stated that the EU will gain more and more leverage (over member states) by instructing them what energy and climate plans to make and what indicators to include. *Stern* (2019) suggested that the scope for competition in the gas market is likely to be significantly constrained by the EU's climate policy expectations. In his view, although the EU created a competitive natural gas market 10–12 years earlier, today it restricts competition. The energy structure and policies of the Balkan countries differ considerably, though which the importance of certain areas of strategy change was demonstrated by *Deak et al.* (2021). In the case of the Visegrad countries, it should be highlighted that their energy strategies largely outlined the issues of shifting away from coal. In the 2020 decade, for example, gas consumption in the Czech Republic was expected to rise by 20%, and in Slovakia by 5%.² The analysts of Ukrainian gas sector pointed out that in the past, gas and district heating services received a considerable amount of subsidies.³

A relatively large amount of information on changes in the region's energy sector can be found in the EU's DG Energy studies and in publications by the Regional Centre for Energy Policy Research (REKK).

COMPARING THE NATURAL GAS SECTOR IN THE REGION AND WESTERN EUROPE⁴

The region under review includes the former socialist countries of Central Europe, the Balkans and Ukraine (the three Baltic countries are excluded). The reason for the examination of this region together is that through gas pipelines, these countries' energy sectors are linked.

The article, using indicators based on energy data, demonstrates how much natural gas is used in the region and in each country, and how it is divided between the various uses. The data are obtained from EU and national energy organisations, and from Gazprom. Recent data for 2020 can be found on the Eurostat website, while data for the future is provided by the European Network of Transmission System Operators for Gas (ENTSO-G).

The article describes the regulatory changes in the EU, and analyses which infrastructure projects have helped to improve the supply of natural gas. It summarises the impact of the region's energy targets for the next decade on natural gas demand.

Natural gas consumption was very low in two countries (Bosnia and Herzegovina and Albania), while in Montenegro and Kosovo, there is no natural gas. These countries are not shown in the tables, however, their data are included in the calculation of the regional indicators.

In Central and Southeastern Europe, the role of gas is less important than in Western Europe. There are historical and developmental reasons for that. On the one hand, some countries in the region, due to their mining resources, have relied on coal for electricity

METHOD

The economic literature on natural gas supply in the region is extensive. Regarding the expected trends in natural gas consumption, network construction and the market impact of regulatory changes, the following can be highlighted:

- publications on energy strategy;¹
- regulatory changes required or expected by the EU,
- plans concerning infrastructure projects and their implementation.

With regard to the role of gas, on the one hand, there is the 2011 IEA report (IEA

LITERATURE REVIEW

increasingly seeks to have a say in who uses what energy source. Moreover, Russia, one of the region's major gas suppliers, has been at war with a country in the region since February 2022. This article examines the level and structure of consumption in the region. It explains that the rules adopted by the EU have created a frame towards a unified gas market by providing access to the use of the network. It analyses the network developments of the last 15 years, and the construction of LNG ports. The high energy prices, partly due to the war between Russia and Ukraine, are inducing both the population and the energy-intensive industries to replace less efficient energy sources with gas or electricity as soon as possible. Furthermore, the availability of natural gas will influence its further expansion and use. We asked two questions. One: How have the gas supply routes to Central and Southeastern Europe changed over the past 15 years? Two: How do natural gas consumption and infrastructure in the region differ from those in Western Europe?

Gas consumption and its source are a strategic issue for all European countries. For 40–50 years, natural gas has been used in large quantities by several sectors: electricity and heat production, industry and the population. In this part of Europe, natural gas is mostly transported through pipelines, and in the winter, peak consumption generated by heating is met by storing gas extracted in the summer underground. The maritime transport of liquefied natural gas (LNG) has also been playing an increasing role in international trade for three decades. There is a strong link between electricity and natural gas prices: in the past 15 years, the price of electricity in the EU has been determined by the cost of electricity produced by gas-fired thermal power plants. Although 20 years ago, large, integrated and usually state-owned energy companies were responsible for transporting, storing and supplying gas to consumers, today, all of this is done on a market basis, where gas traders are able to transport gas between countries without restraint. This article is about the consumption of natural gas in Central and Southeastern Europe. Since the construction of eastern natural gas pipelines in the 1970s, gas import from Russia has dominated the supply of Central and Southeastern Europe (with the exception of two larger countries). In the past two decades, the consumption and transport of natural gas in the region have been and still are highly politicised issues. On the one hand, the new climate policy concepts and agreements announced 3 years ago have a considerable impact. On the other hand, the countries' internal political conflicts also affect the supply of natural gas. Instead of actively shaping these issues, the region rather suffers from them. In 2009, Ukraine blocked the natural gas transit pipeline passing through the country. The EU's climate policy

Natural Gas in Central and Southeastern Europe: Market Unification and New Challenges

Andras Giday

Public Finance Quarterly

andras.giday@gmail.com

Laszlo Fritsch

MVM CEEnergy Ltd.

fritsch.laszlo@ceeenergy.hu

SUMMARY

Gas consumption and its source are a strategic issue for all European countries. Our study examines the consumption of natural gas in Central and Southeastern Europe, the level and structure of consumption in the region, and analyses the network developments and the construction of LNG ports over the past decade and a half. The rules adopted by the EU created a unified market by providing access to the use of the network. Since the construction of natural gas pipelines in the 1970s, gas imports from Russia have played a dominant role in the supply of Central and Southeastern Europe. In the last 10–2 years, further large capacity pipelines have been built from the east to Europe, which created an opportunity for new connection points for the countries in the region. With the interconnectors built between the individual countries of the region, the market of the region can be now considered unified, where access to the network is provided at moderate costs. At the same time, the consumption and transport of natural gas in the region have been and still are highly politicised issues. On the one hand, the new climate policy concepts and agreements announced have a considerable impact and, on the other hand, geopolitical tensions also affect the transport of natural gas. In 2021, an increase in consumption was still likely. This was due to the fact that the states in the region wished to shift from coal-fired power plants to electricity generation based on a combination of renewables and natural gas, while the new southern pipelines in the Balkans would have allowed for greater imports than before. In the changed circumstances, the previously planned level of natural gas use is expected to be reduced. High prices and the fact that access to Russian gas imports may even be limited due to the atmosphere reminiscent of the Cold War are also factors that point in this direction.

KEYWORDS: Trade Policy, Hydrocarbon Fuels, Gas Utilities and Pipelines, Energy, Macroeconomy

JEL CODES: F13, L71, L95, Q43

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_3

MAVIR (2021). *mavir.hu*. https://www.mavir.hu/documents/10258/240293410/BT_2015-20211231!ig_BR+NT_HU.pdff/dae14d8-ffe6-e4fa-d98f-bf7a92f74e1a?e=1642080079547

MEKH (2022). *Hungarian Energy and Public Utilities Regulatory Authority (MEKH), production data* Source: http://www.mekh.hu/download/8/0e/01000/4_2-bruto_villamos_energia_termeles_eves_2014_2020.xlsx

MVMPAKSII.ZRT. (2020). *PAKS2 environmental impact study*. Source: <https://www.paks2.hu/documents/20124/60046/1-8.+fejzert++K%C3%B6nyvezeti+Har%C3%A1stanulm%C3%A1ny.pdf/b319ea87-14ba-5e94-22bd-4bfbbc2a2728>

UK Department of Business, E. a. (2021). *Hydrogen Production Costs 2021*. Source: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1011506/Hydrogen_Production_Costs_2021.pdf

U.S. Department of Energy. (2020, December 08, 02, 2022). *pnl.gov*. Source: <https://www.pnl.gov/sites/default/files/media/file/Final%20-%20ESGC%20Cost%20Performance%20Report%2012-11-2020.pdf>

PVGIS, E. S. (2022, 01 05, 01, 2022). *Photovoltaic Geographical Information System*. Source: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en

- photovoltaic modules. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 17:4, pp. 227–240
- SOLTANI, S., YARI, M., MAHMOUDI, S. M. S., MOROSUK, T., ROSEN, M. A. (2013). Advanced exergy analysis applied to an externally-fired combined-cycle power plant integrated with a biomass gasification unit. *Energy*, pp. 775–780, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.07.038>
- SOSPINO, R., NIRBI, L., LISCIO, M. C., LUCIA, M. (2021). Cost and Benefit Analysis of Pumped Hydroelectricity Storage Investment in China. *Energies*, 14, pp. 1–20, <https://doi.org/10.3390/en14248322>
- STECKEL, T., KENDAL A., AMBROSE, H. (2021). Applying leveled cost of storage methodology to utility-scale second-life lithium-ion battery energy storage systems. *Applied Energy*, 117309, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117309>
- STOCKS, M., STOCKS, R., LU, B., CHENG, C., BLAKERS, A. (2021). Global atlas of closed-loop pumped hydro energy storage. *Joule*, 5, pp. 270–284, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.11.015>
- SUBIR, K. (2016). *ESMAP: Energy Sector Management Assistance Program: Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Mitigation*. Source: Wordbank.org
- SUI, X., SWIERCZYŃSKI, M., TEODORESCU, R., STOE, D. I. (2021). The Degradation Behavior of LiFePO₄/C Batteries during Long-Term Calendar Aging. *Energies*, pp. 1–16, <https://doi.org/10.3390/en14061732>
- WALT, A. M. (2017). Geothermal costs of capital: Relating market valuation to project risk and technology. *GRC Transactions*, 441.
- ZHANG, D. C. (2021). Life-Cycle Economic Agency. 2020. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA. (2021). *Renewable power generation cost 2020*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- HUPX. (2022). *HUPX historical data, 2021*. Forrás: <https://hupx.hu/en/market-data/dam/historical-data/>
- EUR-Lex: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
- European Council (2018). *EUR-Lex*. Source: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&format=PDF>
- European Commission (2020). *EUR-Lex*. Source: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=celex:32018L2001&format=PDF>
- EON (2022. 01 08.01.2022). *con.hu*. Source: https://www.eon.hu/content/dam/eon-hungary/documents/kiseroemuvek-csatlakozasi-lehetoseg/EED_geromu.pdf
- EON (2022. 01 08.01.2022). *con.hu*. Source: https://www.eon.hu/content/dam/eon-hungary/documents/kiseroemuvek-csatlakozasi-lehetoseg/EDE_geromu.pdf
- EON (2022. 01 08.01.2022). *con.hu*. Source: https://www.eon.hu/content/dam/eon-hungary/documents/kiseroemuvek-csatlakozasi-lehetoseg/EDE_geromu.pdf
- 11/szet_helyzete_magyarorszagon.pdf
- Mosonyi: Emil emlékfű*. Source: https://www.bitesz.hu/wp-content/uploads/2016/11/szet_helyzete_magyarorszagon.pdf
- BME, Energetikai Szakkollégium (2016). *Mosonyi: Emil emlékfű*. Source: https://www.bitesz.hu/wp-content/uploads/2016/11/szet_helyzete_magyarorszagon.pdf
- Sustainable Energy Reviews, 82, pp. 1261–1771, <https://doi.org/10.1016/j.ser.2017.09.100>
- ZIEGLER, L., GONZALEZ, E., RÜBERT, T., SMOJKA, U., METERO, J. (2018). Lifetime extension of onshore wind turbines: A review covering Germany, Spain, Denmark, and the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, pp. 1261–1771, <https://doi.org/10.1016/j.ser.2017.09.100>
- ZIEGLER, L., GONZALEZ, E., RÜBERT, T., SMOJKA, U., METERO, J. (2018). Lifetime extension of onshore wind turbines: A review covering Germany, Spain, Denmark, and the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, pp. 1261–1771, <https://doi.org/10.1016/j.ser.2017.09.100>
- ZIEGLER, L., GONZALEZ, E., RÜBERT, T., SMOJKA, U., METERO, J. (2018). Lifetime extension of onshore wind turbines: A review covering Germany, Spain, Denmark, and the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, pp. 1261–1771, <https://doi.org/10.1016/j.ser.2017.09.100>

return on investment. For this reason, and to further reduce carbon emissions, storage is needed alongside photovoltaic systems. In order to assess the financial return on the introduction of storage, a simple model for the time-dependent production and price of electricity has been introduced. Production was based on the last year before the Covid-19 pandemic and the household photovoltaic boom, that is 2019, which we have modified according to Hungary's energy strategy to estimate the supply side in 2030 and 2040. The international electricity price estimate was based on the price of electricity imports in Hungary in 2021. The recent energy price shocks are included in this dataset, which may result in a significant overestimation of the expected return on storage. On the other hand, the significant growth in solar and wind power volumes in the European market suggests similar volatility. Of the storage solutions considered, pumped storage and nuclear thermal storage are economically mature and profitable choices. The nature of these power plants shows that they can only be operated at large scale and high capacity, which offers a solution to the carbon problem but does not substitute for grid upgrades. This would require a solution that is economical even on a small scale. Based on our current knowledge and market trends, the solution would be to use batteries, the cost of which is not too high. However, the calculations show that they are not profitable because, based on our current knowledge, the cost of operation (monitoring and cooling) is high and the lifespan of the modules is short. A significant future reduction in module costs is also hampered by the use of similar modules in the electromobility sector. ■

500 MW, and it could cost a total of EUR 280 million. Assuming the depreciation and maintenance costs of the storage at 10% of the acquisition cost, the annual cost is EUR 28 million, and the yield generated is EUR 48 million (2030) and EUR 58 million (2040). Using two turbines, the profit could be even higher, but since the whole calculation is only of a demonstration nature (no such storage facility has been built yet), optimisation is not performed here either. The addition of a thermal store to a nuclear power plant appears to be a solution that is viable in principle, but safety and feasibility studies do not yet support its practicability.

Linking the nuclear power plant and the thermal storage systems will therefore both generate profits and protect the plant from regulation. It does not, however, provide an answer to the grid problems, and the load of photovoltaic generation on the distribution grid still needs to be solved.

SUMMARY AND CONCLUSION

We looked at renewable energy production and the related storage issues. We analyse the expected costs, weather dependence and returns of different renewable energy sources. We have found the photovoltaic-focused approach to energy storage to be appropriate, as it can be economically viable on its own, but its weather dependence requires major changes to the grid infrastructure. A further problem is that the proliferation of solar panels is increasingly disrupting the European market, with the result that electricity is already becoming unsellable at the peak of photovoltaic generation. This threatens the

This should be avoided as far as possible, and therefore the re-regulation of solar power plants could be a solution. Both solutions also mean throwing away the carbon neutral energy produced, provided that no other large-scale storage is used. An option is to store the heat generated by the nuclear power plant (Paks 2). This would create a concept of energy storage where the stored heat is not directly derived from electrical energy and can therefore be converted into electrical energy for later use with almost the same efficiency as it would have had without storage. In this sense, energy storage can achieve efficiencies of up to 75–80%, compared to 20–40%. To determine the thermal storage capacity, let us take the capacity of the Paks 2 plant, which represents a thermal capacity of around 3,700 MW per unit, i.e. a total of around 7,400 MW. The temperature of the secondary circuit of the Paks 2 plant, from which heat can be extracted, is 283 °C (MVM PAKS II, ZRt, 2020). Due to the specificities of photovoltaic operation, we are considering a storage system capable of absorbing the entire heat production for 4 hours, i.e. the capacity of the thermal storage should be around 30 GWh. However, projections for 2030 and 2040 indicate that a maximum of 4 GWh of electrical storage capacity (12 GWh thermal) would be economically justified, with possible expansion options. The maximum achievable temperature is 280 °C. As the turbines at Paks 1 are currently operating with steam at 260 °C, they may be suitable for back-generation after the closure of the reactor, so the investment only concerns the thermal elements and the storage facility. As an example, as stated in an article (Jeffrey M. Gordon, 2021), the cost of molten salt storage (with hydraulics) is about EUR 15/kWh (thermal), add to this the conversion cost of the turbines at EUR 0.2/W, i.e. a system with a thermal capacity of 12,000 MWh with a turbine capacity of

about EUR 0.25/kWh and the maintenance of the electrolysis cell is about EUR 50/kWh/year. Including scheduled replacements, the depreciation of the electrolyser is estimated at 6%/year. In comparison, the maintenance cost of the plant is low: EUR 10/kWh fixed and EUR 0.002/kWh variable cost elements. With infinite storage possibilities and a maximum capacity of 10 MW, the revenue is below EUR 1 million per year and the obsolescence and maintenance costs are above EUR 1 million. Therefore, under the present circumstances, the technology is not profitable. This estimate is very different from the price of green hydrogen, mainly because the system can only operate at 5–10% capacity utilisation using only the additional energy provided by solar panels. Hydrogen energy storage can be a preferred option when there is a significant surplus of electricity that needs to be stored for the long term or for mobility purposes. This is not likely to be the case in Hungary. Even in 2030, the combined production of renewables and nuclear power plants will not exceed the total electricity demand, only at certain times (e.g. early morning dip, sunny hours at midday), for which short term storage is more economical.

Thermal storage should not be used for storing electricity in principle, because the efficiency of the heat-to-electricity conversion is low, between 20 and 40%. Nuclear energy makes up a significant part of Hungary's electricity mix, which on the one hand produces heat and from it electricity cheaply (the variable costs of generation are low), and on the other hand it is recommended to operate them at their nominal power output at all times during operation, so that maintenance costs (and hazards) can be minimised. Weather dependent renewable energy producers will in many cases alone meet or exceed the total energy demand in 2030–2040. Consequently, nuclear power plants may be scaled back.

