

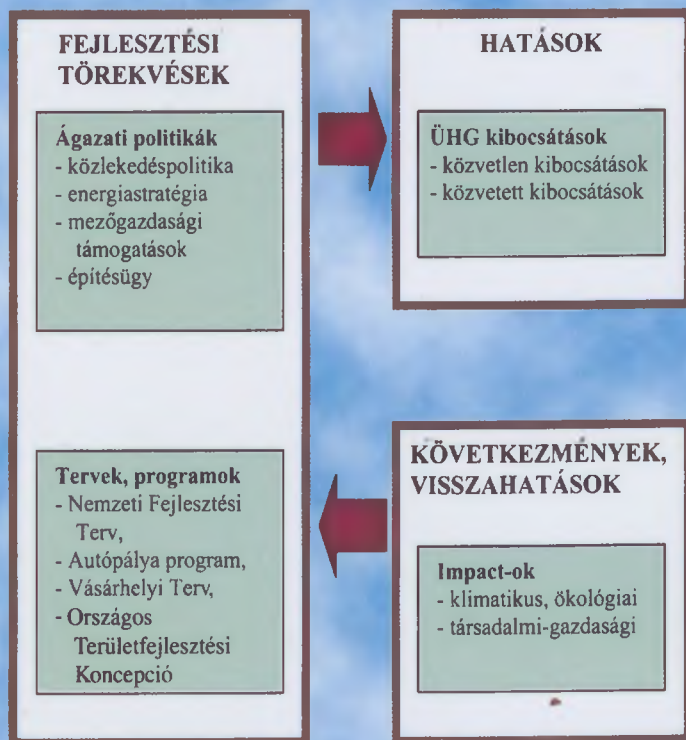
319.869

"AGRO-21" Füzetek

KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

47/2006

Fejlesztések és az éghajlatváltozás kapcsolatrendszere



Forrás: Pálvögyi T. tanulmánya

A TARTALOMBÓL

A stratégiai környezeti vizsgálatok klíma elemei

Az árkerzési rendszer korszerűsítése a közlekedésben

A klímaváltozás útburkolatra gyakorolt hatása

Klímaváltozás és a közlekedés kölcsönhatása

Fagyvédelem a zöldségtermelésben

A légköri aeroszolok közvetett éghajlati hatásai

Fenológiai extrémítások a Kárpát-medencében

Hőmérsékleti maximum értékek agroklimatológiai elemzése

2006. 47. szám

„AGRO-21” FÜZETEK
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“AGRO-21” BROCHURES
CLIMATE CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„AGRO-21“ HEFTE
KLIMAÄNDERUNG – AUSWIRKUNGEN – LÖSUNGEN

«АГРО-21» БРОШЮРЫ
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА – ВЛИЯНИЯ – ОТВЕТЫ

SZERKESZTI:

CSETE LÁSZLÓ
c. egyetemi tanár

KIADJA:

AZ „AGRO-21” KUTATÁSI PROGRAMIRODA
1061 Budapest, Andrássy út 23.
Telefon/Fax: 342-7571
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

FELELŐS KIADÓ:

LÁNG ISTVÁN
akadémikus

ISSN 1218-5329

Készült:
AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

TARTALOM

TANULMÁNYOK

<i>Pálvölgyi Tamás</i> : A stratégiai környezeti vizsgálatok klíma elemei	3
<i>Tánczos Lászlóné – Bokor Zoltán</i> : A közlekedés klímaváltozási hatásai, különös tekintettel a közlekedési árképzési rendszerekre	16
<i>Török Ádám</i> : Klímaváltozás és a közlekedés kölcsönhatása	27
<i>Gáspár László</i> : A klímaváltozás útburkolatokra gyakorolt hatása	31
<i>Geresdi István</i> : A légköri aeroszolok közvetett éghajlati hatásai	40
<i>Slezák Katalin</i> : Fagyvédelem a zöldségtermelésben	47
<i>Varga-Haszonits Zoltán – Varga Zoltán – Lantos Zsuzsanna – Enzsölné Gerencsér Erzsébet</i> : Az 1951–2000 közötti időszak hőmérsékleti maximum értékeinek agroklimatológiai elemzése	55
<i>Surányi Dezső</i> : Fenológiai extrémítások gyümölcsstermő fajokon a Kárpát-medencében (VI–XIX. sz. között)	70
Summary	85
Contents	91

MTA KÖNYVTÁR ÉS
INFORMÁCIÓS KÖZPONT

A STRATÉGIAI KÖRNYEZETI VIZSGÁLATOK KLÍMA ELEMEI

PÁLVÖLGYI TAMÁS

ÖSSZEFOGLALÁS

Szinte valamennyi civilizációs tevékenység „mellékhatása”, hogy üvegházhatású gáz kibocsátással jár, és sajátos jellegzetessége az éghajlatváltozás problémakörének, hogy a változó környezeti feltételek visszahatnak a klímakárosító társadalmi-gazdasági tevékenységekre is. Alapvető kérdés, hogy a ma induló, hosszú távon ható programok, tervek, fejlesztések milyen hatást gyakorolhatnak a jövő éghajlatára, illetve a változó éghajlat hogyan befolyásolhatja e fejlesztések sorsát és hatékonyságát. A jelen kutatás fő célkitűzése, hogy a stratégiai környezeti vizsgálat (SKV) keretében kísérletet tegyen a fejlesztési törekvések éghajlatváltozással összefüggő szempontjainak értékelésére.

A legfontosabb megállapítások a következők:

(1.) Az ágazatok (és a szektorokon belüli technológiák, alágazatok, intézkedések) „érintettsége” erősen differenciált az éghajlatváltozás szempontjából. A fejlesztési elemek közvetett és közvetlen ÜHG kibocsátásának figyelembevételével, továbbá az éghajlatváltozás fejlesztésekre gyakorolt visszahatásán keresztül mód nyílik a fejlesztési elemek éghajlati vonatkozásainak objektív elemzésére. 7 ágazat, 33 fejlesztési elemének vizsgálata alapján három klíma kategóriába soroltuk a fejlesztéseket. Javasoljuk, hogy az első kategóriába eső fejlesztések esetén (pl. erőmű létesítés, tüzelőanyag-váltás, közlekedésfejlesztés, intenzív agrártermelés stb.) feltétlenül készüljön éghajlatváltozási hatáselemzés.

(2.) Az éghajlatváltozási hatáselemzés jól illeszkedik a stratégiai környezeti vizsgálathoz. Az SKV jogi és módszertani keretei alkalmazhatók az éghajlati hatáselemzések-nél, és ezek szerves részét képezhetik a stratégiai környezeti vizsgálatoknak. Az éghajlat-változási hatáselemzés módszertanának első lépéseként kidolgoztunk egy éghajlat-védelmi szempontú fenntarthatósági értékrendet, mely 14 összehasonlító kritériumot, feltételt támaszt a fejlesztésekkel szemben. Az említett 7 ágazat, 33 fejlesztési eleméhez a DPSIR modellben konkrét, szektor specifikus éghajlatvédelmi indikátorokat adtunk meg. Kialakítottuk a hatáselemzés keretében megadható javaslatokat az éghajlatvédelmi szempontok érvényesítésére, valamint az éghajlatvédelmi teljesítmény nyomon követésére szolgáló monitoring indikátorokat. Végül szempontokat adtunk a fejlesztésekkel kapcsolatos, éghajlatvédelmi fókuszáltságú társadalmi participáció szempontjaira.

(3.) A kutatás továbbvitelének egyik lehetséges iránya a fejlesztési törekvések „éghajlatvédelmi gyorstesztjének” kialakítása, amely már a tervezés korai fázisában lehetőséget teremtene az alternatív megvalósítási elképzelések éghajlati szempontú értékelésére. Ezen eljárás centrális eleme egy olyan makro mutató kidolgozása lehetne, amely – az ökológiai lábnyom koncepciójához hasonlóan – az ágazatok éghajlatvédelmi jelentősége és a kialakított indikátorok segítségével egyetlen teljesítmény-mutatóban (Climate Change Performance Index) fejezné ki a fejlesztések éghajlatvédelmi megfelelőségét.

BEVEZETÉS

A szélesebb értelemben vett éghajlat (a levegőkörnyezet és a vele kölcsönhatásban álló ökoszisztémák és társadalmi-gazdasági rendszerek állapotának tér- és időbeni alakulása) egyike a valaha is tanulmányozott legbonyolultabb rendszereknek. Mind több jel mutat arra, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátása erősödése következtében globális felmelegedéssel, tengerszint-emelkedéssel, az évszakok és az éghajlati övek eltolódásával járó *komplex környezeti válság fenyeget.*

A klímakárosító gázok kibocsátása a társadalom és a gazdaság működésének szinte valamennyi szintjét áthatja. Nemcsak az erőművi energiatermelés és a közlekedés, hanem többek között az épületek fűtése, a turizmus, a mezőgazdaság, a földhasználat változása, az infrastrukturális beruházások stb. is felelősek az éghajlatváltozás kockázatának növekedéséért. Sajátos jellegzetessége az éghajlatváltozás problémakörének, hogy a változó környezeti feltételek visszahatnak a klímakárosító társadalmi-gazdasági tevékenységekre is; melynek következményei megjelenhetnek a környezeti fenntarthatóság, a társadalmi jólét és a gazdasági versenyképesség területein.

Alapvető kérdés, hogy a „ma” induló, hosszú távon ható programok, tervek, fejlesztések milyen hatást gyakorolhatnak a „jövő” éghajlatára, illetve a változó éghajlat hogyan befolyásolhatja e fejlesztési törekvések sorsát és hatékonyságát. E kérdés megválaszolása szorosan kapcsolódik a fejlesztési törekvések fenntarthatóságához, illetve a környezeti értékrendnek a társadalom és a gazdaság működésébe történő teljes körű integrálásához.

1. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS MINT TERVEZÉSI KÖVETELMÉNY

Az éghajlatváltozás egyik el nem hanyagolható jellegzetessége, hogy a klímakárosító gázok kibocsátásáért számos ágazat

„felelős”, és a – többnyire nem kívánatos – hatások is az élet és a gazdaság szinte valamennyi szintjén jelentkeznek. E jellegzetesség arra indít, hogy az *éghajlatváltozást mint külső tervezési követelményt* kezeljük. A jelen fejezetben összegezzük az éghajlatváltozással kapcsolatos mérlegelések jelentőségét, részletezzük az érintett ágazatokat, klímakárosító tevékenységeket és hatásokat (IPCC, 2001).

Klímakárosító tevékenységek, hatások és következmények

A különféle társadalmi-gazdasági tevékenységeket, fejlesztéseket az életciklus-szemlélet alapján a következőképpen értékelhetjük, az éghajlatváltozás szempontjából:

(a) *Közvetlen üvegházgáz kibocsátás vagy megkötés:* a fejlesztési törekvés megvalósulása esetén, a működési időtartama során, a fejlesztés közvetlen következtében milyen mértékű CO₂, CH₄, N₂O stb. kibocsátások léphetnek fel (pl. fosszilis tüzelőanyagok elégetése), milyen mennyiségű ÜHG kibocsátást vált ki (pl. megújulók), illetve milyen közvetlen biomassza alapú szén megkötéssel jár (pl. erdősítés).

(b) *Közvetett üvegházgáz kibocsátás vagy megkötés:* ide sorolhatók a fejlesztési törekvés előkészítése (pl. építés) során, valamint a fejlesztés által más helyszínen gerjesztett CO₂, CH₄, N₂O stb. kibocsátások (pl. forgalomnövekedés), valamint biomassza alapú szén megkötés.

(c) *Elsődleges éghajlati hatótényezők:* a várható éghajlatváltozás következtében változó környezeti, természeti és ökológiai feltételek hatása a fejlesztési törekvésekre.

(d) *Másodlagos éghajlati hatótényezők:* a várható éghajlatváltozás (illetve a komplex környezeti változás) okozta társadalmi-gazdasági hatások befolyása a fejlesztési törekvésekre.

Az 1. táblázatban egységes struktúrában vizsgáljuk, hogy az egyes ágazatok

(VAHAVA, 2005; EEA, 2004) miképpen viszonyulnak az éghajlatváltozáshoz. (A teljes körű és mélységű szektorális összefüggések feltárása túlmutat a jelen kutatás keretein.) Az éghajlatváltozás fentebb bemutatott szempontjainak jelentőségét a kockázatelemzésben szokásos módszerrel (ADB, 1990), négyfokozatú skálán értékeljük. Lényegesnek tartjuk megjegyezni, hogy az értékelés nem elsősorban az ÜHG kibocsátás mértékét, vagy a működés sérülékenységét „méri”, hanem az éghajlatváltozás mint tervezési szempont fontosságát, jelentőségét vizsgálja, az alább részletezett tevékenységek esetében.

A szén- és földgázüzemű erőművek működése – a technológiától és az alkalmazott tüzelőanyagtól függően – különböző mértékű, de jelentős (közvetlen) CO₂ kibocsátással jár. Az energiahordozók kitermelése (szén-, uránbányászat, földgáz kitermelés) metán emissziót, mint másodlagos kibocsátást von maga után, a tüzelőanyagok szállítása, illetve a „nagy erőművek” építése és építőanyagigénye szintén üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátást okoz. Ugyanakkor az atomerőmű, a diverzifikált megújuló energiaellátó rendszerek (szélerőművek, biogáz, depóniagáz hasznosító mini erőművek, törpe vízművek) jelentős mennyiségű ÜHG kibocsátást váltanak ki. Az éghajlatváltozás kedvezőtlen ökológiai következményei elsősorban a fatüzelésű erőműveket érinthetik (faösszetétel és erdészeti hozam változása), de a változó szélviszonyok a szélerőművek teljesítményét is befolyásolhatják. Ha az éghajlatváltozás következményei kihatnak a gazdasági teljesítményre (pl. szállítási költségek, adók növekedése, import-energia versenylőnye stb.), az elsősorban a „kis létesítményeket” érintheti kedvezőtlenül.