Hydrogen production using electricity starts with the electrolysis of water. There are several technical solutions, but at the moment the conventional (alkaline electrolysis) technology with an efficiency of up to 77% is considered to be a marketable technology. It is expected that a proton exchange membrane electrolyser with a similar design to fuel cells will be commercially available by 2030, resulting in an efficiency of 83–86%. (UK Department of Business, 2021). Currently, there is no significant difference in efficiency between the two technologies, but the membrane technology has half the life expectancy of the membrane compared to the conventional case. The cost of the electrolyser is assumed to be EUR 900/kW (conventional) and its efficiency 77% (UK Department of Business, 2021). The gas produced in electrolysis has to be dried, compressed and stored. Storage can be in a gas transit pipeline, in a tank, or in natural storage. Storage tanks and pipelines, usually made of steel, are a safety problem because hydrogen diffuses well in steel, where it interacts with carbon and other additives, and changes the mechanical properties of metals by forming metal hydrides. In the event of cracking or fracture, the leaking gas can easily explode, even without an ignition source. Natural storage would be suitable for long-term storage of large quantities of gas, but hydrogen can interact with rocks, so at present only salt mines are proposed for this purpose. The use of reservoirs (sandstone and limestone) in Hungary should be further investigated. The cost of storage cannot be estimated at this stage, but is unlikely to be relevant to the final result. To convert hydrogen back into electricity, either a combined cycle power plant (about 55% efficiency) or a fuel cell is used, which is very expensive. Combined cycle power plants cost EUR 850/kW and have an efficiency of 55%. In terms of maintenance costs, the variable costs are

around EUR 130/kWh (based on a 10-year period), which can be halved by refurbishment (Steckel et al., 2021). Recent results show that regeneration can be performed without disassembling the batteries (Jing et al., 2020), but the performance of the regenerated battery lags behind that of the new one. Therefore, full recycling is inevitable after a few life cycles. In the calculations, we assume that the battery is charged by a photovoltaic system and uses the inverter already installed in the photovoltaic system, i.e. the cost of this is not calculated again. The amortisation period for cost elements other than modules is estimated at 30 years, as was the case for solar panels. The cost of batteries in this system is between EUR 40–55/kWh per year. Assuming a capacity of 1,000 MWh in 2030, the revenue is EUR 25 million, compared to an annual maintenance cost (including degradation) of at least EUR 40 million. It is clear that the installation of batteries for energy storage (not grid stabilisation) is not profitable. This is mainly due to the high energy density of battery systems, which require active, preferably heat-pumped, cooling even at low (a few%) charge/discharge losses. This is supported not only by safety considerations but also by economic aspects, as the lifetime of batteries decreases significantly with increasing temperature (Sui et al., 2021). Further rapid degradation is caused by total discharge, which can be avoided by using only a fraction of the capacity. The use of batteries is economically disadvantageous.

The Hungarian energy strategy does not take a clear position on storage issues, but underlines that in the long term hydrogen production could be the solution. The concept of producing hydrogen in large quantities using electricity (green hydrogen) is still in its early stages. Only a few pilot projects have been implemented, the largest of which have a capacity of only 6–10 MW.

For batteries, the cost estimation is relatively straightforward, as the installation of such storage does not require any particular geographical considerations and can therefore be installed virtually anywhere on the grid. The relatively easy portability and high production volumes result in almost uniform world market prices, which are easy to analyse statistically. With battery energy storage, the higher storage capacity and performance due to high scalability reduces unit costs only slightly. What makes estimation difficult, however, is the diversity of batteries, both in terms of operating principle and materials used. For grid storage, the most common battery on the market today is the lithium-iron phosphate system, which has the advantage of being able to store and discharge high power, while offering longer operating life (10 years, about 6,000 charge-discharge cycles) and thermal stability compared to other lithium-based batteries. The price of such systems has been decreasing rapidly recently, to EUR 270–300/kWh (4 k€/kWh) in 2021, with an estimated cost value (He et al., 2021) based on maintenance costs (Steckel et al., 2021) of EUR 4–10/kWh (EUR 15–40/kWh) per year (Zhang, 2021). Battery degradation is estimated to be around 1–3% (2% is assumed), module replacement cost is

Batteries

by careful site selection. It can also be seen that the return on investment of such a power plant is faster in the case of a high share of renewables and the closure of Paks 1. It should also be noted that such centralised solutions do not address the problems of sub-grid capacity, i.e. the overloading of sub-grids, reverse power flows and possible overvoltage. These problems can be addressed by significant grid upgrades or distributed storage solutions.

time for electrical components is 20 years), the annual cost is EUR 39 million. Based on the simulations for 2030, the expected return is EUR 56 million at the obligatory take-over price and EUR 72 million for 2040. It can be clearly seen that in 2030 the realisable yield is 1.7% based on the simulation, but by 2040 this rises to 3.3%, which could already be financed from the market. Unfortunately, the construction of a power plant with above-ground storage inevitably destroys the landscape, and local residents and NGOs are likely to oppose it. Similar solutions exist with the exploitation of natural underground reservoirs. This mostly means mines, but natural underground reservoirs can also be considered. Such solutions cost at least 30% more than the above-ground price (Madlener & Specht, 2020); (Méndez et al., 2020), which reduces the overall rate of return by a similar proportion. It is important to note that only the difference between the price of energy injected at the compulsory take-over price of EUR 50/MWh and the price of energy sold at the time of withdrawal at non-optimal times was taken into account. Other benefits, e.g. capacity maintenance costs and sales optimisation, have not been realised, therefore margins are expected to be around one and a half times the margins in the article. The development of power plants with above ground reservoirs seems to be an economic reality, as these reservoirs can also be abandoned surface mines on uncultivated land, which causes less landscape destruction, but also at lower cost. Overall, considering the situation of storage power plants in Hungary, their construction is economically viable, especially if we take into account that the power plant can also act as a reserve capacity for grid management. The main obstacle to the construction of such power plants is the destruction of the landscape, which can perhaps be minimised

year. This is mainly due to the exceptional increase in gas prices in the second half of the year. However, such anomalies may occur in the future as well, and it is not known at this stage at what level the market will stabilise, if at all.

Electricity use is expected to increase by about 20% by 2030, which does not change the return figures based on the simulations alone, but the adoption of heat pump systems could change the current energy use curves, as could the adoption of electromobility. It is expected that these will increase rather than decrease storage profitability.

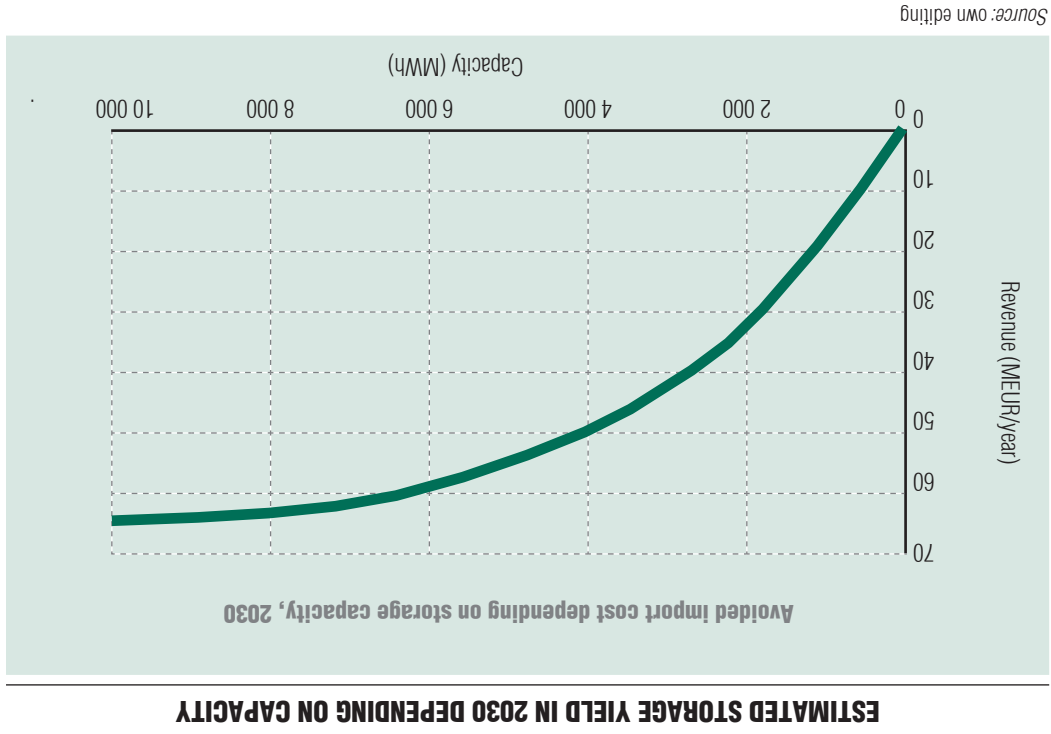
The energy strategies of neighbouring countries foresee large photovoltaic capacity similar to that of Hungary (Aszödi, 2021), which is expected to result in very low electricity prices during sunny hours. Accordingly, for storage facilities, the market price, which is significantly cheaper during the period of storage, should be taken into account for recharging, rather than the obligatory take-over price.

ENERGY STORAGE OPTIONS

In this section we present some relevant and operational technologies that are in principle available in Hungary. We start our analysis with the pumped storage solution, as this type is the most common type of grid energy storage in the world, accounting for more than 95% of the total capacity (Koochi-Fayegh & Rosen, 2020). A pumped storage power plant requires a water source and a reservoir with different elevations above sea level. The principle of operation is simple: when charging, water is pumped to the higher elevation, and when generating, the system is transformed into a hydroelectric power plant and the accumulated energy is recovered. Traditionally, the source of the water is at the bottom, which is usually

away from nature, must be taken into account, too.

The cost of a conventional above-ground pumped storage power plant varies between EUR 900–3,400/kW depending on the site and the installed capacity. Maintenance cost is EUR 13–25/kW, with an estimated lifespan of 40–60 years (Stocks et al., 2021; U.S. Department of Energy, 2020; Budapest University of Technology and Economy, College of Energetics, 2016). For this type of storage, the large price ranges show a strong dependence on system size and location, but the region itself is also of particular importance due to the high demand for manpower and raw materials (Sospito et al., 2021). One such example is the 600 MW power plant in Zemplén with a capacity of 6,000 MWh, planned in the early 2000s. The estimated cost value of such a power plant is approximately EUR 720 million (indexed to 2022). Based on international examples, the cost is more likely to be EUR 1 billion, which is what we use going forward. Taking into account a depreciation of 3% (replacement



Source: own editing

Figure 6

at 2021 prices. The revenue is virtual and represents the import cost avoided. With the take-over price set at HUF 18/kWh, but not stored below HUF 27, and taking into account the 2021 HUPX data (HUPX, 2022), the simulation was performed for each hour. The simulation provides the curve in Figure 6 depending on capacity.

Fitting a straight line to the steepest initial part of the curve, it can be concluded that under these conditions the annual yield of the storage facility is EUR 18.54/kWh/year. With a better buy-sell strategy, the profit can be further increased (Kusakana, 2018).

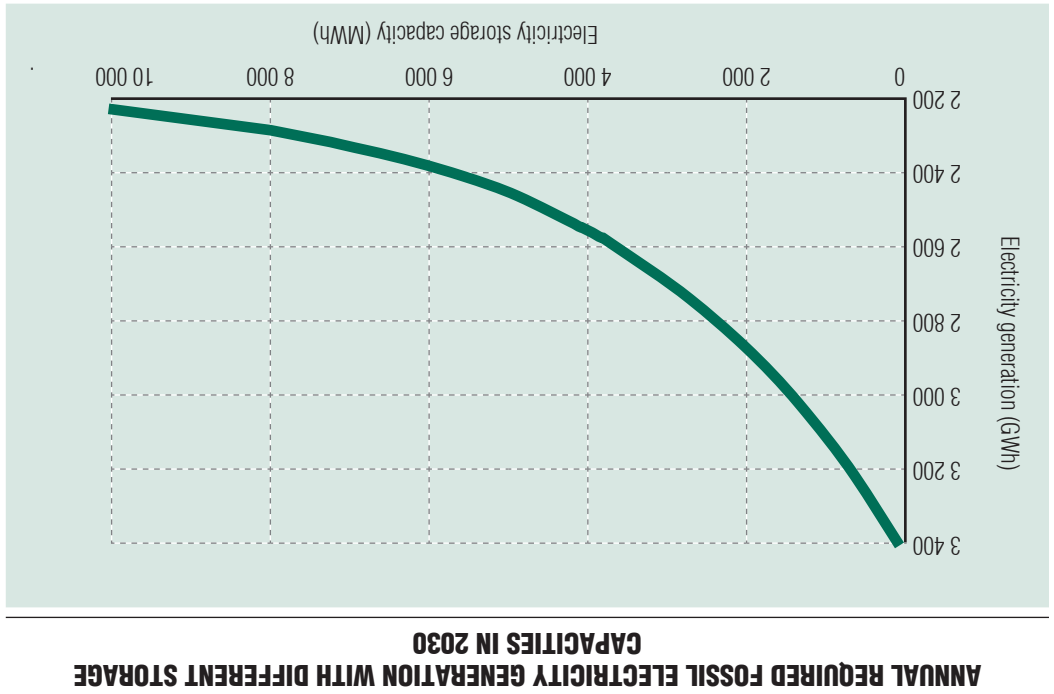
The simulation above requires the following comments:

► In 2021 the electricity market was highly volatile, with prices averaging EUR 50–60/MWh at the beginning of the year, and rising to around EUR 250/MWh by the end of the

phase shows that 1 MWh of storage per year will replace 283 MWh of fossil generation per year while the storage capacity is below 1,000 MWh. This then decreases to 250 MWh at a storage capacity of 4,500 MWh, and drops to 100 MWh at 6,000 MWh. Figure 4 and Figure 5 show that in 2030, the fossil fuel demand is low (3,400 GWh even without storage) in the case of simultaneous operation of Paks 1 and Paks 2, while it is well above this in the case of a Paks 1 outage, even with the installation of large storage capacities.

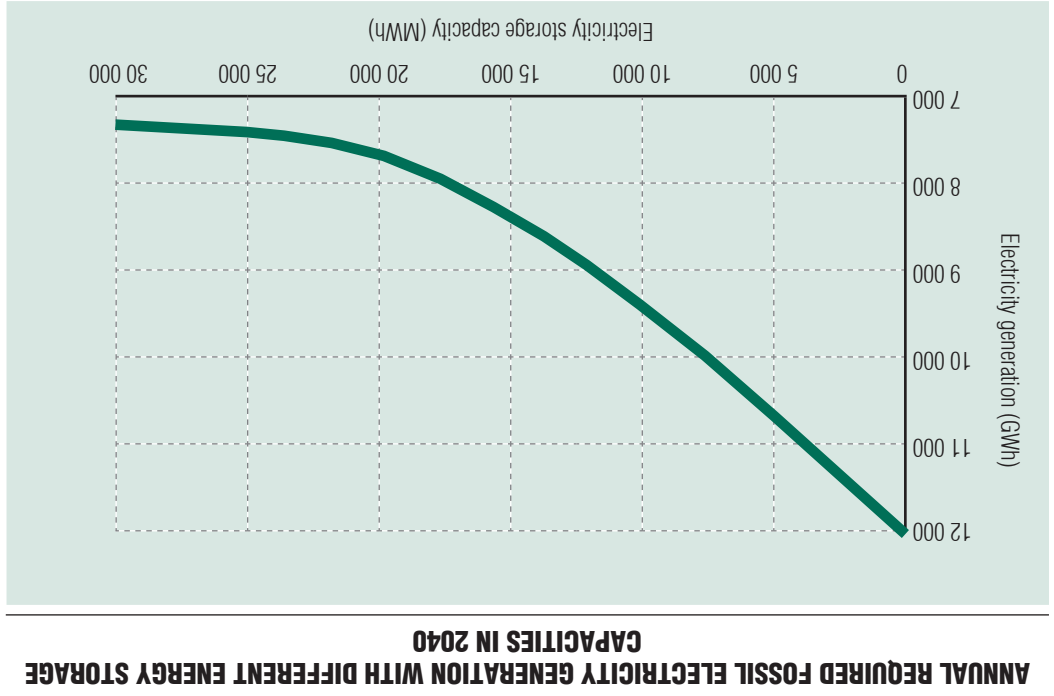
The optimal level of storage capacity depends mainly on the ratio of peak import and daytime export prices and the cost of building the storage facility. If the simulation is extended to take into account the import price as well as the take-over price of the electricity generated, the revenue generated by the operation of the battery can be calculated

Figure 4



Source: own editing

Figure 5



Source: own editing

As a result of the simulations, the electricity generation from fossil fuels in 2019 with the same consumption data and the planned generation data as determined above is shown in *Figures 4* and *5*. The loss of entry into and removal from storage was assumed to be 20 and 10%, respectively, the 24-hour self-discharge was assumed to be 5%, and the maximum output was set to 1 kW/kWh (1-hour storage). It can be concluded that in the 2030 scenario (when we are expected to become electricity exporters due to the joint operation of the two nuclear power plants), 318 MWh of electricity generation per MWh of storage in the initial phase of storage capacity growth can be expected, which will gradually decrease to 100 MWh (at 4,500 MWh storage capacity). For the 2040 scenario, the linear model fitted to the initial

storage capacities. The amount of electricity to be generated from fossil fuels with the installation of different storage capacities.