A közlekedési ágazaton belül a motorüzemanyagok elégetése jelentős közvetlen ÜHG-forrás, de a villamos vontatású vasút is – az „erőművek oldalán” – CO₂ kibocsátást von maga után. Az autópályák és repülőterek építése számottevő energiafelhasználással és így közvetett ÜHG kibocsátással

jár, de a járműgyártás kibocsátásai sem elhanyagolhatók. Az éghajlat változékonyabbra és szélsőségesebbre fordulása kedvezőtlenül érintheti a városi úthálózat állapotát és a légiforgalmat, de az autópályák közlekedési feltételei is romolhatnak. Az üzemanyagok áremelkedése és a közlekedési infrastruktúra fenntartási költségeinek növekedése is érzékelhető másodlagos hatást okozhat.

Az ipari tevékenységek mind az energiafelhasználáson, mind a technológiai forrásokon keresztül (pl. acélgyártás, cementgyártás, papíripar) közvetlen ÜHG kibocsátásra vezetnek. A vegyipari és élelmiszeripari alapanyagok előállítás, illetve a bányászat, továbbá a nyersanyagok szállítása szintén – különböző mértékű – közvetett ÜHG kibocsátást von maga után. Az élelmiszeripar versenyképességét kedvezőtlenül érintheti a változó éghajlat, de valamennyi ipari „nagy létesítménynek” növekvő környezeti kockázattal érdemes számolnia.

A mezőgazdaság és erdőgazdálkodás ágazatán belül az állattartó telepek igen jelentős metánforrások, de a növénytermelés elégetett vagy komposztált hulladékai is direkt ÜHG kibocsátással járnak. A természetes erdők, rétek, illetve az ipari faültvények jelentős szén megkötők. A haszonállatok táplálék- és vízigénye által gerjesztett energiaigényből származó kibocsátások, továbbá a trágyából származó metán emisszió is nagy mennyiségű, közvetett ÜHG felszabadulást von maga után. A növénytermelésben, kertészetben alkalmazott technológiák (gépesített megművelés), illetve segédanyagok (növényvédő szerek, műtrágyák) előállítása és szállítása szintén nem elhanyagolható ÜHG kibocsátást okoz. A növénytermelés feltételeit, illetve a természetes ökoszisztémák állapotát jelentősen befolyásolhatják az éghajlatváltozás következtében módosuló csapadékviszonyok, míg a gazdasági változások – mint másodlagos hatások – elsősorban a kisebb mezőgazdasági vállalkozásokat érinthetik.

Az infrastrukturális fejlesztéseken belül az építési munkálatok (földmunka, szerke-

zetépítés, betonozás stb.) jelentős energia- és szállítás igényű folyamatok, így közvetlen ÜHG kibocsátásra vezetnek. A közlekedési infrastruktúra elemei – amellet, hogy építésük jelentős nyersanyagigénnyel (pl. cement, acél) jár – használatuk során forgalomnövekedést okoznak, ezáltal jelentős indirekt ÜHG-forrásnak tekinthetők. A hulladék- és szennyvízkezelés során keletkező metán gázt klímavédelmi okokból is célszerű energiatermelésre hasznosítani, ezért indirekt kibocsátási jelentőségük magas. Az épületek „használata” (fűtés, hűtés, világítás) szintén energiafogyasztást gerjeszt, ami indirekt kibocsátást okoz. Az árapasztó tározókban bomló szerves anyagok indirekt metán kibocsátást okozhatnak. Az éghajlatváltozás következtében módosuló vízjárás igen lényeges az árvízvédelem szempontjából, de a csapadékviszonyok a hulladéklerakók és a szennyvíztisztítók működését is befolyásolják. A fagypontra körüli hőmérséklet és a változó halmazállapotú csapadék kedvezőtlenül érinti az útburkolatok és az épületek állagát. A gazdasági feltételek módosulása elsősorban az építési költségeket érintheti kisebb-nagyobb mértékben.

Az *idegenforgalmi infrastruktúra* fejlesztése (pl. szálloda-, gyógyfürdő-, kikötőépítés stb.), a magasépítéshez hasonlóan, különböző mértékű ÜHG kibocsátáshoz vezet. A termálvizekkel feltörő szén-dioxid és metán, valamint a technikai sportok üzemanyag igénye szintén figyelmet érdemel. Az idegenforgalom általánosságban forgalmat gerjeszt, mely indirekt CO₂ kibocsátással jár, míg az idegenforgalmi építményeknél a fűtési, hűtési és világítási energiaigény okoz indirekt ÜHG emissziót. A változó éghajlat kismértékben befolyásolhatja az idegenforgalmi építmények, műemlékek állagát, illetve másodlagos hatások jelentkezhetnek az építési költségek és a „szelíd” turizmus elterjedése terén.

A *háztartások és közintézmények* fűtése és hűtése sok energiát igényel, így jelentős ÜHG kibocsátással jár. Az építési, felújítási tevékenységek szintén okoznak kisebb-na-

gyobb mértékű direkt CO₂ emissziót. A fűtési fűgáz kitermelése és szállítása, illetve az építési, felújítási építőanyagok gyártása és szállítása indirekt ÜHG kibocsátásra vezet. Az épületek fűtési, hűtési energiaigénye erősen klímfüggő, de az építési és felújítási tevékenységeket is befolyásolhatja a változó klíma. Az éghajlatváltozás gazdasági következményei az energia- és építési költségekben jelentkezhetnek.

Az éghajlatváltozás figyelembe vétele a tervezési folyamatokban

Mint az előzőekben részletesen elemeztük, az egyes fejlesztési törekvések (illetve ezek technológiai, beruházási elemei) eltérő mértékben járulnak hozzá az éghajlatváltozáshoz, illetve „szenvedik el” annak esetleges következményeit (*Pálvölgyi, 2000*). Az éghajlatváltozás szempontjából elvégzett jelentőség-elemzés lehetővé teszi annak meghatározását, hogy *a különféle programok, koncepciók tervezése során milyen mértékben szükséges foglalkozni az éghajlatváltozás kérdésével*. A következő tervezési kategóriákat állítottuk fel:

– „A” klíma-kategóriás fejlesztések. E fejlesztések a klímakárosító gázok kibocsátása (vagy megkötése) szempontjából *fokozott figyelmet érdemelnek*, a tervezési célok megvalósulását a várható éghajlatváltozás számottevően befolyásolhatja. „A” klíma-kategóriás fejlesztések esetén *éghajlatváltozási hatáselemzés feltétlenül indokolt, mondhatni kötelező*.