The above model can be used to determine the amount of electricity to be generated from fossil fuels with the installation of different storage capacities. The simulation is a simple computer program in which the preset energy production and consumption data are processed by the program on a half-hourly basis and a decision is made on the biomass production capacity and the management of storage. The simulation is purely a demonstration and does not search for the best storage strategy, as no predictive algorithm is built in. Another shortcoming is that it does not consider the detailed balance of the grid either.

The simulation is a simple computer program in which the preset energy production and consumption data are processed by the program on a half-hourly basis and a decision is made on the biomass production capacity and the management of storage. The simulation is purely a demonstration and does not search for the best storage strategy, as no predictive algorithm is built in. Another shortcoming is that it does not consider the detailed balance of the grid either.

In modelling the energy storage units to be simulated, we consider five main properties: effective capacity, storage efficiency, storage loss, the capacity to maximum output ratio, and the energy loss of storage (or how much energy it consumes to operate) if no grid event occurs.

The simulation is a simple computer program in which the preset energy production and consumption data are processed by the program on a half-hourly basis and a decision is made on the biomass production capacity and the management of storage. The simulation is purely a demonstration and does not search for the best storage strategy, as no predictive algorithm is built in. Another shortcoming is that it does not consider the detailed balance of the grid either.

To estimate photovoltaic electricity generation, we can use the following formula:

$$P_{2030}(t) = \frac{P_{2021}(t)}{1500} \times (4266 + 2133 \times \frac{1100}{1500})$$

where $P_{2030}(t)$ is the expected time series of photovoltaic generation in 2030, which can be estimated by dividing the 2021 generation [we divide $P_{2021}(t)$] by the annual average installed capacity of 1,500 MW and then divide this by the assumed installed capacity of 6,400 MW in 2030 in a 2:1 ratio. The 1/3 share for households is corrected by a multiplier of 1,100/1,500 to determine the production of a household-scale photovoltaic system.

In the meantime, the standard consumption has to be corrected, as it excludes household photovoltaic production. Basically, the method would be to add the estimated production from household-scale solar power plants to the measured consumption data by the appropriate multiplier. However, this would not be correct because of the 2021 household photovoltaic boom, so in principle we could use the 2020 data, but this would not be a good idea either because of the distorting effects of the pandemic. Therefore, we use the 2019 data adjusted by the average capacity of household-scale solar power plants at that time (405 MW).

To estimate the output of nuclear power plants, we use the 2021 production data for Paks 1 on the one hand, and on the other hand, for the two new units, assuming 3 weeks of planned maintenance per year in the spring and autumn, and a total of 10 days of 50% output reduction in random periods.

The output of biomass power plants is estimated over time so that their output is just the difference between production and consumption until the expected nominal production capacity of 280 MW is reached. In this sense, biomass is already considered

A further problem with the sustainability of geothermal energy is that, for economic reasons, it takes more heat out of the system than it replaces. Therefore, in contrast to solar and wind energy, the recoverable power decreases over time and the regeneration period is well beyond the lifetime of the projects.

The sustainability of biomass depends primarily on responsible and renewable forest management. As discussed in previous chapters, there have been conflicting studies on the renewable biomass potential of Hungary. Other environmental and sustainability issues include the neutralisation of gases produced during incomplete combustion, which can be significantly reduced by the gasification process, and it is also accompanied by an increase in efficiency.

Energy storage options

Energy storage options are technical solutions that can store energy for shorter or longer periods of time (hours, months). New concepts are being developed almost every week, but their viability is often questionable. We calculate the storage capacity needed to make more economic use of weather dependent renewable energy for 2030 (6,400 MW of integrated solar power plant capacity) and 2040 (12,000 MW of photovoltaic capacity). Among the many energy storage solutions, we look at pumped storage, battery storage, green hydrogen production and molten salt storage, which are currently considered as standard.

Methods

A major issue in weather dependent renewable energy production is how to store the surplus energy produced for later use. Hungary's energy strategy mainly proposes

the expansion of solar photovoltaic systems, and we considered the future values specified. The storage capacity that may be needed to expand photovoltaic capacity to 6,400 MW and 12,000 MW is examined. For this purpose, we take into account production and consumption data for 2021 (MAVIR). We assume that we can simulate the 2030 and 2040 power generation with appropriate scaling. We use the generated production and consumption data to run a simple simulation to see how much storage capacity can be used with what efficiency.

By 2030, Hungary will have around 6,400 MW of installed photovoltaic capacity, with an additional 2,000 MW of installed capacity in the old units of the Paks NPP and a total of 2,400 MW of installed capacity in the new units planned for 2030. Part of the photovoltaic capacity is power plant capacity and part of it is household capacity. The production of household-scale photovoltaic systems is generally different from that of power plants, because the photovoltaic capacity of these plants is usually not much or not at all higher than the inverter capacity, i.e. the nominal capacity of the system. Therefore, the yield of these systems is about 1,100 kWh per kW installed per year, compared to power plant generation, where it is 1,400 kWh. Since household-scale photovoltaic systems are not under distribution monitoring, the time series of the output power is not available and therefore not included in the MAVIR data. However, these power plants reduce the system load, i.e. the apparent consumption.

We assume that by 2030, about one third of the photovoltaic capacity is expected to be small household-scale power plants, following the current structure (currently, the National Energy Strategy's projected small power plant capacity of 800 MW by 2030 has already been reached). Our estimate is based on following the trends to date.

The chemical process uses high temperatures to extract the constituents of fibre-reinforced plastics, but this yields a lower quality material and requires a significant additional energy investment. By increasing the temperature, combustible gases can be obtained by further decomposition of the constituents. Landfilling is currently the most common process. The sustainability of geothermal energy requires consideration of several aspects. One is the environmental impact, which mostly involves the emission of gaseous substances (mainly hydrogen sulphide and sulphur oxides), which cannot be recovered because of the air bubbles that are created. Further environmental impacts are technology dependent. From the point of view of energy production, power plants are generally built from materials that can be recycled. In low-temperature power plants, leakage of working fluids can be a problem, as these are generally more potent greenhouse gases (as in air-conditioning plants). Conventional extraction and injection are generally not a major risk, but more recently the HDR (Hot Dry Rock) process has become more common. The idea is to use a layer fracturing process to break a suitable path for water between wells that are spaced up to kilometres apart, which absorbs the heat from the rock. The risk-benefit analysis of this technique is controversial.

(LED), it is likely that temperature, humidity, the amount of incoming UV radiation and the total current flowing through the cells play a key role in the efficiency loss. More research is needed on this. If the above considerations are correct, the lifetime of solar cells in certain conditions (e.g. in cold and dry climates) could be well over 25–30 years. The following steps can be taken to reduce environmental damage:

- ▶ Decommissioning of solar panels should only be allowed if there is a significant reduction in output;
- ▶ The cells and joints of decommissioned modules should be certified. Whatever is possible should be reused without modification or with minimal modification (e.g. re-soldering);
- ▶ Any remaining waste should be treated or recycled.

The resulting refurbished solar panels are marketable, although their lifespan is expected to be less than that of new solar panels. For wind turbines, the biggest challenge for circular management is the material of the wind turbine blade, which is typically a carbon or fibreglass composite. Recycling the other elements is possible. The blade material can be recycled mechanically or chemically. For the former it can be ground to produce granules with mechanically similar properties to the original material, which can be used as

Source: own editing

Constraints to exploitation	Network cost	Risk	LCOE (HUF/kWh)	
Unlimited	High	Low	16–20	Solar panel
Moderately limited	High	Low	28–33	Wind turbine
Limited	Low	High	38–50	Geothermal
Limited	Low	Low	22–38	Biomass

PROPERTIES OF THE STUDIED RENEWABLE ENERGY SOURCES

Table 2

the electric power distribution network and energy storage solutions are needed. *Table 2* summarises the characteristics of the renewable energy sources studied.

Sustainability issues concerning the main renewable energy sources

The most important environmental issue in the use of solar panels is the production and recycling of solar cells, as the supporting structure and the service units are built from traditional materials (copper, glass, aluminium, iron), which can be reused or recycled. However, the production of silicon-based cells is highly polluting: it requires large amounts of energy, water and high-purity raw materials. During production and transport, various greenhouse gases, acid rain and toxic gases and solutions are produced. It also generates significant amounts of hazardous (dissolved) waste, such as mercury, lead, acetone, toluene, etc. These require considerable effort to dispose of, which gives a significant competitive advantage to companies that do not comply or to countries where the standards are less stringent. The key to reducing the environmental impact of production is recycling. The relevant EU directive requires solar panels to be collected and recycled, but at present this primarily means breaking them down into raw materials. However, dismantling into raw materials is not the most environmentally friendly solution, because degradation of solar cells mainly occurs on the coatings. This is a laminated layer system that transmits light to the active zone and occurs secondarily on the electrical contacts. The coatings are removed by chemical, thermal and mechanical cleaning, which means additional environmental stress. At present, not all aspects of solar cell degradation are known precisely, but based on other semiconductor industry experience

was HUF 38.15. It is important to note that the efficiency of biomass-fuelled power plants is basically low, ranging from 15–30% for electricity generation, depending on the technology and the biomass material. A low-cost value can be achieved by converting obsolete coal and lignite plants to biomass power, but their efficiency is low. Taking advantage of the fact that biomass can in some cases be easily gasified, i.e. converted into a gas that can be burned at the right temperature, combined cycle power plants can be built with 35–45% efficiency (Solitani et al., 2013). It is also possible to interrupt the cycle to produce biogas, which can be used for long-term energy storage. Estimates of the sustainable level of biomass potential and production are highly uncertain, but they mostly suggest that today we are using about half of the total sustainable potential. (Dinya, 2010).

Biomass is an excellent starting point for biogas and biofuel production and should therefore be promoted in the first place. If we look at biomass in terms of electricity supply, it is a quasi-carbon neutral energy source that can help to smooth out energy supply imbalances. To do this, it is important to use power plants with the highest possible efficiency and rapid response.

SUMMARY OF RENEWABLE ELECTRICITY SUPPLY OPTIONS IN HUNGARY

We have looked at the renewable energy sources where significant growth can be achieved in Hungary. We have found that solar panels are the cheapest way to generate electricity, but cannot be relied on exclusively as they are weather dependent. In addition to the deployment of further carbon neutral technologies, significant improvements of

The term biomass covers a wide range of energy carriers – e.g. energy crops, firewood, agricultural by-products, combustible gas from wastewater and combustible gas from organic compounds in landfills. The use of by-products, in particular methane-containing gas mixtures, is virtually a mandatory task. The production of biomass for subsequent energy purposes should be considered for a number of reasons. The energy efficiency of crop production ranges between 1–2% (solar: 20–22%), while the use of the resulting fuel in conventional thermal power plants has an efficiency of 15–32%. A major advantage is that availability can be up to 90%, biomass can be stored and is an excellent feedstock for biofuels and biogas. Biomass-based electricity generation in Hungary in 2021 had an installed capacity of 282 MW (MAVR, 2021), from which 1,988 GWh (MEKH, 2022) electricity was produced. Biomass is the largest renewable energy source in Hungary, with more than 80% used as fuel. When estimating the cost of biomass power plants, one of the most important factors is the cost of acquisition, which, based on international experience, ranged from €1,500 to €5,000/kW (IRENA, 2021). Economics of scale are decisive in this case, with larger plants being cheaper to build and operate on a per unit basis. The European average cost value of €3,500/kW is used for the calculation. The plant is expected to have a lifespan of at least 40 years, with a fixed cost of 2–6% of the cost price where, again, economics of scale prevail. The fuel cost per kWh produced is between 1 and 6 euros, of which a large proportion is accounted for by transport charge. The cost of electricity production, calculated with a 5% capital cost, is 6–11 euros/kWh. In which corresponds to 22–38 HUF/kWh. In the last METAR tender, the takeover price

Biomass

has shown that efficiency drops to a level that is no longer worth using for electricity generation after 25–50 years (Budisulistyo et al., 2017). Although such power plants use renewable energy, they may not be sustainable in the long term.

Heat exchange power plants are less risky because the depth of drilling can be much shallower. The only geothermal power plant in Hungary that produces electricity is the one in Tura, which is also of the heat exchanger type. Its total cost was HUF 5.5 billion, with a capacity of 2.7 MW, or about HUF 2 million per kW. At 90% capacity utilisation, the energy produced is 7,800 kWh with a 30-year lifespan and a world average maintenance cost of €100/kWh/year, so we can expect the price of the electricity produced to be even lower than that of solar panels. Because of the high risk, the financing costs of such projects are very high (Wall, 2017), $WACC = 12–20\%$. Calculated at 15%, the LCOE is 11 euros per kWh. Another advantage of geothermal power generation is that it is not weather dependent, with a capacity utilisation practically equivalent to the availability of an average power plant. In addition, it may be well regulated and can produce heat energy (residential or industrial) in quantities suitable for other uses. The use of geothermal energy can be a priority because there is no need to maintain spare capacity or to create storage capacity in case of overproduction. In this sense, the price of the energy produced is already favourable and it is in the interest of the community to eliminate risks. Most of the risks are related to the preparations for and the actual drilling. The risk can be reduced if the initial steps (e.g. survey, exploratory drilling) are already available, or are provided by a risk community or the state. In Hungary, the geological strata are relatively well documented due to hydrocarbon extraction, and drilling data are available.

the first case, high temperatures (190 °C) are required to generate electricity, but even higher temperatures are needed to achieve good efficiency. In Hungary, this would require water to be brought up from a depth of at least 3–4 km, at a cost of at least 3–5 billion HUF (for two holes), and the success of drilling at such depths is highly doubtful. Traditionally, geothermal electricity generation requires finding an aquifer with sufficient depth to reach higher temperatures and a sufficiently large surface area for continuous high energy production. This will require mapping of the area and test drilling. In the case of lower temperature sources, electricity generation does not take place in a watery medium, only heat is extracted from it via a heat exchanger. Such plants can already be operated economically with water temperatures of up to 120 °C. Their great advantage is that the depth of the borehole does not exceed 2 km and their efficiency can be around 15%. (Altun & Kilitic, 2020).

For regions in a better position than our country, the cost of geothermal power plants for electricity generation in 2020 ranged between €2,000 and 4,000/kWp. The expected cost of € 4,000–6,000/kWp in Hungary (with a heat exchanger plant) is not in itself a barrier to such an investment, but the uncertainties of construction mean that the investment is far from being risk-free (Subir, 2016). The uncertainties in this case relate not only to the success of drilling, but also to the water yield that can be extracted and the temperature. This is why, for example, the German government subsidises geothermal power plants at €0.25/kWh, despite the fact that the return on investment of a successful project is good even without this. Geothermal power plants do not have an infinite operating time because the water temperature decreases over time; this is because the heat supply from the aquifer is usually insufficient. Experience

Geothermal power plants

but the technology has improved a lot. The annual maintenance and refurbishment costs are €35–50 per nominal kW. Wind turbines typically have a lifespan of 20 years (Ziegler et al., 2018), which can be extended in many cases, so we expect a depreciation of 5%. The calculated LCOE is 8.5 euroscent/kWh. Compared to the expected electricity price for solar PV generation, wind-generated electricity is significantly more expensive while still retaining its weather-dependent characteristics. The LCOE calculated for wind power is much higher than the LCOE in Western European countries. The reasons for this are twofold: on the one hand, the increase in capacity utilisation associated with the development of the technology is not taken into account (e.g. in Germany it increased from 25% in 2010 to 35% in 2020), and on the other hand, the cost of capital (4%) is much higher than the typical cost of capital in Western Europe (1%). The main argument for installing wind farms is that they have a higher capacity utilisation rate than solar plants, and experience shows that they are most active in winter and can therefore somewhat balance the seasonal variation in solar generation. If further studies show that the capacity utilisation rate is significantly higher than what is known so far, then wind farm deployment could be an economically viable investment, largely increasing the share of renewable generation without exacerbating grid problems due to infrequent simultaneous generation.

Hungary has a good position in terms of geothermal energy, but its extraction is expensive and risky. There are two types of geothermal power plants: the direct steam generating ones, and heat exchangers. In

Below we will investigate the cost of installing wind turbines and the energy price that could be achieved by using them. In 2020, the average cost of installing a wind turbine in Europe was €1,300 per nominal kW. This covers all the costs not related to grid development, just as for a solar power plant. A conservative estimate of capacity utilisation is in line with the average of recent years (23.3%), as the best sites are occupied,

one blades to a different position from the ideal already have the means to shift the turbine protection (Amarane et al., 2021), because they not the case for modern turbines with storm power is that it cannot be regulated. This is aspect of the energy strategy against wind height (2010: 120 m, 2020: 200 m). Another 80 m, 2020: 120 m) and the increase in their the rotor diameter of wind turbines (2010: utilisation rate is explained by the increase in Hungary as well. The increase in the capacity has increased the capacity utilisation rate in the technological level of wind power plants has to be examined whether the increase in Hungarian power plants deviated little, so it average was only 27%, from which the (36%) (IRENA, 2021). In 2010, the global (26%) is lower than the international average into account, as capacity utilisation (21– does not particularly take this opportunity legal restrictions. Hungary's energy strategy commissioned in Hungary since 2010 due to No new wind power generation units have been

Wind power

replace gas-fired power plants. In the case of planned replacement, e.g. at night, the power can of course come from other power plants (e.g. biomass), but electricity generated from conventional fossil fuels has higher specific greenhouse gas emissions and pollution.

An additional cost of solar PV power generation is due to the need to maintain a sufficiently powerful, non-weather dependent power plant in the system to ensure a continuous supply of energy. These cannot be back-up power plants, as they have to operate every day, but their capacity utilisation is reduced, which increases the unit cost of the electricity produced. The cost of unused capacity depends on the type of power plant chosen as an example. As Hungary's energy strategy favours natural gas-based generation for this purpose, the cost of this is estimated through a case study of two combined cycle gas turbines. Based on the case studies published by the U.S. Energy Information Administration (EIA) (Sargent & Lundy, L.L.C. to U.S. Energy Information and Administration, 2019), the initial cost of a gas turbine is about EUR 900/kW, and the annual cost of a gas turbine independent of production is EUR 13/kW. On an annual basis, at a depreciation rate of 2.5%, the cost of keeping 1kW of capacity in the system is EUR 35. The capacity utilisation of solar panels is 13–19% (depending on technology and oversizing), so the grid cost of the loss of production of the gas plant is EUR 4–6 kW per year. In LCOE terms, this is 1–1.5 cents per kWh produced by the solar plant. The latent subsidy requirement for solar panels is at least 1.2–0.7 cents per kWh generated, which is a subsidy of about 25%. This is true for all weather dependent renewable energy sources, including wind. Gas-fired power plants are needed not only to make up for lost production due to weather conditions, but also to ensure the stability of the electricity grid thanks to their fast response times. Storage facilities can also be used to

The cost of grid, or expanded and reinforced. The cost of reinforcing the grid is estimated to be around €20–30/kW, but this increases with solar capacity (Holwegger, 2022), which increases the LCOE cost by around 0.2 cents.

renewable output is better distributed over time. Among the input costs, the cost of solar modules, support structure, installation and accessories increases, and after conversion, the payback for both solar tracking and E-W orientation is similar to those of a fixed south-facing installation. Their installation is recommended primarily where space, or even more so where the peak power that can be connected is limited. METAR trends in recent years show that they are becoming more widespread as suitable installation sites become scarce.

When deploying solar panels, it should be remembered that they feed directly into a grid with consumers who may not be affected by either quality or security of supply. As solar panels are usually fed into the medium or low-voltage grid, i.e. a grid that cannot be individually regulated, voltage variations must be taken into account. As long as this change is within tolerance, there is no need for grid upgrades, but this limits the expansion of solar power plants. It is likely that new substations will have to be added to the high-voltage

The previous example assumed a fixed solar farm with a capacity of 2–10 MW. At present, the area that can be economically installed with solar panels (free transmission line capacity) is shrinking, so the solutions that can increase the capacity utilisation rate are becoming more common. The yield of such solar PV systems can be up to 60% higher, while the peak power remains unchanged. Such solutions include increasing the number of solar panels, but also E-W orientation and solar tracking. By using these technologies (with additional investment and maintenance costs), additional yields can be achieved, while

working well. It is also an indication that METAR is considered by the market to be extremely low investment with a guaranteed takeover price is higher than the METAR-tendered takeover prices. This leads to the conclusion that solar investment with a guaranteed takeover price is considered by the market to be extremely low risk. It is also an indication that METAR is working well. Overall, assuming an ageing rate of 3.3% and a capital cost of 5% based on the source provided, the LCOE is 5 euros/kWh. This is about HUF 18/kWh, which is slightly higher than the METAR-tendered takeover prices. This leads to the conclusion that solar investment with a guaranteed takeover price is considered by the market to be extremely low risk. It is also an indication that METAR is working well.

Source: own editing

Cost element	Price (€/kWh)	Source
Solar panel module	190–280	(PV-magazine, 2021), verified: (Allbaba, 2022)
Support structure	50–110	(IRENA, 2021), verified by: (Allbaba marketplace, 2022)
Inverter	60–80	(IRENA, 2021), verified by: (Europe solarshop webshop, 2022)
Maintenance and administration, installation	75–100	(IRENA, 2021)
Connection costs	20–120	(IRENA, 2021), verified by: ENERTECH Hungária Kft. (general information on request by phone)

COMPONENTS OF A SOLAR PV SYSTEM

Table 1

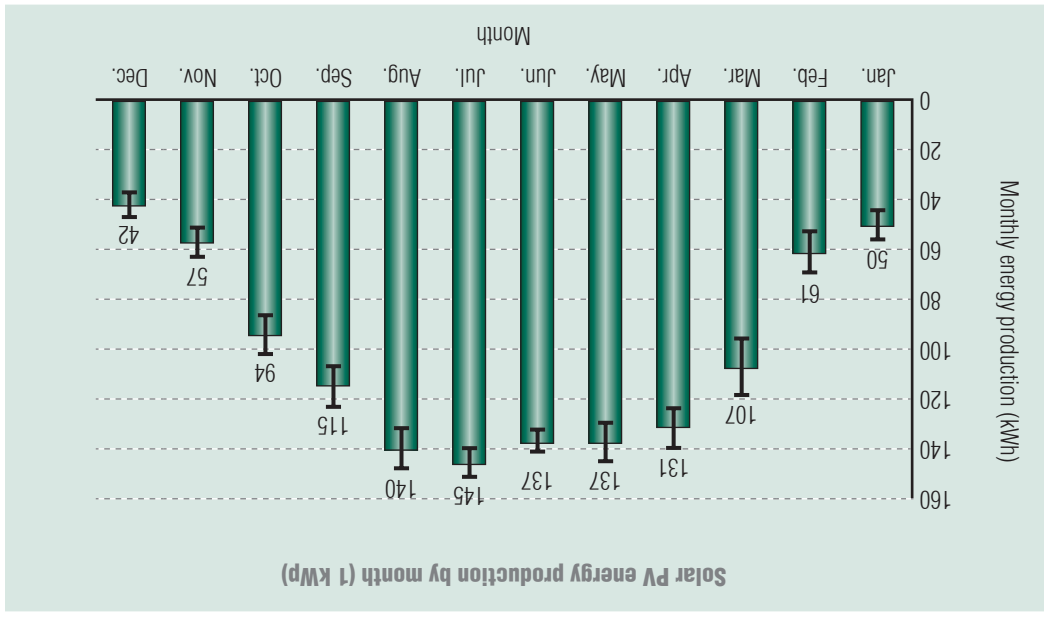
location of solar power plants is of paramount importance because ideally, they should not only be accessible by road, but also have a suitable transmission line nearby, typically within 1 km. It is important that the planned capacity can be connected to the power line. In that respect, the number of ideal sites is diminishing. For example, according to the maps published by EON, the unconstrained area in the North and South Transdanubian region has been reduced to roughly 10% of the total area due to the small power plants already implemented and licensed (EON, 2022). This is due to the decreasing availability of suitable grid resources.

Maintenance and administration cost roughly €10/kW per year. In terms of obsolescence, the life expectancy, which is 10 years (10%) for inverters and 25–30 years for other components, as well as the degradation of solar panel performance (0.5–1% per year)

will cost an additional €80/kWp, and the inverter will cost around €70 per kilowatt-hour. In addition, about EUR 60 per kW can be charged for wiring, accessories, installation, administration and planning. For power plant size, the number of solar panels is increased by about 30–40% (this is reflected in the price of the panel and the amount) to maximise profit, as this allows capacity utilisation to be kept at a higher level while the price of the other components remains the same. The cost components are shown in Table 1.

The cost of a bare solar plant is around EUR 540–600/kWp. In addition, there is the cost of purchasing and installing transformers, connection lines and accessories, land rental, of which roughly 0.022 ha/kWp is required, the cost of the various service units and the cost of road construction. The cost of a solar PV system at power plant scale (5–10 MW) is around €700–850/kW (IRENA, 2021). The

Source: own editing



ESTIMATED ANNUAL SOLAR PV PRODUCTION FOR A SOLAR PV SYSTEM WITH A PEAK POWER OF 1 KW

Figure 3

Figure 1

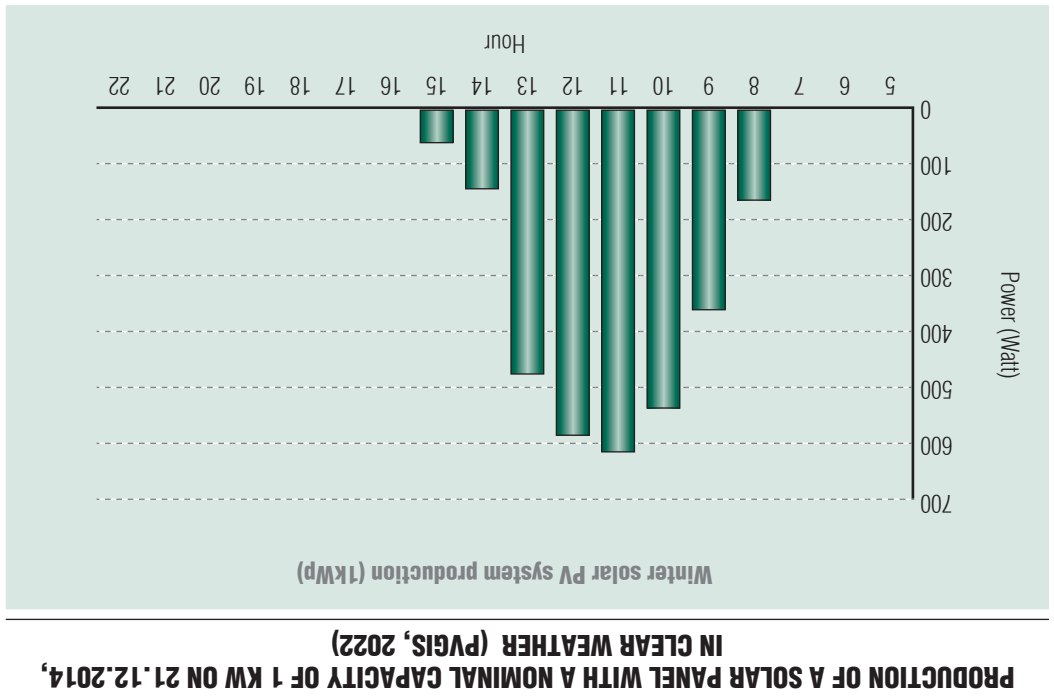
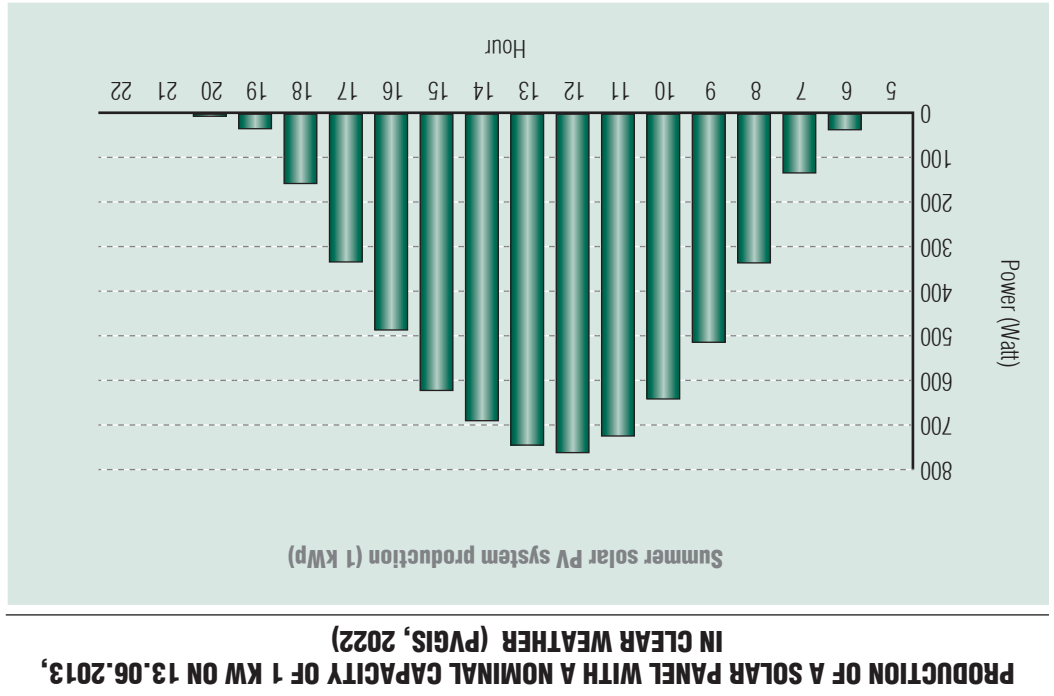


Figure 2



thermal energy (solar thermal). The latter can later be converted into electricity, called solar thermal power. The climatic conditions in Hungary do not allow for the electrical use of solar heat, so solar generation is the main source of electricity in Hungary. The actual production of a solar cell depends on the amount of light energy reaching its surface, so its production is time and weather dependent. For comparison, the production curve of a solar panel with a peak power of 1 kW (1 kWp) is shown in *Figure 1* in winter, and in *Figure 2* in summer. We looked for production curves where the weather conditions are ideal. The daily production was 3 kWh around the winter solstice and 6 kWh around the summer solstice.

Solar panel production (above 10%) is limited to 7–8 hours in winter and 11–12 hours in summer. There is uncertainty due to weather dependency, in cloudy weather solar panel production can drop to a few per cents of the capacity in sunny weather. Monthly production can be estimated using the PVGIS system (Rusen, 2020). The simulated production data for an ideal (south facing, 35-degree tilt) installation are shown in *Figure 3*, with estimated standard deviation. The annual energy production is 1,200 kWh (in Budapest). Let us define the utilization indicator as the ratio of the annual average power to nominal power. Calculating the same for solar panels, we get 13%.

The main elements of the cost of a solar power plant are as follows:

- Solar panel (energy production unit),
- Support structure,
- Inverter (to feed energy to the grid),
- Connection costs,
- Land area,
- Buildings, fencing.

Based on 2022 market conditions, the price of monocrystalline solar panels will be at least €240/kWp. The support structure

Solar energy can be used directly to generate electricity (photovoltaic devices) or for heat or slow down the renewable energy market.

Solar energy

extra profit, so take-over prices can be used to heat or slow down the renewable energy market. A selling price (in Hungary, a price at which the investors' profit reaches the expected level. Above the LCOE results in take-over price) above the LCOE results in extra profit, so take-over prices can be used to heat or slow down the renewable energy market.

By calculating the LCOE, we obtain the price at which the investors' profit reaches the expected level. A selling price (in Hungary, a price at which the investors' profit reaches the expected level) above the LCOE results in extra profit, so take-over prices can be used to heat or slow down the renewable energy market. By calculating the LCOE, we obtain the price at which the investors' profit reaches the expected level. A selling price (in Hungary, a price at which the investors' profit reaches the expected level) above the LCOE results in extra profit, so take-over prices can be used to heat or slow down the renewable energy market.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^{LT} E_t}{\sum_{t=1}^{LT} OPEX_t + \frac{CAPEX}{(1+d)^t}}$$

where LT is the lifetime, for each year of which the terms are summarised, E_t is the amount of energy produced in year t (kWh), and d is the expected interest rate of return, best estimated by the weighted average cost of capital. However, this approach is flawed because, in addition to the cost of capital (unlike other investments), there is also a significant depreciation cost, i.e. it is assumed that the assets are destroyed after their lifetime. The weighted average cost of capital is usually considered a trade secret and is therefore very difficult to estimate, but the AURES EU project has succeeded in estimating its magnitude (Roth et al., 2021); the calculated interest rates can be obtained from this study. We calculate depreciation costs on a linear basis and incorporate them into OPEX.

By calculating the LCOE, we obtain the price at which the investors' profit reaches the expected level. A selling price (in Hungary, a price at which the investors' profit reaches the expected level) above the LCOE results in extra profit, so take-over prices can be used to heat or slow down the renewable energy market.

Carbon-neutral energy production is one of the major challenges of the present and the next decade. This is reflected in Directive 2018/2001 of the European Parliament and of the Council (Council, 2018), according to which 32% of total EU energy consumption must stem from renewable energy sources and, together with increased energy efficiency, carbon emissions must be reduced by 40% compared to 1990. This was renewed with the European Green Deal (Commission, 2020), which sets a new target of reducing carbon dioxide levels by at least 55% by 2030. Under the EU directive and the Green Deal, each Member State was required to draw up its own energy strategy, which Hungary has also completed. In the National Energy Strategy issued by the Ministry of Innovation and Technology (ITM), the Government projects a 40% reduction in greenhouse gas emissions compared to 1990, the baseline figures for which were set by Parliament in Act LXIV of 2020. According to the Climate and Nature Protection Action Plan, Hungary's electricity generation will be 90% carbon neutral, and the installed capacity of solar panels will increase to 6,400 MW (equivalent to the peak capacity of 3 Paks power plants) by 2030. Plans for 2040 include a further increase in the share of solar energy to a peak of 12,000 MW. The Hungarian energy policy intentions are currently focused on increasing solar capacity. While this will allow for a 30% share of renewable electricity generation, and around 40% by 2040, the weather dependency of generation poses significant risks and costs. As the share of weather dependent renewable energy increases, low-utilisation back-up power plants and energy storage will need to be provided. If carbon-free power generation (weather dependent and independent renewables and nuclear) exceeds consumption, the surplus should be exported, the production reduced, or the energy stored. As solar capacity

will grow significantly not only in Hungary but also in neighbouring countries, the forced loss of production and exports are expected to result in similar losses from a financial point of view. The problem can be mitigated by diversifying weather dependent renewable energy sources as much as possible (even across borders), and by addressing storage. We first look at the more abundant renewable energy sources available in our country, focusing on their price, sustainability and energy security. We seek to answer the question of how the share of renewable energy in Hungary can be increased economically. The answer is the key to sustainable energy production, and while it may not be achieved, it can help to create economic incentives that require as little public money as possible.