– „B” klíma-kategóriás fejlesztések. E fejlesztések különböző, de általában kisebb mértékű ÜHG kibocsátást vonnak maguk után, és a fejlesztések eredményeit a bekövetkező éghajlatváltozás következményei kisebb mértékben kockáztatják. A „B” klíma-kategóriás fejlesztések esetében *eseti mérlegelés döntheti el, hogy szükséges-e éghajlatváltozási hatáselemzés*.

– „C” klíma-kategóriás fejlesztések. E fejlesztések általában „karbon-semlegesek”,

vagy elhanyagolható ÜHG kibocsátást okoznak, az éghajlatváltozás környezeti és társadalmi-gazdasági következményei is jószerével elkerültek e fejlesztéseket. A „C” kategóriás fejlesztéseknél nem feltétlenül szükséges éghajlatváltozási hatáselemzés.

Lényeges hangsúlyozni, hogy a fejlesztések ilyenét csoportosítása nem pusztán az ÜHG kibocsátásukat jelzi, hanem azt, hogy tervezésük során milyen mértékben kell figyelembe venni az éghajlatváltozást mint komplex, külső tervezési követelményt.

2. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS FIGYELEMBE VÉTELE A STRATÉGIAI KÖRNYEZETI VIZSGÁLATOKBAN

A stratégiai környezeti vizsgálat (SKV) a jelentős környezeti kihatású koncepciók, tervek és programok környezeti szempontú értékelésének és befolyásolásának eszköze. A 2001/42/EK (2001. VI. 27.) Európa Parlamenti és Tanácsi irányelv rendelkezik arról, hogy milyen tervek, koncepciók, programok esetében kell SKV-t készíteni, továbbá a rendelet rögzíti az SKV tartalmi elemeit és követelményeit, anélkül azonban, hogy a tagállamok számára módszertani megkötést adna. A hazai jogi szabályozást a 2/2005 (I. 11.) Kormányrendelet rögzíti.

Lényeges tulajdonsága az SKV-nak, hogy törekszik a tervek megvalósítási módjának („hogyanjának”) befolyásolására is (Pálvölgyi – Tombác, 2004). Az SKV a környezeti szempontok integrálásának eszköze, így az SKV döntéshozatalba integráltsága révén nem csupán mint hatásvizsgálati eszköz jelentős, de igen szorosan kapcsolódik a fenntarthatóság eszméjéhez, s mint ilyen, a legközvetlenebb eljárás ahhoz, hogy az ágazatokba „bevigye” a környezetvédelmet. Az SKV-t nem a tervezést követően, hanem a tervezés során szükséges elkészíteni. Az SKV egyik fő jellegzetessége, hogy nem konfrontál, hanem együtt készül a szakpoli-

tikával, menet közben juttatja érvényre a környezeti érveket. A hatásvizsgálatnak minden esetben környezetvédelmi szempontból is elfogadható kompromisszumokat tartalmazó programot kell eredményeznie. A vizsgált tervnek, programnak – eltérően a környezeti hatásvizsgálattól – nem valamilyen határértékrendszernek, hanem meghatározott elveknek, prioritásoknak, céloknak kell megfelelnie. Az ezt összefogó értékrend hiányában nem lehet a változásokat minősíteni, mert hiányzik a változásokat minősítő alap. Itt ismertetjük a tervek, programok, koncepciók komplex éghajlati hatáselemzése céljából kidolgozott módszertant. Mindezekkel szemben a következő elvárásokat támasztottuk:

– *Alkalmazhatóság*: a cél, hogy a módszertan egyfajta *tervezési segédletként* kerüljön alkalmazásra.

– *Megfelelőség*: a módszertannak *meg kell felelnie a vonatkozó EU direktíva stratégiai környezeti vizsgálat módszertanának*, ideértve a nyilvánosság bevonása és a nyílt tervezés szempontjait is. Szintén eleget kell tennie az *ex-ante* értékelés szempontjainak, külön kiemelve a számszerűsíthetőség és az ellenőrizhetőség jelentőségét.

– *Partnerség-építés*: az általunk fejlesztett módszertan (és alkalmazása) nem csak elemzési eszköz, hanem *lehetőséget biztosít az érdekelteltek közötti „éghajlatvédelmi kiegyezés” megteremtésére*. Az éghajlatvédelmi szempontok figyelembe vétele a fejlesztési törekvések céljaiban és intézkedéseiben elősegítheti a helyi lakosság, a civil környezetvédő mozgalmak, a hatóságok és a gazdasági szféra között kialakuló környezeti párbeszédet is.

Éghajlatvédelmi szempontú fenntarthatósági értékrend

Az alábbiakban javaslatot teszünk azokra a fenntarthatósági kritériumokra, amelyek a fejlesztési törekvések éghajlati hatáselemzése során alkalmazhatók.

1. A fejlesztés eredményeképpen légkörbe kerülő ÜHG gázok mennyiségének korlátozása, ahol ez lehetséges, csökkentése szükséges.
2. A fejlesztés nem vezethet az érintett fejlesztés helyén kívül, más térségekben (közvetett) ÜHG kibocsátáshoz, illetve a környezeti elemek terhelése (emissziók és hulladék) nem haladhatja meg az érintett lokális környezeti rendszerek terhelhetőségét, elnyelőképességét.
3. Fontos a fejlesztés kivitelezését, építését, operatív működését megelőző fázis során az ÜHG kibocsátások minimalizálása.
4. A fejlesztést követően, működésének lezárásával keletkező hulladékokból származó ÜHG kibocsátásokat a lehető legkisebbre kell szorítani.
5. A fosszilis tüzelőanyagok felhasználását minimalizálni szükséges, összhangban az emberi egészség védelmével, valamint a természetes ökoszisztémák állapotának megőrzésével.
6. A feltételeken megújuló energiahordozók alkalmazásának korlátozása az újratermelődés fenntarthatósági szintjének és az ökológiai rendszerek tűrőképességének figyelembevételével.
7. A szén-megkötő természeti erőforrásokkal való gazdálkodásban a feláldozott és a létrehozott értékek pozitív egyenlege érvényesüljön, miközben a biológiai sokféleség megőrzésének feltételeit is biztosítani kell.
8. A fejlesztés alkalmazza az energia- és erőforrás takarékos megoldásokat, a hulladék-kímélő és újrahasznosítási eljárásokat.
9. A fejlesztéseknél részesítsék előnyben a területkímélő megoldásokat, miközben biztosítsák az építészeti, táji és kulturális értékek fennmaradását.
10. Csökkentsék a fejlesztés következtében a természetbe hulladékként visszakerülő, lebomló szerves anyagok mennyiségét.
11. A helyi szinten kezelhető erőforrások használata elsősorban a helyi közösség hasznát szolgálja.
12. A fejlesztés őrizze meg a helyi kultúrát, azokat a termelői és fogyasztói mintázatokat, amelyek a változó környezethez való alkalmazkodás során alakultak ki, s hosszú távon biztosították a helyi közösség és környezet harmóniáját. Ha ez már nem lehetséges, a fejlesztéseknek a fenntartható termelői és fogyasztói mintázatok kialakítását támogatásuk.
13. Minimalizálják a várható éghajlatváltozás fejlesztésekre gyakorolt hatását, oly módon, hogy a fejlesztés és a változó klíma kölcsönhatása az érintettek számára a lehető legkisebb környezeti, biztonsági és gazdasági kockázatot jelentse.
14. Biztosítsák, hogy az éghajlatvédelem jelentősége tudatosuljon, tudományos céljai és eszközei elismerést és támogatást nyerjenek a társadalomban és a döntéshozók soraiban, oly módon, hogy az érintetteknek a döntésekben való részvétele biztosítva legyen.

Javaslatok az éghajlatvédelmi szempontok tervezési figyelembe vételére

Az SKV keretében végzett éghajlati hatáselemzésnél konkrét javaslatokat kell adni a tervezőknek, hogy akár a tervezés (létesítés), akár a végrehajtás (működtetés) fázisában miképpen építsék be az éghajlatvédelmi követelményeket. Az alábbiakban bemutatjuk az éghajlati hatáselemzések „javaslattevő mechanizmusát”.

Példa az éghajlatvédelmi szempontok érvényesítésére a tervezésben

*Intézkedés
megnevezése*

**Közúthálózat fejlesztése:
településeket elkerülő
utak építése**

Értékelés

Az intézkedés megvalósítása mind közvetlen, mind közvetett ÜHG kibocsátással járhat. Az elkerülő utak általában forgalomnövekedéshez vezetnek, amely növeli a közlekedésből származó ÜHG kibocsátásokat. Ugyanakkor a – rosszabb üzemanyag-hatékonyságú – városi átmenő forgalom csökkenése a klímakárosító gázok kibocsátásának mérséklését vonhatja maga után. Az elkerülő utak építése során – a felhasznált építőanyagok gyártása következtében – kisebb mértékű közvetett ki-

bocsátásokkal kell számolni. Az elkerülő utak általában a zöld terület „rovására” valósulnak meg, ezért a biomassza szénmegkötő képessége csökken. Az éghajlatváltozás kedvezőtlen következményei érinthetik az elkerülő utakat. A fagypont körül „sűrűbben” ingadozó hőmérséklet és csapadék fokozott követelményeket támaszt a burkolat minőségével kapcsolatban, a szélsőséges meteorológiai jelenségek pedig a közlekedésbiztonságot érinthetik kedvezőtlenül.

Általános javaslatok

Az intézkedés tervezése során forgalomszámításon alapuló „változás elemzést” kell végezni, mely alapján becsülhető a nettó ÜHG kibocsátás. (Forgalomnövekedésből származó növekvő kibocsátások és az ütemesebb közlekedésből származó kibocsátás csökkenések mérlege.) Az intézkedést úgy kell tervezni, hogy a nettó ÜHG kibocsátása legfeljebb zéró legyen.

Javaslatok, feltételek (létesítésre)

- Törekedjenek a meglévő utak elkerülő úttá fejlesztésére, új létesítés helyett.
- Az építés során az elérhető, környezetileg legjobb technikát alkalmazzák (BAT).
- Gondoskodjanak a megszüntetett zöld területek pótlásáról (pl. fasor telepítés).

Javaslatok, feltételek (működtetésre)

- Amennyiben lehetséges, az elkerülő utat vonják be a tömegközlekedésbe.
- A nehéz gépjárműforgalmat korlátozzák az elkerült szakaszon.
- Megfelelő forgalomszervezéssel biztosítsák az optimális fogyasztású forgalmat.

Javaslatok az éghajlatvédelmi indikátorokra

A fent bemutatott ágazatokra összeállíthatók az alkalmazható indikátorok (3. táblázat). Hangsúlyozzuk, hogy a *javasolt indikátorok elsősorban demonstrációs célból kerülnek bemutatásra*, és a konkrét indiká-

torok megválasztása az adott fejlesztési törekvéstől, az adatok elérhetőségétől és megbízhatóságától függ. Lényeges, hogy a javasolt indikátorok elsősorban az éghajlatváltozás kiváltó okainak, folyamatainak és következményeinek nyomon követését szolgálják, és nem tekinthetők átfogó ágazati indikátor-készletnek.

A javasolt indikátorokon túlmenően, az SKV keretei között gondoskodni szükséges azon – gyakorlatban is előállítható – mutatók kialakításáról, amelyekkel az intézkedések éghajlatvédelmi teljesítménye a *megvalósítás során nyomon követhető*. Lényeges, hogy az éghajlatvédelmi teljesítményt a „nettó hatás elve” alapján mérjék. Bár minden értékelési témában felmerül a beavatkozás nettó hatásának becslésére vonatkozó igény, a mutatók általában csak a bruttó hatásokról képesek informálni (például a referenciahelyzet megfigyelt megváltozása). Az intézkedések bruttó hatása nem helyettesíti a nettó hatást, az utóbbi csak nagyon pontos információk alapján becsülhető, a bruttó hatások becslése tehát csak kezdőlépés a monitoringban.

A külső tényezőknek tulajdonítható hatás azt a változást képviseli, *ami az intézkedés nélkül is bekövetkezett volna*. A külső tényezőknek tulajdonítható hatás jelentőségének megállapítása céljából ki kell dolgozni az intézkedésmentes forgatókönyvet, amely azt mutatja meg, hogy beavatkozás nélkül mi lett volna. Az intézkedésmentes helyzet kidolgozása többnyire nehéz feladat, ami csak még nehezebbé válik komplex programok esetén. Gyakorlatilag csak néhány esetben lehet pontosan megalkotni a referencia esetet – a legtöbb, amit tenni lehet, hogy nyitott, józan és minden információt figyelembe vevő módon járunk el.

Míndezek figyelembevételével az éghajlatvédelmi teljesítmény-monitoring mutatóit minden esetben külön-külön határozzák meg; általános „jolly joker” mutató nem adható meg. Az alábbiakban bemutatunk egy példát az intézkedéshez rendelhető monitoringra a települési elkerülő út esetében.

Éghajlatvédelmi monitoring indikátorok

Intézkedés megnevezése Közúthálózat fejlesztése: településeket elkerülő utak építése

Éghajlatvédelmi fő kritérium

Az ÜHG kibocsátás minimalizálása

Allapotjellemzők

Lokális légszennyező anyagok koncentrációja az elkerült szakaszon

Hatótényezők alakulása

Forgalom statisztikai adatok

Beavatkozási jellemzők

Nettó ÜHG kibocsátás változása

Társadalmi részvétel: partnerség az éghajlatért

Az SKV folyamatának egyik centrális eleme az érdekelttel kapcsolatos egyeztetés. A *fejlesztési törekvésekkel kapcsolatos információknak* a következő éghajlati vonatkozásokra célszerű kitérnie:

– A fejlesztés hatása a főbb hatótényezőkre (energiaigény, területfelhasználás, forgalom vonzás, építési igény stb.).

– A fejlesztés „hozzájárulása” az ÜHG kibocsátásokhoz.