In order to identify economical technologies, we will rank the renewable energy generation options, estimate their main economic indicators based on international and Hungarian experience, and then do the same for storage options. The study is not intended to estimate future prices, but only to present and analyse current options.

OVERVIEW OF RENEWABLE ENERGY OPTIONS IN HUNGARY

Methods

Determining the economic indicators of renewable energy production is relatively easy in some cases, because the number of built power plants statistically reaches the level needed for an accurate analysis year after year. In other cases, the number of investments is insufficient. When local statistics are not available, international experience and statistics are used to estimate costs. The indicators to be established by estimation or from statistics are: capital expenditure (CAPEX), operating

Renewable Energy Production and Storage Options and their Economic Impacts in Hungary

Márton Németh

Budapest University of Technology and Economics

nemeth.marton@vik.bme.hu

SUMMARY

The study reviews the most relevant renewable energy sources, focusing on their possible application, economic aspects and potential for Hungary. Feasibility and economic analysis is made for plant-sized photovoltaic devices, wind turbines, geothermal power plants and biomass power plants. It was found that solar cell technology has the highest revenue. However, its further spread is limited by several factors, such as the reactive effect on the energy market, grid problems, and weather dependency. A possible solution for these problems is to use energy storage systems. For the sake of simplicity, only the economically mature technologies are investigated, including pumped hydroelectric storage, batteries, green hydrogen production, and thermal energy storage connected to a heat power plant. The payback calculations require a simple simulation algorithm to calculate the revenue using Hungarian data. With the simulation, the most important economic indicators are estimated. As a result of these calculations, we suggest a pumped hydroelectric storage to be built, or if it is impossible, the Paks 2 nuclear plant should be completed with a thermal energy storage facility.

KEYWORDS: renewable energy production, energy storage, cost analysis

JEL codes: Q21, Q42

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_2

- NBH (2021d). *Fenntarthatóság és jegybanki politika – Zöld szempontok az MNB monetáris politikai eszközárban (Sustainability and central bank policy – Green aspects of the Magyar Nemzeti Bank's monetary policy toolkit)*. 6 July 2021. <https://www.mnb.hu/letoltes/zold-eszkozar-strategia-publikacio-2021-hun-0706-2.pdf>
- NBH (2021e). *Macroeprudentiál Report 2021*. <https://www.mnb.hu/letoltes/makroprudencia-his-jelente-s-2021-hun.pdf>
- NBH (2022c). *Az MNB Klimaváltozással kapcsolatos pénzügyi jelentése, (The MNB's climate change finance report)*. <https://www.mnb.hu/letoltes/tcdf-jelente-s-2022-hu.pdf>
- Scope (2021). *Greening the CEE-3 central banks: mandates and credit risk implications. Scope Ratings, March 2021*. <https://www.scope ratings.com/ScopeRatingsApi/api/downloadstudy?id=8b16d8f3-0d8c-463b-bb1d-b62ecbc4f6aa>
- NBH (2022a). *Fenntartható egyensúly és felzárkózás – 144 javaslat (Sustainable Balance and Convergence – 144 Proposals)*. <https://www.mnb.hu/letoltes/fenntarthato-egyensuly-es-felzarkozas-144-javaslat-20220519.pdf>

LAGARDE, C. (2021). *Climate change and central banks - analysing, advising and acting*. Speech at the International Climate Change Conference, Venice, 11 July 2021. <https://www.bis.org/review/r210712b.pdf>

MATOLCSY, GY. (2020). *Egyensúly és növekedés 2010–2019. Sereghajtóból újra állóvas (Economic Balance and Growth 2010 – 2019. From the last to the first)*. Magyar Nemzeti Bank, Budapest

MATOLCSY, GY. (2022). *Új fenntartható közgazdaság (rézisek) (New sustainable economic (Theses))*. In: *Új közgazdaságtan a fenntarthatóságért (New economics for sustainability)*. Magyar Nemzeti Bank.

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

HCSO (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

HCSO (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

MATOLCSY, GY. (2022). *Zöldgazdaság (Green economy)*. Központi Statisztikai Hivatal (Hungarian Central Statistical Office), 31 March 2022. [ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszak/zoldgazdasag/2019/)

- BOKOR, I. (2022). *Bankok figyelmebe: erösen szörodik a hazai ágazatok éghajlatváltozással szembeni stresszállósága* (Note to banks: the climate stress resilience of domestic sectors is highly dispersed). 11 February 2022, Portfolio.hu, <https://www.portfolio.hu/uzlet/20220211/bankok-figyelmbe-grosen-szörodik-a-hazai-ágazatok-éghajlatváltozással-szembeni-stresszállósága-526271>
- BORKÓ, T., HERBERT, E., HORVÁTH, I. B. (2022). *Egy új piaci szegmens létrejötte: A hazai zöld jelzáloglevél-piac jegybanki kezelt ösztönzése* (Emergence of a new market segment: Central bank incentives for the Hungarian green mortgage bond market). A volume of studies by the Magyar Nemzeti Bank on the first year of the green monetary policy toolkit, pp. 90–102. <https://www.mnb.hu/letoltes/monetaris-politika-a-fennartarthatóság-jegyben-a-magyar-nemzeti-bank-tanulmánykötete-a-zöld-monetaris-politika-eszközter-első-évtől.pdf>
- BRUNDTAND, G. H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Geneva, UN Document A/42/427. <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>
- CARNEY, M. (2021). *Clean and Green Finance: A new sustainable financial system can secure a net zero future for the world. Finance & Development*, IMF, September, pp. 20–22, <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2021/09/pdf/mark-carney-net-zero-climatechange.pdf>
- DEÁK, V. (2021). *NBH's Green Programme, Polgári Szemle*, 17(4–6), pp. 104–115, <https://doi.org/10.24307/psz.2021.1208>
- DIRAU, S., VOLZ, U. (2021). *Central bank mandates, sustainability objectives and the promotion of green finance. Ecological Economics*, 184, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107022>
- EICHENGRREEN, B., PARK, D., SHIN, K. (2011). *When Fast Growing Economies Slow Down: International Evidence and Implications for China*. NBER Working Papers 16919, National Bureau of Economic Research, Inc. <https://doi.org/10.3386/w16919>
- ELEK, F. A., TÁPASZTI, A., WINDISCH, K. (2021). *MNB zöldkötvény portfólió - egy kiszárasnyit pozitív környezeti hatású (NBH green bond portfolio – positive impact equating the carbon footprint of a town)*. 21 February 2021. <https://www.mnb.hu/letoltes/elek-hora-adrienn-tapaszti-artila-windisch-katalin-mnb-zöldkötvény-portfólió-egy-kiszárasnyit-pozitív-környezeti-hatás.pdf>
- KOLOZSI, R. P., MANASSES, G., STRAUBINGER, A. (2021). *Zöld fedezetkezeléssel is segíti a fennartarthatósági fordulatot az MNB (The NBH green collateral management)*. 25 November 2021. <https://www.mnb.hu/letoltes/kolozsi-pal-manasses-gergely-straubinger-andras-zöld-fedezetkezeléssel-is-segíti-a-fennartarthatósági-fordulatot-az-mnb.pdf>
- KOLOZSI, R. P. – LADÁNYI, S. – STRAUBINGER, A. (2022). *Pénzügyi eszközök kockázatainak mérése – Módszertani kihívások és jegybanki gyakorlat (Measuring the Climate Risk Exposure of Financial Assets: Methodological Challenges and Central Bank Practices)*. *Hitelintézet Szemle*, 21(1), pp. 113–140, <https://doi.org/10.25201/HSZ.21.1.113>
- KOMLÓSSY, L. – WINKLER, S. (2022). *A zöld lakáshitel-piac ösztönzése: az NHP Zöld Otthon Program, Monetáris politika a fennartarthatóság-jegyben* (Promoting a green home loan market: the FGS Green Home Programme, Monetary policy for sustainability). A volume of studies by the Magyar Nemzeti Bank on the first year of the green monetary policy toolkit, pp. 133–144, <https://www.mnb.hu/letoltes/monetaris-politika-a-fennartarthatóság-jegyben-a-magyar-nemzeti-bank-tanulmánykötete-a-zöld-monetaris-politika-eszközter-első-évtől.pdf>

The NBH has laid the foundations for a sustainable green banking turnaround, and the targeted central bank programmes and initiatives are only the first steps on a long journey. There can now be no question that the fight against climate change requires the active involvement of economic policymakers and central banks. The NBH sees it as its mission to lead by example and play an active role among central banks in supporting the transition to a low-carbon economy. With this in mind, the NBH will continue to make it a top priority to play a role in climate protection, thus contributing to the preservation of environmental values and Hungary's sustainable economic convergence. ■

In a decade of war combined with a global epidemic and energy crisis, which could lead to ruptures in the established international relations and globalisation. In addition to the war, the consequences of climate change are increasingly pressing, with global warming leading to water scarcity, food shortages and health challenges, amongst other things, which could further exacerbate global migration. But the current difficulties and challenges are also opportunities, and only those who can adapt to them while maintaining stability and renewing their economies and shifting to sustainable, digital and green production will be able to survive in the face of international competition.

REFERENCES

- AGÉNOR, P. R. (2017). Caught in the Middle: The Economics of Middle-Income Traps. *Journal of Economic Surveys*, 31(3), pp. 771–791, <https://doi.org/10.1111/joes.12175>
- AGÉNOR, P.-R. – CANUTO, O. (2012). *Middle-Income Growth Traps*. Policy Research Working Paper No. 6210, World Bank, <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6210>
- ALOGOSKOURIS, S., CARBONE, S., COUSSENS, W., FAHR, S., GUZIO, M., KURI, F., PARISI, L., SALAKHOVA, D., SPAGGIARI, M. (2021a). Climate-related risks to financial stability. *Financial Stability Review*, https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ceb.fsrart202105_02-d05518f6b.en.html
- ALOGOSKOURIS, S., CARBONE, S., COUSSENS, W., FAHR, S., GUZIO, M., KURI, F., PARISI, L., SALAKHOVA, D., SPAGGIARI, M. (2021b). Climate-related risks to financial stability. *Financial Stability Review*, https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ceb.fsrart202105_02-d05518f6b.en.html
- AGÉNOR, P. R. (2017). Caught in the Middle: The Economics of Middle-Income Traps. *Journal of Economic Surveys*, 31(3), pp. 771–791, <https://doi.org/10.1111/joes.12175>
- AGÉNOR, P.-R. – CANUTO, O. (2012). *Middle-Income Growth Traps*. Policy Research Working Paper No. 6210, World Bank, <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6210>
- ALOGOSKOURIS, S., CARBONE, S., COUSSENS, W., FAHR, S., GUZIO, M., KURI, F., PARISI, L., SALAKHOVA, D., SPAGGIARI, M. (2021a). Climate-related risks to financial stability. *Financial Stability Review*, https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ceb.fsrart202105_02-d05518f6b.en.html
- ALOGOSKOURIS, S., CARBONE, S., COUSSENS, W., FAHR, S., GUZIO, M., KURI, F., PARISI, L., SALAKHOVA, D., SPAGGIARI, M. (2021b). Climate-related risks to financial stability. *Financial Stability Review*, https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ceb.fsrart202105_02-d05518f6b.en.html
- BAHN, P., FLEINLEY, J. (2016). *A Húsvét-szíjtervnyelv (The Enigma of Easter Island)*. Translated by István Janáky. Budapest: General Press Kiadó
- BÁGER, G. (2021). *György Matolcsy's Monetary Policies in the 2010s*. <https://hungarianreview.com/article/gyorgy-matolcsy-monetary-policies-in-the-2010s/>
- BÉCSI, A., VARGA, M., LÓGA, M., KOLOZSI, P. (2022). First steps – the nascent green bond ecosystem in Hungary. *Cognitive Sustainability*, 1(1), <https://doi.org/10.55343/cogsust.11>
- BERGEAUD, A., CETTE, G., LECAT, R. (2016). Productivity trends from 1890 to 2012 in advanced countries. *The Review of Income and Wealth* 62(3), pp. 420–444, <https://doi.org/10.1111/roiw.12185>

in relation to the four main pillars of organisational functioning – company management, strategy, risk management, and indicators and targets – and are followed by the NBH report. Climate change financial reporting along these lines has become the most important disclosure standard today. It is important to note that reporting poses considerable challenges, as while, for example, traditional securities have decades of experience and a well-established methodology, green markets are young, small in size and often heterogeneous in terms of standardisation (Kolozsi et al., 2022).

Given the central importance of the financial sector, as monetary and financial supervisory authorities, central banks have a key role to play in respect of disclosure practices. With this in mind, in March 2022 the NBH was among the first central banks and domestic financial institutions to produce a climate change finance report (NBH, 2022c). In its TCFD report, the central bank analysed the climate risk exposure of financial asset portfolios by portfolio in the two main climate change risk categories, namely transition and physical risks. In doing so, it used its own estimates for certain asset categories, in addition to the indicators commonly used in international practice, and supplemented these with outlook analyses. In measuring the climate risks, the NBH reviewed and used existing central bank examples and practices, in addition to international recommendations, and also took into account the specific characteristics of its own financial asset portfolios. The aim of the report is to identify, measure and transparently disclose the climate risks related to the operational activities and financial instruments of the Hungarian central bank to the widest possible extent, thereby providing guidance to the domestic financial sector. A key step in greening the Hungarian financial

Ensuring sustainability in the future is also essential for Hungary's long-term development and successful convergence. Hungary recently closed the most successful decade in the 100 years since the Treaty of Trianon: between 2010 and 2019, balance and growth was realised at the same time, and the country was put on a path of balanced growth (Mátócsy, 2020). This successful decade was underpinned by the fiscal turnaround in 2010 and the monetary policy turnaround in 2013, which brought the two main strands of economic policy into alignment. The results achieved in the 2010s provided a solid foundation for the period of the coronavirus crisis as well, as Hungary continued to catch up with the EU average during the pandemic. But the country's economic convergence must continue in one of the most difficult decades of the last 100 years. We are currently

CONCLUDING REMARKS

The NBH also pays particular attention to transparency in collateral management, which can indirectly stimulate demand for green mortgage bonds. Mortgage bonds have a significant share of eligible collateral and a complex structure, for which issuers have already been required to publish a transparency report summarising the most important relevant parameters. The NBH plans to further develop this report in 2022, in consultation with the issuers, with the launch of green mortgage bonds, in order to provide investors with more and better quality information on the climate risk aspects of mortgage bonds.

The NBH also pays particular attention to domestic financial and public sector actors to follow suit. Climate Risk Report, which the central bank plans to publish annually, encouraging

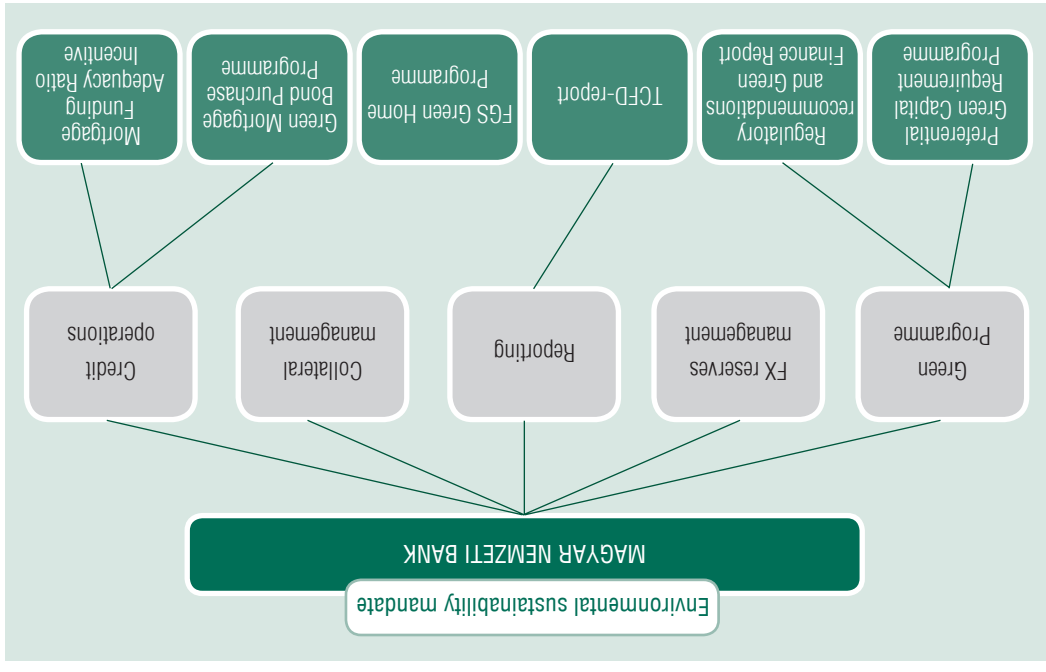
reflected in risk models, return expectations and financial product prices. However, less is said about the need for credible, easily accessible and verifiable data, without which the necessary investor confidence cannot be built; moreover, the absence of such data can also lead to an increase in the risk of greenwashing (Algooskoufis et al., 2021). A green turnaround is inconceivable without measurement, as transparency is a fundamental condition for environmental sustainability, both in terms of the starting point and of measuring the impact of the actions taken. For this, the complex set of recommendations developed by the G20 Financial Stability Board's Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD) provides an appropriate framework. The TCFD recommendations provide guidance on climate change risk disclosure

the possibility of further green changes to the collateral management framework, taking into account the latest international central bank practices. In the short term, the focus of regulators and central banks should be on improving transparency in the green securities market by developing standardised reporting practices based on consistent and reliable data.