– A tervezés és a megvalósítás során bevezetésre kerülő éghajlatvédelmi lépések, különös tekintettel a karbon-semleges megoldásokra.

– A várható éghajlatváltozás hatása a fejlesztésre.

Az információkat minden egyes célcsoport számára külön-külön célszerű összeállítani, figyelemmel az érdeklődésre, a képzettségre és a társadalmi részvétel szerepének jellegére. A *fontosabb célcsoportok* a következők:

– A fejlesztés által érintett közösségek (önkormányzatok).

– Civil szervezetek (környezet-, egészség- és fogyasztóvédelmi szervezetek).

– A fejlesztés megvalósításában érdekelt gazdasági szereplők (tervezők, kivitelezők, beszállítók stb.).

– Közép- és felsőfokú oktatási intézmények (tanulók és pedagógusok).

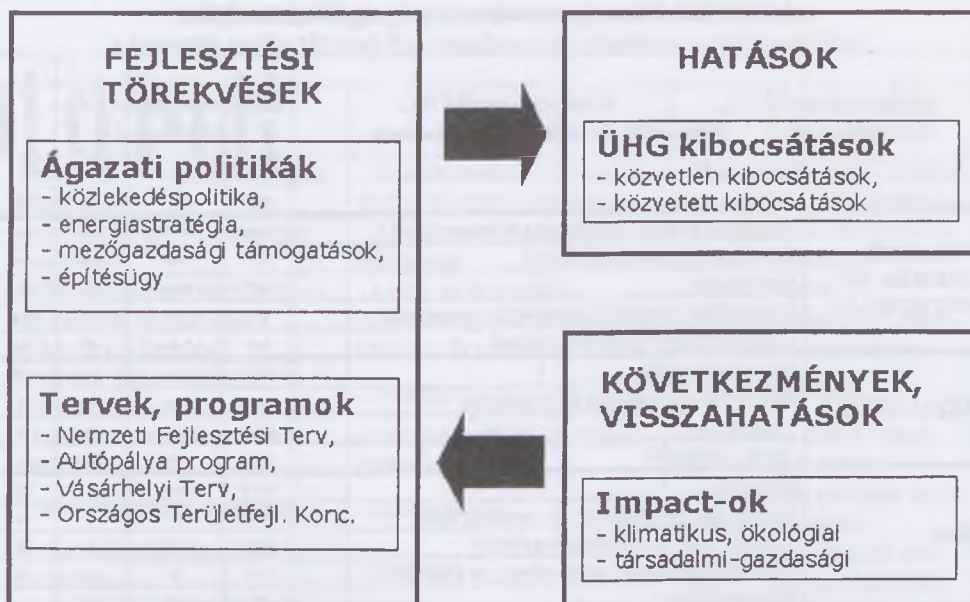
– Helyi politikai, közigazgatási és gazdasági döntéshozók.

– Helyi (esetenként országos) média.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ASIAN DEVELOPMENT BANK (1990): Environmental Risk Assessment. Environment Paper No. 7 36. p. (2) EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2004): Impacts of Europe's changing climate. An indicator-based assessment. Luxembourg (3) FLEISCHER T. – SZLÁVIK J. – BARANYI R. – BRANNER F. – NAGYPÁL N. – FÜLE M. – KÓSI K. – PÁLVÖLGYI T. – PRINCZ-JAKOVITS T. – SZLÁVIK P. (2005): A magyar közlekedéspolitikai környezeti stratégiai vizsgálata. Közlekedéstudományi Szemle LV. évfolyam 2. sz., 47-55. pp. (4) IPCC, 2001: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC, McCarthy, J. J. et al. (eds.) Cambridge: Cambridge University Press. (5) OECD, 1991: Recommendation of the Council on Environment Indicators and Information. 31 January 1991, C(90) 165/Final, Paris (6) PÁLVÖLGYI T. (2000): Az új évezred környezeti kihívása: az éghajlatváltozás. (Monográfia) L'Harmattan Kiadó, Budapest (7) PÁLVÖLGYI T. – TOMBÁCZ E. (2004): Módszertan a regionális fejlesztések stratégiai környezeti vizsgálatára. In: Strukturális alapok és fenntarthatóság. Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest (8) PÁLVÖLGYI, T. – SZLÁVIK, J. – FÜLE, M. – NAGYPÁL, N. (2005): ECO-21: Development of a Complex Environmental Performance Indicator for Hungary. In: Banse, G. – Hronszky I. – Nelson, G. (eds.): Rationality in an Uncertain World edition Sigma, Berlin (9) VAHAVA. 2005: Előzetes összefoglalás a VAHAVA kutatásról. www.vahava.hu

1. ábra



Fejlesztések és az éghajlatváltozás kapcsolatrendszere

1. táblázat

Az éghajlatváltozás kockázatelemzése az egyes ágazatokban

Ágazatok	Alágazatok, technológiák, intézkedések	Direkt ÜHG	Indirekt	Elsődleges	Másodlagos
		kibocsátás	ÜHG	impact	impact
		(a)	(b)	(c)	(d)
VILLAMOS-ENERGIA- ÉS HŐTERMELÉS	Erőművek fosszilis tüzelőanyag felhasználással	+++	+++	0	+
	Erőművek biomassza tüzeléssel	0*	++	++	+
	Atomerőmű	+*	+++	0	+
	Diverzifikált megújuló energiaellátó rendszerek	0*	+	+	++
	Kisteljesítményű gázturbinás erőmű	++	+	0	++
KÖZLEKEDÉS	Városi közlekedés	+++	+	++	+
	Közúti személyforgalom és áruszállítás	+++	++	+	+
	Légiforgalom	+++	++	++	+
	Vasúti közlekedés	++	+	0	+
IPAR	Vegyipar	+++	++	+	0
	Építőanyag-ipar (kerámia- és cementgyártás)	+++	+	+	+
	Fémipar (acél- és alumínium-gyártás)	+++	++	+	0
	Feldolgozóipar (gép-, autó-, elektr.- és papíripar)	++	+	+	0
	Élelmiszeripar	+	+	++	+
MEZŐ-GAZDASÁG ÉS ERDŐ-GAZDÁLKODÁS	Nagyüzemi állattartás	+++	+++	+	0
	Nagytáblás növénytermelés	++	++	++	+
	Kertészet	+	++	++	+
	Komplex farmgazdálkodás (állattart. és növényterm.)	+	+	+++	++
	Energetikai és ipari célú faültetvények kezelése	0*	++	++	++
	Természetvédelmi erdő- és területgazdálkodás	0*	0	+++	0
INFRA-STRUKTURÁLIS FEJLESZTÉSEK	Autópálya-, közút-, alagút-, metró- és hídépítés	++	+++	++	0
	Vasútvonal építés, városi villamosvonal építés	+	++	0	0
	Ár- és belvízvédelmi műtárgyak	+	+	+++	0
	Hulladéklerakó és szennyvíztiszt. létesítés, csatornázás	+	++	++	+
	Magasépítés (lakó-, közületi, keresk. és ipari épületek)	+	+	+	+
IDEGEN-FORGALOM	Szálláshelyek, konferencia épületek fejlesztése	+	+	+	+
	Termál- és gyógyturizmus fejlesztése	++	++	+	0
	Vízi- és más technikai sportturizmus fejlesztése	++	+	0	0
	Falusi, kerékpáros és más „szelíd” turizmus fejlesztése	0	+	0	+
	Városi és műemlékturizmus fejlesztése	0	+	+	0
HÁZTARTÁSOK, INTÉZMÉNYEK	Épületek fűtése, hűtése, világítása	+++	+	+++	++
	Lakás- és irodaépítés	++	++	+	+
	Épületfelújítás	+	+	+	+

* A jelentős közvetlen ÜHG kibocsátás-csökkentés miatt az éghajlatváltozás mint tervezési szempont fokozott figyelembevétele indokolt.

- +++ Jelentős és egyértelmű hatás
- ++ Mérsékelt, de egyértelmű hatás
- + Bizonytalan, kismértékű hatás
- 0 Nincs számottevő összefüggés

2. táblázat

**A fejlesztések éghajlatváltozás szempontú osztályozása,
a tervezés során történő figyelembevétel jelentősége szempontjából**

„A” klíma-kategóriás fejlesztések	„B” klíma-kategóriás fejlesztések	„C” klíma-kategóriás fejlesztések
<ul style="list-style-type: none"> - Erőművek fosszilis tüzelőanyag felhasználással - Atomerőmű építés, élettartam hosszabbítás - Erőművek biomassza tüzeléssel - Energetikai és ipari célú faültetvények kezelése - Épületek fűtése, hűtése, világítása - Légiforgalommal kapcsolatos fejlesztések - Városi közlekedés-fejlesztés - Közúti személyforgalom és áruszállítás - Autópálya-, közút-, alagút-, metró- és hídépítés - Nagyüzemi állattartás - Nagytáblás növénytermelés - Komplex farmgazdálkodás (állatart. és növényterm.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Hulladéklerakó és szennyvíztisztító létesítés, csatornázás - Ár- és belvízvédelmi műtárgyak - Lakás- és irodaépítés - Építőanyag-ipar (pl. üveg-, kerámia- és cementgyártás) - Vegyipar - Fémipar (acél- és alumíniumgyártás) - Élelmiszeripar - Kertészet - Természetvédelmi erdő- és területgazdálkodás - Diverzifikált megújuló energiaellátó rendszerek - Kisteljesítményű gázturbinás erőmű - Termál- és gyógyturizmus fejlesztése 	<ul style="list-style-type: none"> - Magasépítés (lakó-, közületi, kereskedelmi, ipari épületek) - Szálláshelyek, konferencia épületek fejlesztése - Épületfelújítás - Feldolgozóipar (gép-, autó-, elektronikai- és papírpar) - Vasúti közlekedés - Vasútvonal-építés, városi villamosvonal-építés - Vízi- és más technikai sportturizmus fejlesztése - Falusi, kerékpáros és más „szelíd” turizmus fejlesztése - Városi és műemlékturizmus fejlesztése

Ágazat specifikus éghajlatvédelmi indikátorok

Ágazatok	„D”	„P”	„S”	„I”	„R”
	Ágazati indikátorok	Hatótényezők indikátorai	Állapot indikátorok	Hatás indikátorok	Válasz-indikátorok
Villamos-energia-és hő-termelés	Primer energiahordozó összetétel erőművenként (MJ)	Erőművi CO ₂ kibocsátás (kt)	Légköri CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O koncentráció ^{a)} (ppm)	Fűtési/hűtési napok száma, fagyos (deres) napok száma	Megújulóok részaránya az energiamérlegben (%)
	Tüzelőanyag szállítás (tonna km)	CH ₄ kibocsátás bányászathól (kt) ÜHG kibocsátás szállításból (kt)		Szélsőséges meteor. jelenségek Szélviszonyok, napsütéses órák	Erőművi hatékonyság (%) Energiaintenzitás (MJ/GDP)
Közlekedés	Üzemanyag felhasználás közlekedési módokként és üzemanyag fajtáinként (t)	CO ₂ , N ₂ O kibocsátás járművekből (kt)	Légköri CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O koncentráció ^{a)} (ppm)	Havas, ködös, szeles napok száma	Járművek átlagos életkora és fajlagos üzemanyag fogyasztása
	Járműszám és összetétel (db)	ÜHG kibocsátás közlekedésből (kt)		Szélsőséges meteor. jelenségek	Környezetkímélő közlekedési és szállítási módok aránya
	Járműgyártás és közlekedési infrastruktúra építés energiaigénye (GJ)	CO ₂ kibocsátás járműgyártásból, infrastruktúra építésből (kt)			
Ipar	Primer energiahordozó felhasználás fajtáinként és iparáganként (MJ)	CO ₂ kibocsátás energiafelhasználásból (kt)	Légköri CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O koncentráció ^{a)} (ppm)	Szélsőséges meteor. jelenségek	Ipari tevékenységek anyag- és energia hatékonysága (%)
	Termelési volumen (t)	Technológiai eredetű ÜHG kibocsátás (kt)		Árvíz, belvíz kockázat	ISO 14001 minősítettek aránya
	Alapanyagok szállítása (tonna km)	ÜHG kibocsátás szállításból (kt)			
Mezőgazdaság és erdőgazdálkodás	Üzemanyag felhasználás tevékenységenként (t)	CO ₂ kibocsátás energiafelhasználásból (kt)		Hőmérsékleti és csapadékviszonyok a tenyészidőszakban	Biogazdálkodás aránya
	Növénytermelési, állattartási, erdészeti hozam (t)	ÜHG kibocsátás enterikus folyamatból (kt)	Légköri CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O koncentráció ^{a)} (ppm)	Szélsőséges meteor. jelenségek	Biogáz energetikai hasznosítása (MJ)
	Műtrágya, táp stb. felhasználás (t)	Segédanyagokból eredő kibocsátások (kt)		Korai fagyok, jégverések, aszályos periódusok gyakorisága	Mezőgazdasági tevékenységek energiahatékonysága
	Táp- és vízigény az állattartásban	CO ₂ megkötés (kt)		Terméshozamok	Telepített erdők, ültetvények hozama
Infrastrukturális fejlesztések	Felhasznált építőanyagok mennyisége és fajtái (t)	CO ₂ kibocsátás építőanyag gyártásából (kt)	Légköri CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O koncentráció ^{a)} (ppm)	Havas, ködös, szeles napok száma	Környezetkímélő építőanyagok alkalmazásának aránya
		ÜHG kibocsátás a szállításból (kt)		Fűtési/hűtési napok száma	
	Területfoglalás, zöld területek beépítési aránya	ÜHG kibocsátás az infrastr. használatból (kt)		Árvíz, belvíz kockázat	Környezetkímélő szennyvíztisztítás aránya
		CO ₂ kibocsátás a zöldfelület csökk.-ből (kt)		Szélsőséges meteor. jelenségek	