Importance of data in the green turnaround

One precondition for the successful green transition of the economy is that financial markets take into account and appropriately assess climate risks. It can also be concluded that investors and market participants need to be able to analyse and assess sustainability aspects, and that climate risks need to be

Source: own editing



KEY GREEN INITIATIVES OF THE NBH

Figure 7

this programme (Komlóssy & Winkler, 2022). The NBH has been able to support the mortgage lending process indirectly by launching the Green Mortgage Bond Purchase Programme and, at the same time, by creating a domestic green mortgage bond market. Green mortgage bonds can be issued by banks for mortgage loans that are backed by properties with good energy efficiency indicators. These special securities therefore create the possibility for investors to buy high quality assets with a positive environmental impact, which can mean lower resource costs for the issuers, i.e. mortgage banks. In the purchase programme, domestic mortgage banks may only participate with securities that met the highest international standards, ensuring the development of best domestic practices and the creation of a liquid and transparent market (Borkó et al., 2022).

Completing the purchase programme, on the supply side, the preference provided by the NBH's macro-prudential regulation on the Mortgage Funding Adequacy Ratio (MFAAR) has also supported the development of the domestic green mortgage bond market. This will allow green mortgage bonds and refinancing loans to be counted with a weighting of 150% in the MFAAR's numerator from 2021, so that the MFAAR can provide a meaningful regulatory incentive for the issuance of green mortgage bonds without prejudice to the original financial stability objectives (NBH, 2021e). The MFAAR preference is also conditional on compliance with international standards for mortgage bonds and certification by a third-party certification body. All in all, the NBH was able to indirectly support the emergence of the domestic green mortgage bond market and, in this way, the green mortgage lending process through its high expectations and indirectly through the purchases made and

The NBH has also started to integrate climate risk considerations into one of the central elements of its monetary policy toolkit, the collateral management framework, and is one of the first central banks to do so. Collateral management is of paramount importance for the liquidity and asset management of the banking system, and thus the transformation of the framework will have an impact on the internal and market practices of the banking system, support the development of the Hungarian green securities market and contribute to the identification and optimal management of climate risks by the central bank and the banking system.

In order to achieve the above objectives, the NBH will implement the inclusion of green bonds as collateral from September 2021 onwards by applying preferential haircut rates. Accordingly, the preferential haircut – with a maximum of 5 percentage points – refers to a 20% haircut preference for green bonds compared to conventional securities. Fine-tuning the haircut scheme in this way could help achieve monetary policy objectives by supporting the channelling of funds to green projects, thereby creating more favourable liquidity conditions for banks (Kolozsi et al., 2021). The NBH will continue to monitor

Integration of green aspects in the NBH's collateral management practices

(See Figure 7)

At the same time, it can be seen that the issue of environmental sustainability is becoming an increasingly important element in the operation of mortgage banks, with the market share of green mortgage bonds issued already exceeding the comparable ratio for the European market as a whole (Bécsi et al., 2022). (See Figure 7)

housing market. It is hypothesised that, due to lower overhead costs, people living in green properties will have higher disposable incomes for repayments, which will reduce the likelihood of loan defaults, and that green properties are expected to better preserve their value in the long term, due to a tightening regulatory environment and changing consumer attitudes (NBH, 2019). Finally, the increased role of the NBH was also justified by the fact that commercial banks did not take into account the energy characteristics of properties in their mortgage lending practices before the introduction of the programmes. With these opportunities and challenges in mind, the NBH has made it a priority to support green mortgage lending, i.e. loans for energy-efficient properties.

The Green Home Programme was launched in October 2021 as a new phase of the Funding for Growth Scheme, in order to promote green mortgage lending in a targeted manner. In this programme, the central bank provides refinancing loans at an interest rate of 0% to commercial banks, which can use this resource to grant mortgage loans to their retail customers on favourable terms predetermined by the NBH. This lending can only be granted for the construction and purchase of new apartments and detached houses with very high energy efficiency, and thus the central bank instrument can make a targeted and effective contribution to the creation of modern new housing and thus to improving housing conditions. The Green Home Programme quickly gained popularity after its launch, helped by the fact that the NBH allowed it to be linked to the family housing allowance. As an indication of the success of the instrument, the volume of loans for the purchase or construction of new homes has been on an upward trend again since the beginning of 2022, with a major contribution from loans disbursed in the framework of

and modern housing.

It is no coincidence that monetary policy has taken its first green steps in relation to the housing market. Renewing the housing stock and improving its energy efficiency is a multifaceted approach to tackling a number of social, economic and environmental problems (Hungarian Energy Efficiency Institute [MEHI], 2021). Moreover, energy management has become a key area in the changing geopolitical landscape. Nearly 30% of energy in Hungary is consumed by households, of which the vast majority, nearly 60%, is linked to residential cooling and heating, while only 30% is related to transport (HCSSO, 2022). From a central bank perspective, the so-called green hypothesis also underpins the efforts to modernise the

implementation of the new strategic direction started with the announcement of two pioneering initiatives: the FGS Green Home Programme and the Green Mortgage Bond Purchase Programme. The two schemes aim to support, directly and indirectly, the construction and purchase of energy-efficient

Central bank programmes and green lending

policy instruments. We believe that a green transition of the economy is essential for Hungary's sustainable convergence, and that this requires a financial intermediary system that takes into account and effectively enforces the relevant aspects on a broad scale. By adopting the strategy, the NBH aims to promote economic transformation and the achievement of international and domestic climate goals through the use of monetary policy instruments, while at the same time contributing to consumer and social awareness and the adoption of best international practices.

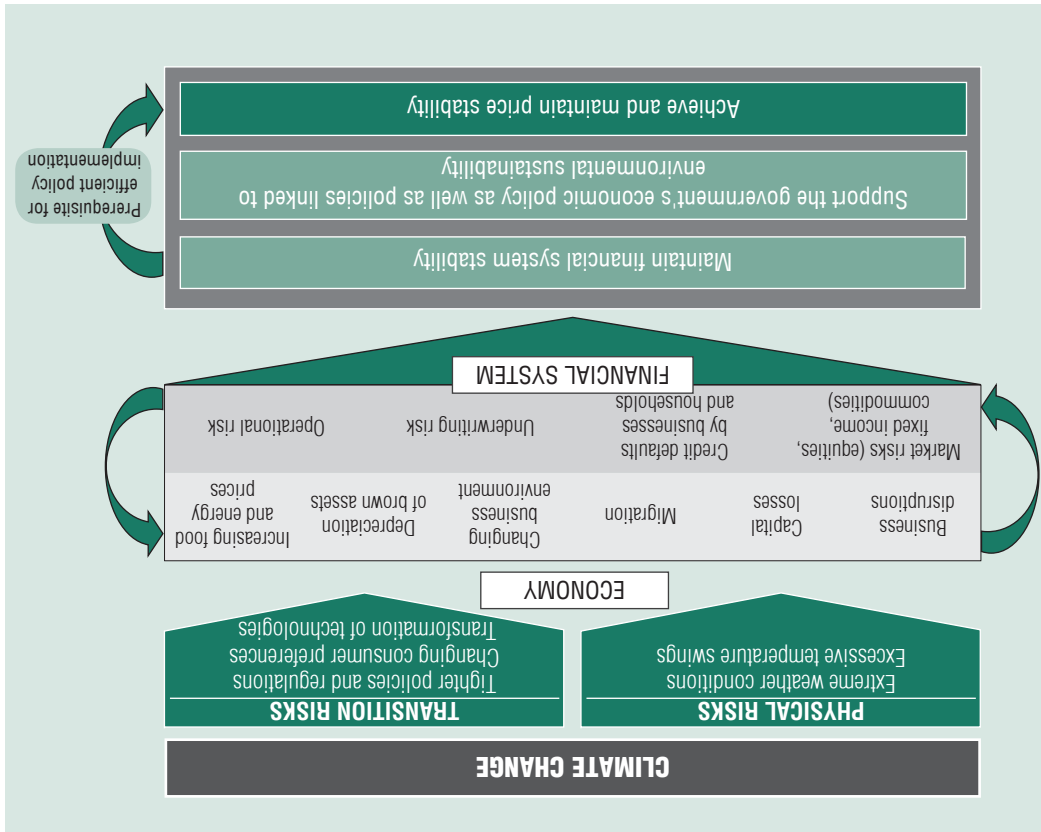
With this, it is not only the belief in the preservation of natural values, but also the achievement of the objectives set out in the central bank law that spurs us to action. In other words, we not only have an opportunity but also an obligation to act to achieve a green turnaround. However, it cannot be stressed enough that the environmental sustainability mandate can only be realised without compromising the primary objective of achieving and maintaining price stability. Green mainstreaming therefore does not, of course, imply a break with the central banks hierarchy of objectives, and it means, above all, the stronger integration of green considerations in its decision-making (Figure 6).

The new mandate clarified the need for monetary policy to also take account of environmental values. The foundations for this pioneering approach to central banking were laid down in the Green Monetary Policy Toolkit Strategy announced on 6 July 2021 (NBH, 2021d). The strategy document published presents a coherent framework of possible directions for the NBH to translate climate protection and environmental sustainability into its monetary

banks hierarchy of objectives, and it means, of course, imply a break with the central banks hierarchy of objectives, and it means, above all, the stronger integration of green considerations in its decision-making (Figure 6).

Figure 6

IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON THE NBH'S PRIMARY AND SECONDARY OBJECTIVES



Source: NBH (2021e)

As a milestone in the development of Hungarian monetary policy, the NBH's mandate was expanded to support the governments' environmental sustainability policy, following the decision of the Hungarian Parliament on 28 May 2021 (NBH, 2021c).

As a milestone in the development of general economic policy, the NBH's mandate was expanded to support the governments' environmental sustainability policy, following the decision of the Hungarian Parliament on 28 May 2021 (NBH, 2021c).

The appearance of green targets in central bank law and monetary policy

Extreme environmental phenomena, which are becoming more frequent as a result of global warming, not only adversely affect social and economic life, but also have implications for the financial stability, price stability and sustainable convergence (Lagarde, 2021). By the second decade of the 21st century, the role and responsibilities of central banks had radically changed and, as a key actor in economic policy, they cannot afford to ignore the monetary policy aspects of the transition to a carbon-neutral economic model. Based on the survey of *Dikau and Volz* (2021) focusing on central bank mandates, of the 135 central banks and monetary communities examined, only 12% explicitly address environmental sustainability, while another 40% can achieve these objectives indirectly by relying on a mandate to support

In addition to building a portfolio of green bonds, the NBH is also prioritising the monitoring of the positive environmental impacts generated by its investments. The environmental impact of the portfolio was measured and published for the first time in 2021, with the key finding that the innovative central banking practice has contributed to avoiding around 55,000 tonnes of carbon dioxide emissions annually (Elek et al., 2021). According to the survey, repeated the following year, the carbon dioxide emissions saved rose to 94,000 tonnes, mainly due to a positive change in the impact analysis of

resources by raising green awareness. The NBH is also making progress in the management of foreign exchange reserves. Following a decision by the Monetary Council, a dedicated bond portfolio was started in 2019, which contains only green-rated securities, the issuance of which has a positive environmental impact. The portfolio includes euro-denominated bonds with well-diversified geographical exposure, while the backbone of the investments is comprised of supranational institutions and issuers from the European Union. With this initiative, the NBH was among the first central banks worldwide to enforce its commitment to green targets in the field of reserve management (Scope, 2021).

markets be understood by all. In 2021, the NBH produced its first Green Finance Report, which provides a comprehensive picture of, among other things, the main environmental risks affecting the Hungarian economic and financial system, the development of the domestic green financial markets and the relevant central bank measures. The annual publication can be a first point of reference for interested market players, international organisations and Hungary's citizens, and the transparent information can indirectly promote the protection of environmental

Following adoption of the global climate targets, it soon became clear that an active contribution of the financial intermediary system is essential to achieve these targets. Financial markets must first provide the financing channels for capital allocation mechanisms, and in parallel financial markets actors must assess the risks associated with climate change and integrate environmental protection into their daily operations (Carney, 2021). As central players in the financial system and economic policy, central banks

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE PRACTICES OF THE NATIONAL BANK OF HUNGARY

friendly energy source, which provides a high degree of energy independence.

and competitive energy mix is supported by environmentally friendly, domestically produced energy sources, which not only support the green transition, but can also reduce the country's energy dependence by reducing the share of net energy imports and improve the current account. Over the past decade, Hungary's energy imports have averaged around 60%, similar to the EU average, but above the regional average. The use of renewable energy as a share of total energy use stagnated in Hungary for years, but the expansion of solar capacity lifted the ratio to 14% in 2020, which is still lower than the EU and the Visegrad Group average. The planned deployment of solar panels is well on track, but there is also considerable scope for the further deployment of environmentally friendly alternative energy types. Besides renewables, nuclear energy is another environmentally

Source: Global Footprint Network

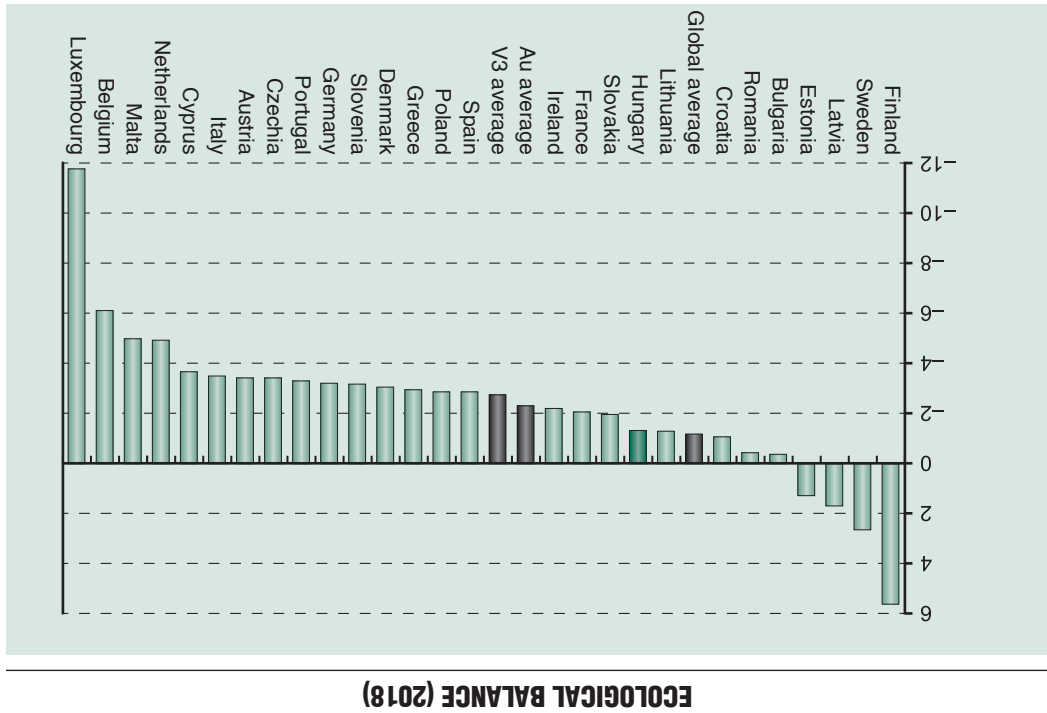


Figure 5

a positive shift in recent years, which may be due to the low level of digital development in the sector. There have been recent advances in digitalisation, accelerated by the recent coronavirus crisis, but further efforts are needed to strengthen innovative solutions and the FinTech ecosystem (NBH, 2021a). To ensure sustainable financing, the capital markets also need to be further developed and the importance of green finance must be enhanced.

Macro-financial balances are essential for sustainable growth. In addition to the positive developments seen in the financial sector, Hungary's macro-financial vulnerability has also decreased significantly in recent years, as a result of the deliberate strengthening of the domestic funding base after 2010. In addition to the reduction in public debt until 2019, the significant decline in the share of foreign ownership and the foreign exchange ratio within the debt was a positive development, supported by a significant rise in the stock of government securities held by the population. With budget deficits and public debt soaring internationally as well in the wake of the coronavirus epidemic, and the external environment becoming more uncertain in the shadow of the Russian–Ukrainian war, high household savings and the financing of public debt from domestic sources are particularly important.

Environmental sustainability

The ecological balance, one of the main indicators of ecological sustainability, shows that Hungary – like most EU countries and the global average – has a deficit, i.e. the environmental footprint exceeds the available biocapacity (*Figure 5*). However, one positive development in recent years is that both the energy intensity of the economy and carbon dioxide emissions per unit of output have fallen. Overall per-capita carbon dioxide emissions have risen in recent years, but are much lower than in the 1990s. Hungary's emissions per capita and per product are below the EU average, but the country's energy intensity, or energy use per output, is still significantly higher than the EU average, and thus there is still room for efficiency gains. On the positive side, in the field of circular economy, Hungary has made significant progress in recycling or reprocessing waste over the last two decades (over 30% ratio), but further efforts are needed in this area.

The energy mix of the economy also has a significant impact on sustainable development, especially in the current time of war, which increases the importance of energy security. The development of a green, secure

Source: ECB

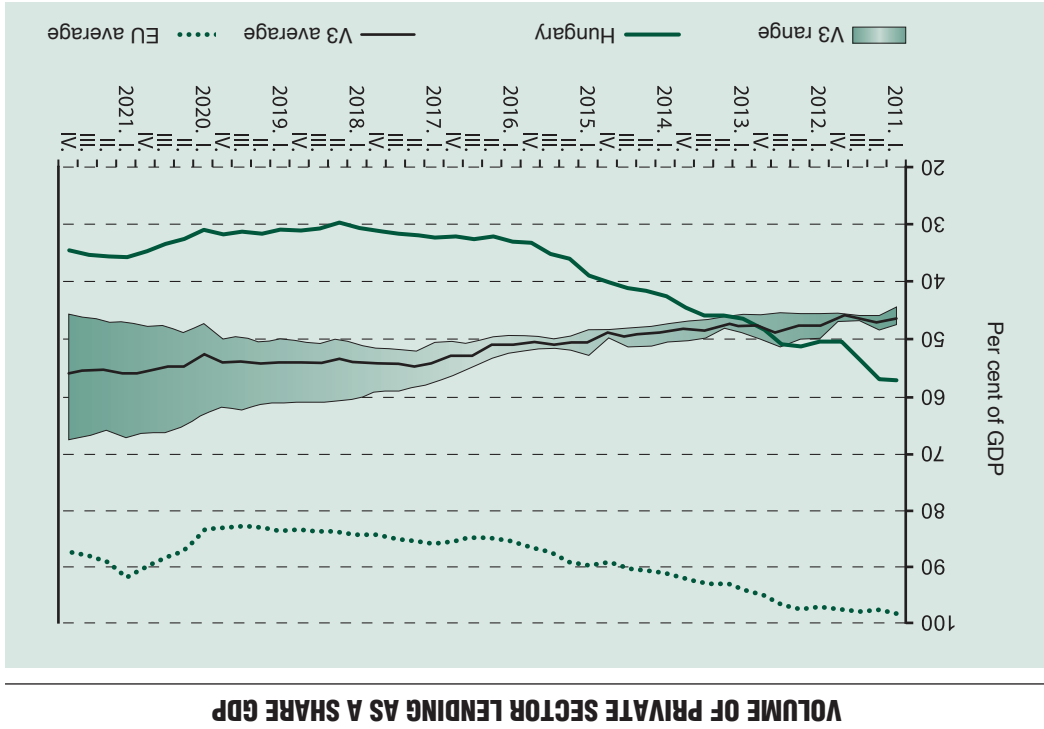


Figure 4

VOLUME OF PRIVATE SECTOR LENDING AS A SHARE GDP

and healthy credit expansion of recent years has broken the decline in the credit-to-GDP ratio, but the current ratio of around 35% is still well below the average for both the region and European countries, which represents a significant buffer for further prudent credit expansion (Figure 4). The sustainability of financing has been supported by several measures in recent years: corporate lending has benefited from central bank programmes (low interest rate environment, FGS), while household lending has benefited from the introduction of family support programmes (e.g. family housing allowance, prenatal loans) and the rise of consumer-friendly products. One challenge for the banking system is that its costs and margins are higher than average by international standards, even after

establish and maintain financial balances. One of the pillars of Hungary's financial sustainability is the banking system, which is crucial to balanced growth as a provider of financial resources and assets. In addition to a competitive, efficient banking system, the role of the capital market, FinTech financing and institutional investors is vital for stable financing and growth over sustainable economic cycles. Long-term prosperity requires financial stability, easily accessible and diversified resources, and financial solutions that keep pace with technology. In recent years, the stability of the domestic financial system has been strengthening and digitalisation has begun, but there is still room for growth in the sector. On a positive note, the dynamic

Financial sustainability

Hungary cannot catch up successfully without financial sustainability. It is also important for governments, companies and citizens to

can have a negative impact on technological development, thereby jeopardising the sustainability and inclusiveness of economic growth and convergence. By contrast, relatively moderate inequalities are less likely to generate social conflict and help to increase social mobility and labour productivity, which are essential pillars of long-term economic and social development (NBH, 2021a). In terms of income and wealth inequalities, Hungary has traditionally been among the countries with lower inequality, both in a global and an EU comparison.

The degree of income and wealth inequality is an important factor for sustainability. Indeed, one of the keys to sustainable growth is to ensure that the benefits of economic growth are shared by broad classes of the society. Inequality can be considered a natural feature of a market economy, but excessive levels of inequality can undermine social cohesion, mobility and productivity, and

indicator of health status, remains below the EU average (women: 64.5; men: 63.5) for both sexes. In terms of the effectiveness of the education system, international tests show that Hungarian students are learning the material as expected, but are less able to apply what they have learnt in the working world. Among the key factors for knowledge-led growth, participation in lifelong learning (6%) and the share of people with tertiary education (33%) are among the lowest in the EU.

Note: *HCSO data.
Source: Eurostat, HCSO

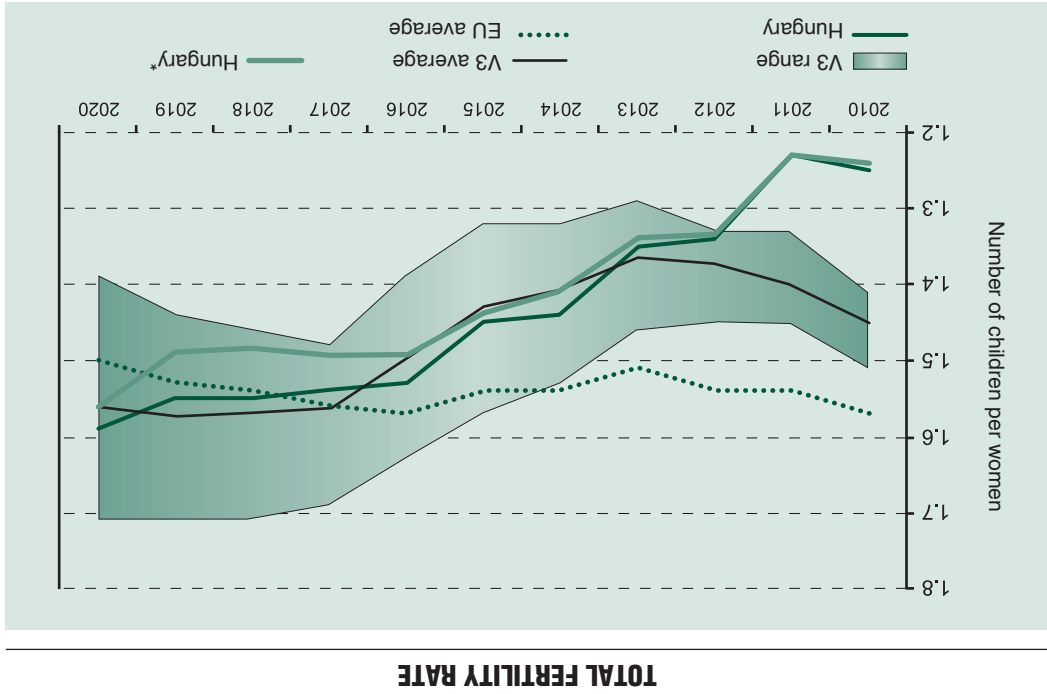


Figure 3

can facilitate the transition to an advanced knowledge- and innovation-driven growth model. Hungary's innovation performance currently lags behind the EU average, so there is room for improvement. This will require further increases in R&D&I spending and staff numbers, as well as widespread digitalisation and automation. Appropriate digital infrastructure is available in Hungary, but there is still considerable room for improvement in its use by the state, businesses and citizens (NBH, 2021a). Digitalisation of the state and the banking system is particularly important for the digital switchover. Both the state and the financial sector have made significant progress in recent years, but further improvements are needed.

From the business sector side, sustainable convergence can be supported by increasing export activity and capital investment. Besides increasing the share of exporting firms, one of the main structural factors for competitiveness and sustainable convergence is to increase the domestic value added of exports; the most important way to do this is to increase the use of knowledge-intensive services and to encourage the creation of knowledge-intensive jobs. Hungary ranks 4th lowest in the EU in terms of the domestic value added of exports, and accordingly there is room for growth. Increasing capital export would not only improve Hungary's competitiveness, but also bolster its external balance, which is one of the pillars of preserving financial sovereignty.

Sustainability must also be mainstreamed in social processes and indicators as well. Unfavourable demographic trends, high inequalities, geopolitical conflicts, epidemics and the constant adaptation to new technologies are also challenges for societies at the global level.

In Hungary – as in all EU economies – one of the most significant socio-economic challenges is a shrinking and ageing population. Demographic constraints are projected to become increasingly effective in the near future: the working-age population has fallen by nearly 540,000 since 2010 and could fall by another 360,000 by 2030 (NBH, 2022a). Successful economic convergence is difficult to achieve with a shrinking and ageing population, which makes the sustainability of economic growth and the social support systems more difficult, due to labour market developments. Demographic trends in Hungary have improved over the past decade, and the country has seen the strongest increase in fertility rates in the EU. However, it is also important to underline that the rate is currently only around 1.6, which remains below the 2.1 needed to ensure a stable population (Figure 3). Rising fertility rates are a prerequisite for reversing the unfavourable demographic trend and a key determinant of the amount of human capital active in the labour market.

Hungary has achieved full employment in recent years, but this extensive source of growth is becoming limited. For sustainable convergence, the previous extensive, high employment growth performance needs to be maintained, but intensive growth, i.e. labour productivity, needs to be strengthened. Hungarian labour productivity is one of the lowest in the EU, and increasing it would support the transition to a knowledge and innovation-driven economic model. Labour productivity is fundamentally determined by the health and skills of the population, so improving these areas is essential for sustainable growth. Despite an increase in recent years, the number of years of healthy life expectancy (women: 63.5; men: 61.6), which is a key

Social sustainability

and the constant adaptation to new technologies, geopolitical conflicts, epidemics and the constant adaptation to new technologies are also challenges for societies at the global level.

In Hungary – as in all EU economies – one of the most significant socio-economic challenges is a shrinking and ageing population. Demographic constraints are projected to become increasingly effective in the near future: the working-age population has fallen by nearly 540,000 since 2010 and could fall by another 360,000 by 2030 (NBH, 2022a). Successful economic convergence is difficult to achieve with a shrinking and ageing population, which makes the sustainability of economic growth and the social support systems more difficult, due to labour market developments. Demographic trends in Hungary have improved over the past decade, and the country has seen the strongest increase in fertility rates in the EU. However, it is also important to underline that the rate is currently only around 1.6, which remains below the 2.1 needed to ensure a stable population (Figure 3). Rising fertility rates are a prerequisite for reversing the unfavourable demographic trend and a key determinant of the amount of human capital active in the labour market.

Hungary has achieved full employment in recent years, but this extensive source of growth is becoming limited. For sustainable convergence, the previous extensive, high employment growth performance needs to be maintained, but intensive growth, i.e. labour productivity, needs to be strengthened. Hungarian labour productivity is one of the lowest in the EU, and increasing it would support the transition to a knowledge and innovation-driven economic model. Labour productivity is fundamentally determined by the health and skills of the population, so improving these areas is essential for sustainable growth. Despite an increase in recent years, the number of years of healthy life expectancy (women: 63.5; men: 61.6), which is a key

years, with the relative productivity of Hungarian SMEs approaching that of large domestic firms, but their productivity is still below 60% of that of large firms. Moreover, there are still only a few SMEs that export (6%) and the sector's innovation performance lags behind the EU average. On the positive side, the domestic business investment rate has exceeded the EU average in recent years, but there is still room for growth in smart investment (NBH, 2021a).

Permanent and sustainably high investment rates are an important pillar of sustainable convergence (Palotai & Virág, 2016). Historical experience shows that countries with consistently high investment rates (at least 25%) have achieved higher levels of development, but it is not only the volume of investment that matters, but also its structure. The Hungarian investment rate rose to a historic high of 27% in 2021, the second highest among EU Member States, but Hungary's share of smart investment (investment in the ICT sector and intangible assets) is at the bottom of the EU ranking, at around 3% in recent years (Figure 2). Smart investments increase both GDP and productivity in an energy- and environmentally-friendly way, making their importance for sustainability paramount. According to Szabó and Várnai (2021), rapid growth has typically occurred in countries where the growth of ICT capital played a larger role in the increase in capital stock.

Strengthening R&D&I activities can also contribute to productivity growth, which

years, with the relative productivity of Hungarian SMEs approaching that of large domestic firms, but their productivity is still below 60% of that of large firms. Moreover, there are still only a few SMEs that export (6%) and the sector's innovation performance lags behind the EU average. On the positive side, the domestic business investment rate has exceeded the EU average in recent years, but there is still room for growth in smart investment (NBH, 2021a).

Permanent and sustainably high investment rates are an important pillar of sustainable convergence (Palotai & Virág, 2016). Historical experience shows that countries with consistently high investment rates (at least 25%) have achieved higher levels of development, but it is not only the volume of

SMART INVESTMENTS AS A SHARE OF GDP

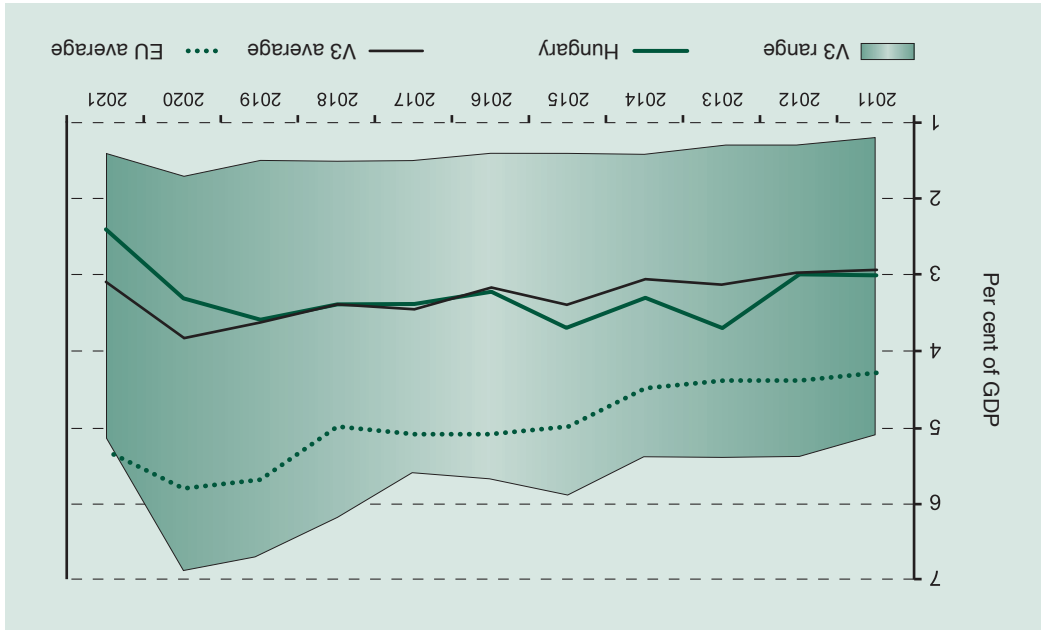


Figure 2
 Note: Smart investments are investments in the ICT sector and in intellectual assets. Data on the share of ICT investment in Poland is not available.
 Source: Eurostat

an important role in sustainable growth. However, in advanced economies, it can be observed that the slowdown in economic growth is mainly driven by a slowdown in productivity growth (Bergaud et al., 2016). Looking ahead, the question is whether slowing productivity expansion and economic growth will dominate, or whether technological waves could open a new chapter for the global economy. The two scenarios can occur simultaneously: firms in the “traditional” economy face diminishing returns, while firms that adapt innovations are able to exploit the potential of increasing returns by continuously channelling technology and knowledge (NBH, 2022b).

To ensure sustainable growth, it is essential to increase the productivity of domestic firms and, along with that, reduce the productivity gap between large firms and SMEs. Corporate quality has declined significantly in recent

relative to the EU average should increase by 2.7 percentage points per year from 75.9% in 2021 (NBH, 2022a). To this end, strengthening sustainability and competitiveness is essential in the economic, social, financial and environmental dimensions. In its discussion paper, *A New Sustainable Economics*, published in spring 2022, the NBH analyses in detail the dimensions of sustainability and draws attention to the fundamental transformation of economic thinking that is needed to achieve the sustainability turnaround (NBH, 2022b).

One of the key factors of sustainability in economic terms is efficiency or productivity, i.e. how much value can be produced using one unit of resource. Technological progress, and through it productivity growth, plays

Economic sustainability

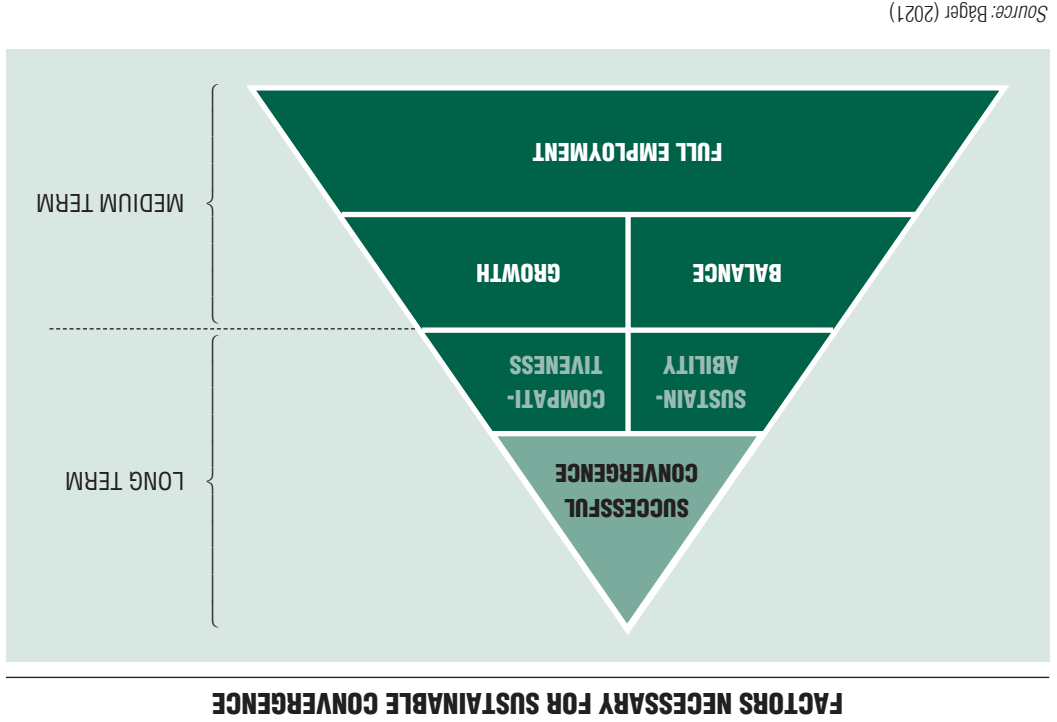


Figure 1

ASPECTS OF SUSTAINABILITY
AND THEIR IMPORTANCE FOR THE
FUNCTIONING OF THE ECONOMY

Sustainability is now an unavoidable concept that touches on virtually every aspect of life, and therefore needs to be mainstreamed into economic thinking and decision-making. We have entered an age of uncertainty, and thus we need to relate differently to each other and to the world around us. Our future will be based on knowledge, value and culture, and the convergence processes driven by new visions can only be organised around the idea of sustainability (Matolcsy, 2022).

The current challenges and megatrends of the 21st century – such as global warming, the depletion of environmental resources, digitalisation, geopolitical tensions and slowing economic growth – cannot be addressed with the ideas and tools of the 20th century: new foundations and approaches are needed. A country's socio-economic system is considered sustainable if its environmental, social, financial and real economy resources are used in a sustainable manner to achieve and maintain long-term prosperity. According to the 1987 report of the UN World Commission on Environment and Development, it is necessary to use the resources of the present without compromising the ability of future generations to meet their needs, thereby ensuring the long-term well-being of a country's citizens (Brundtland, 1987).

In line with the above basic principles, the four aspects of sustainability – economic, social, financial and environmental sustainability – are presented in this paper, highlighting the impact of each on economic growth and the functioning of the economic system as a whole. I then describe how environmental sustainability aspects are reflected in the practices of the National Bank of Hungary (NBH), including supervisory, reserve management, monetary policy, collateral management and data-related measures. The paper closes with some concluding thoughts.

In order for Hungary to achieve sustainable convergence, we must transpose the medium-term recipe of *economic balance and growth* into a long-term recipe for *sustainability and competitiveness* based on the same principles (*Figure 1*). This requires a shift from the previous quantitative (extensive) growth model, which also has qualitative features, to a fundamentally qualitative (intensive) model, while preserving the results achieved so far. Hungary's sustainable catching-up is also promoted by the NBH's publication *Sustainable Balance and Convergence*, which contains 144 proposals in 12 key areas (NBH, 2022a).

Between 2010 and 2019, three quarters of Hungary's GDP growth came from the increase in workforce and investment (41 and 31%, respectively), while the impact of improvements in technology and efficiency amounted to only 28%. However, the quantitative conditions for growth are limited, as employment can hardly be increased further and investment rates are among the highest in the EU. Therefore, labour and capital efficiency, i.e. productivity and technological development, must be increased in the coming years. Boosting productivity is key to achieving higher levels of development (Eichengreen et al., 2011), which is facilitated by, among other things, a quality education system, support for innovation, advanced infrastructure and an appropriate institutional environment (Agénor & Canuto, 2012; Agénor, 2017).

In order for Hungary's economic development to continue and the country's economic growth surplus of around 3.5% compared to the EU, Hungary's economic development

The Appearance of Economic, Social, Financial and Environmental Sustainability Aspects in the Practices of the National Bank of Hungary

György Matolcsy
National Bank of Hungary
matolcsygy@mb.hu

SUMMARY

Sustainability is at the heart of the challenges in the 21st century. Economic, social, financial and environmental sustainability also fundamentally determine the functioning of the economic system, which means that the convergence process, guided by new visions, can only be organised around the idea of sustainability. The revolution in thinking on sustainability has also reached the community of central banks, and the National Bank of Hungary was one of the first central banks to take meaningful steps to integrate environmental sustainability considerations into the regulatory framework of the banking system, reserve management, monetary policy, collateral management and data disclosure. In its strategy documents, the Bank has defined its mission to be an active participant in the transition to a low-carbon economy.

KEYWORDS: sustainability, catching up, central bank, monetary policy
JEL codes: Q01, E50, E58

DOI: https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_3_1

the last article of our focus section, Péter Malits and his co-authors shed light on the possible real economic consequences of the attitude of financial actors regarding climate change as well as the realized risks thereof.

In our study section, we present two papers. Eleonóra Maroušková compares the economic cycles of Slovakia and the other countries of the Visegrad Group in the period between 2003 and 2021, while Lenka Hudáková Stašová evaluates the effectiveness of the audits carried out by the SAs of the V4 countries in the public administration between 2005 and 2020 from several aspects.

I trust that the professional and scientific results published in our issue will be used as much as possible, and will support the substantiation of economic policy decisions.

László Windisch,
 Editor-in-Chief
 of Public Finance Quarterly

Dear Reader,

as the new Editor-in-Chief of Public Finance Quarterly, I highly appreciate that the journal of the State Audit Office of Hungary, being published quarterly in Hungarian and English, with half of a century's traditions, represent a high standard in the Hungarian and international academic world, its publications create wide interest in both professional and academic circles, the papers have a high impact and generate significant citations. The studies published in the journal are reviewed by major international databases with high reach and esteem, such as the English-language Elsevier Scopus, WoS, RePEc or the Chinese-language CNKI. As in the past, our main goal in the future remains to maintain and increase the current scientific ranking and quality of the journal.

The focus of our newly published issue is "Sustainability, Energy, Security and Supply". The topic is particularly relevant in 2022, as the rise in energy prices and the unprecedented volatility of the markets not only raises the interest and concern of the scientific and financial world, but has emerged as a central, unavoidable topic in the lives of all Hungarians and Europeans. Therefore, the new issue examines current questions concerning sustainability, energy and security of supply from the perspective of as many scientific fields as possible. The authors of the studies include the President of the National Bank of Hungary (Magyar Nemzeti Bank), researchers from the Budapest University of Technology and Economics, and well-known experts in the Hungarian energy sector. It is important that the published studies present the latest results using the most up-to-date data available in this extremely fast and dynamically changing world. This characterizes our newly published issue as well.

In the first study of the focus section of the new issue, György Matolcsy points out that one of the central elements of the challenges posed by the 21st century is sustainability, highlighting that economic, social, financial and environmental sustainability fundamentally determine the operation of the economic system. The president of the National Bank of Hungary also explains what environmental sustainability aspects have appeared in the practice of the central bank, being considered a pioneer in this field. In his publication, Márton Németh describes the production and storage possibilities of renewable energy, as well as the economic effects and profitability indicators thereof. András Giday and László Fritsch examine the use of natural gas in Central and Southeastern Europe, the level and structure of consumption within the region, and also analyze the network developments of the past decade and a half, such as the construction of LNG ports. Ferenc Bognár and Elvira Böcskei present a possible model to support the achievement of corporate carbon neutrality, while Noémi Piricz and Balázs Révész analyze the lessons learned from the operation of smart grid, the modern intelligent electricity network of the near future. István Vokony and his co-authors examine the business opportunities of gas engine power supply. In

- **ELÉONORA MATOUŠKOVÁ**
PhD, Assistant Professor,
University of Economics in Bratislava, Faculty of National Economy
- **PÉTER MÁJTIS**
Consulting Intern,
EY, Corvinus University of Budapest
- **MARTON NÉMETH**
PhD, Research Associate,
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Electrical
Engineering and Informatics, Department of Electronics Technology
- **NOÉMI PIRICZ**
PhD, Habilitated Associate Professor,
Óbuda University, Keleti Károly Faculty of Business and Management
- **BALÁZS RÉVÉSZ**
PhD, Associate Professor, Head of Institution,
University of Szeged, Faculty of Economic Sciences
- **BALINT SINKOVITS**
Research Associate,
Budapest University of Technology and Economics, Department
of Electrical Engineering
- **PÉTER MÁRK SÖRÉS**
Assistant Lecturer,
Budapest University of Technology and Economics, Villamos Department
of Electrical Engineering
- **MÁRIA SZALMÁNYÉ CSÉTE**
PhD, Associate Professor,
Budapest University of Technology and Economics, Department
of Environmental Economics and Sustainable Development
- **ISTVÁN VOKONY**
PhD, Associate Professor,
Budapest University of Technology and Economics, Department
of Electrical Engineering

Authors of this Issue

- FERENC BOGNÁR
PhD, Scientific Associate,
Budapest University of Technology and Economics, Department
of Management and Business Economics
- ETVIRA BÖCSKEI
PhD, Habilitated Associate Professor, Head of Department,
Budapest University of Technology and Economics, Department of Finance
- DÁNIEL DIVÉNYI
PhD, Associate Professor,
Budapest University of Technology and Economics, Department
of Electrical Engineering
- ARON DRABANCS
PhD Student, Analyst,
Corvinus University of Budapest, Doctoral School of Economics
and Business Informatics; National Bank of Hungary
- LÁSZLÓ FRITSCH
CEO,
MVM CEEnergy Zrt.
- ANDRÁS GIDAY
Member of the Editorial Board,
Public Finance Quarterly
- MÁRTON EL-MEBOUCH NEDIM
PhD Student, Analyst,
University of Pécs, Doctoral School of Earth Sciences; National Bank
of Hungary
- LENKA HUDÁKOVÁ STAŠOVÁ
PhD, Assistant Professor,
Technical University of Košice, Department of Finance, Faculty
of Economics
- GYÖRGY MATOLCSY
President,
National Bank of Hungary



EDITORIAL COMMITTEE

Jean-Raphaël Alventosa, György Barcza, Gusztáv Báger, Tamás Bánfi,
Gusztáv Bienerth, Bilal Mehmood, Artila Chikan, Magdolna Csath,
Boglárka Deák-Zsóter, László Domokos, Ádám Farkas, Erzsébet Gém, András Giday,
Péter Halmai, Karalim Huzdik, György Koccziszky, Pál Péter Kolozsi, Árpád Kovács,
Gábor Kurasi, Mónika Kuti, Csaba Lennér, Alexandra Lukszander, Bettina Martus,
György Marolcsy, Jacek Mazur, Erzsébet Németh, Eva Palócz, Bianka Parragh,
Tibor Pál, Gyula Zoltán Pulay, Csaba Balázs Rigó, Péter Sasvári, Eva Kriszt Sándorné,
József Simon, György Szapáry, Krisztina Szegedi, Tibor Taray, Mihály Varga,
Balint Tamás Vargha, József Veress, Mariann Somosi Veresné, Tihamér Warvasovszky,
László Windisch (Editor-in-Chief), Zoltán Zéman

EDITOR STAFF

Erzsébet Németh (Senior Editor),
Gusztáv Báger, Boglárka Deák-Zsóter, András Giday, Pál Péter Kolozsi,
Csaba Lennér, Gyula Zoltán Pulay, Péter Sasvári, József Simon (Columnists),
Gábor Kolozsi (Editor), Tamás Kardos (Proof-Reader),
Eva Páló (Layout Editor), Viktor Milanov (Editorial Staff)

Public Finance Quarterly publishes articles proofread by editorial committee
members holding scientific degrees. We use the so-called 'double-blind proofreading'
method, i.e. the proofreader and author are unknown to one another.

Articles published in the Public Finance Quarterly are reviewed in the following scientific
databases: Elsevier Scopus, Web of Science Emerging Sources Citation Index, EBSCO,
ProQuest, CrossRef (DOI), Research Papers in Economics (RePEc), EconBiz, Directory
of Open Access Journals (DOAJ), SocioNet, Google Scholar, CNKI and MATARKA.

Scimago Journal Rank (SJR): Q4
RePEc Impact Factor: 0,327

© No part of this publication may be reproduced or distributed for commercial use in any form
or by any means without the prior permission of the Publisher.

Public Finance Quarterly – Journal of Public Finance ■ Editorial Office e-mail address: szemle@asz.hu
<https://www.penzugyiszemle.hu/penzugyi-szemle-folyoirat/>
■ Published by: State Audit Office, 1052 Budapest, Apáczai Cs. J. u. 10., phone: (1) 484 9100
■ Translation: Situational Language School Ltd. ■ Printed by State Audit Office, Budapest
■ HU ISSN 0031-496-X, www.asz.hu

The Public Finance Quarterly pursues the primary goal of providing a credible picture on the financial systems, the main features of the operations of public sector and national economy, the efforts to catch up with economically developed countries and build future and on the related professional debates. Another goal is to achieve that the professional results as published in our periodical are utilized as much as possible, promote the spreading of a better financial culture, provide solid foundations for decision-making in the fields of finance and economic policy, and contribute to good governance.

This professional periodical deals mainly with the issues of public finances, is published quarterly under the administration of the State Audit Office of Hungary as editor, includes in a single volume the Hungarian and English versions of the published writings, has more than fifty year tradition, up-to-date typographic design, a permanent structure of topics for the published writings and undergoes a major renewal resulting in an enrichment of the contents.

The Public Finance Quarterly welcomes to receive professional papers in English and/or Hungarian. It is to be noted that articles capable of attracting international interest are published by the Editorial Committee in both languages in the same issue.

Primarily, we publish in the periodical articles analyzing monetary and fiscal policies from a theoretical or empirical point of view. Likewise, we welcome practical assessments, analyses on financial and accounting issues that were prepared by using Hungarian or international databases. Articles presenting novelties in financial instruments, derivatives, accounting techniques (of corporations/national accounts alike) or introducing how to calculate the yield and risk of financial investments, securities, loans or scrutinizing the development of financial sector (e.g. that of the Stock Exchange, money market) in a macroeconomic context are also well received. Public Finance Quarterly intends to expand the scope of financial knowledge in Hungary through publishing the most up-to-date theories, approaches. Therefore, we are also awaiting articles on financial mathematics, or studies that belong professionally to the forefront and introduce the latest financial innovations, techniques. The write-ups included in the periodical on recently published books serve the same purpose.

Please send your manuscript to the following e-mail address: szemle@asz.hu

Further information is on the website of the journal: www.penzugyiszemle.hu

Content

313	EDITORIAL
	FOCUS
	SUSTAINABILITY, ENERGY, SECURITY OF SUPPLY
315	GÖRGEY MATELCSY: The Appearance of Economic, Social, Financial and Environmental Sustainability Aspects in the Practices of the National Bank of Hungary
335	MÁRTON NÉMETH: Renewable Energy Production and Storage Options and their Economic Impacts in Hungary
358	ANDRÁS GIDAV, LASZLÓ FRITSCH: Natural Gas in Central and Southeastern Europe: Market Unification and New Challenges
379	FÉRENC BOGNÁR, ELVIRA BÖCSKEI: Potential Model to Support the Achievement of Corporate Carbon Neutrality
396	NOÉMI PIRICZ, BALÁZS RÉVÉSZ: Lessons Learned from an Operational Smart Grid Through the Example of a Local Government in Hungary
413	ISTVÁN VOKONY, BÁLINT SINKOVICS, PÉTER MÁRK SÖRÉS, DÁNIEL DIVÉNYI, MÁRIA SZALMÁNE CSÉTE: Business Opportunities in Power Supply with Gas Engines in the Health Sector
430	PÉTER MÁLITS, EL-MEUGH NEDIM MÁRTON, ARON DRABAN CZ: Possible Real Economic Consequences of Financial Actors' Attitudes Towards Climate Change and Realized Risks
	STUDIES
448	LENKA HUDÁKOVÁ STAŠOVÁ: Assessment of Audit Activities in the Public Administration with a Focus on the Types of Audits. Practice in the Public Sector of the V4 Countries
463	ELEONÓRA MATOVŠKOVÁ: Comparison of Economic Cycles of the Slovak Economy and Other Visegrad Four Countries
482	A GUIDE TO PUBLISHING