3. táblázat (folytatása)

Ágazatok	„D”	„P”	„S”	„I”	„R”
	Ágazati indikátorok	Hatótényezők indikátorai	Állapot indikátorok	Hatás indikátorok	Válasz-indikátorok
Idegenforgalom	Idegenforgalmi vendégéjszakák száma	Építményekből eredő CO ₂ kibocsátás (kt)	Légköri CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O koncentráció ^{a)} (ppm)	Derült, csendes időjárás gyakoriság	Szelíd turizmus aránya
	Szálláshelyek száma	Közlekedési ÜHG kibocsátás (kt) Termális eredetű CH ₄ kibocsátás		Szélsőséges meteor. jelenségek	
Háztartások és közintézmények	Építmények száma, rendeltetés szerint	CO ₂ kibocsátás az építőanyagok gyártásából (kt)	Légköri CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O koncentráció ^{a)} (ppm)	Fűtési/hűtési napok száma	Környezetkímélő építőanyagok alkalmazásának aránya
	Fűtési, hűtési energiaigény	Építményekből eredő CO ₂ kibocsátás (kt)		Szélsőséges meteor. jelenségek	Egyedi megújuló fűtési mód (pl. napkollektor) aránya

A KÖZLEKEDÉSI KLÍMAVÁLTOZÁSI HATÁSAI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A KÖZLEKEDÉSI ÁRKÉPZÉSI RENDSZEREKRE

TÁNCZOS LÁSZLÓNÉ – BOKOR ZOLTÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánk EU csatlakozásával a magyar közlekedési rendszer az integrálódó európai hálózat szerves részévé válik. A Közös Közlekedéspolitika egyik célkitűzése a társadalmi költségbázisú árképzés fokozatos kidolgozása és alkalmazása, Európa szerte egy-egy elvi és technológiai alapokon. Nem elég ugyanakkor csak az elfogadott és széles körű konszenzuson alapuló árképzési elvek átvétele, hanem törekedni kell a hazai sajátosságokat figyelembe vevő, de egyúttal a nemzetközi elvárásokhoz igazodó, s az egyes közlekedési alágazatok között is kompatibilis díjmeghatározó, beszedő és elszámoló rendszerek kialakítására, majd fokozatos működésbe helyezésére.

Az új elvi alapokon működő közlekedési használati díjrendszerek bevezetése technológiai, szabályozási/intézményi és elfogadottsággal kapcsolatos korlátok lebontását és meghatározott feltételek teljesítését igényli. A tanulmányban (is) dokumentált kutatás megállapításai szerint, a fenti feltételek közül a legfontosabb az új elvek társadalmi elfogadtatása, ami közvetetten elősegíti az adekvát szabályozási/intézményi keretrendszert létrehozó politikai akarat létrejöttét is. Amennyiben az elkötelezettség és az említett keretfeltételek rendelkezésre állnak, akkor már könnyebb a döntéshozóknak további erőforrásokat allokálni a vonatkozó – kísérletileg már létező! – számítási eljárások és technológiák teljes körű kifejlesztésére.

BEVEZETÉS

Az EU Közös Közlekedéspolitikáját tartalmazó Fehér Könyv, és az ahhoz kapcsolódó dokumentumok az okozott externális hatásokat integráló, használati arányos, térbeli, időbeli és járműfajtabeli differenciálást lehetővé tevő, marginális társadalmi költség alapú közlekedési árképzés megvalósítását tűzik ki célul. Ugyanakkor azt is megállapítják, hogy általában nem a jelenlegi közlekedési díj- és adószint növelése, hanem annak – az igazságos és társadalmilag hatékony költségviselés érdekében – az előbbi szempontok szerinti átstrukturálása és nemzetközi harmonizálása szükséges. Az új árképzési elmélet adaptálhatósága azonban a jelenlegi gyakorlat „betonozottsága”, valamint a műszaki adottságok, a sza-

bályozási környezet és a közvélekedés nem megfelelőse miatt csak bizonyos feltételek teljesítése mellett valósítható meg. A tanulmány célja e feltételrendszer nemzetközi tapasztalatokon alapuló feltárása, majd a hazai prioritások mentén rendszerezett bemutatása.

A közlekedés kedvező társadalmi, gazdasági hatásai mellett közismerten a környezeti terhelés egyik fő okozója, sokféle kedvezőtlen hatás kiváltója. A közlekedés által okozott hatások globális felmelegedéshez való hozzájárulásának kutatása, a hatásmechanizmusok feltárása, pontosítása és az állapotok „nyomon követése” jelenleg a nemcsak a hazai, de az európai kutatásoknak is fontos területét képezi. A kapcsolatos problémák egyik leghatásosabb „kezelési módja”, az eddigi kutatási eredmények szerint, a társadalmi költségbázisú árképzés

gyakorlati megvalósítási feltételeinek elemzése a bevezetés (az implementáció) akadályozó tényezőinek és korlátainak számbavételén alapul. A korlátozó tényezők rendező tárgyalása a nemzetközi szakirodalomban és a vonatkozó EU K+F projektek módszertanában alkalmazott kategorizálás mentén végezhető el. E kategóriák az alábbiak

- (1) technológiai és gyakorlati;
- (2) szabályozási és intézményi;
- (3) az elfogadottsággal kapcsolatos korlátozó tényezők.

A technológiai és gyakorlati korlátok rendszerint az új árképzési elvek alkalmazásának technikai (műszaki, szervezési, számítási, elszámolási stb.) feltételeit foglalják magukban. Példaként említhetők itt a költségkalkuláció hiányos alapadat-bázisai, vagy éppen a díjfizetési rendszerek infrastruktúrájának alacsony fokú, esetleg teljesen hiányzó kiépítettsége. A szabályozási és intézményi akadályozó tényezők a törvényi-szervezeti keretek feltételrendszerével kapcsolatosak. E körben leginkább az új árképzési és díjszedési elvek érvényesítéséért felelős, megfelelő kompetenciákkal rendelkező hatóságok hiánya emelhető ki. Végül fontos feltétele a korszerű árképzési rendszerek bevezetésének az új elvek és eszközök érintettekkel történő elfogadtatása. Az elfogadottság több formáját is szokás vizsgálni, így a döntéshozók hozzáállása mellett lényeges a közlekedési infrastruktúrákat/ szolgáltatásokat használók (társadalmi és üzleti szereplők) véleményének megismerése is.

Az előbbi feltételek figyelmen kívül hagyása, vagy csak részleges teljesítése ahhoz vezethet, hogy a kialakított díjrendszer lefedettsége, árszintje, differenciáltsági foka vagy bevételhasználata nem üti meg az EU célrendszerében megfogalmazott elvárásokat; így például

- nem a teljes infrastruktúra, hanem csak a frekvenciátalabb út- és pályaszakaszok kerülnek be a díjrendszerbe;

- nem az összes használóval, hanem csak bizonyos részükkel fizettetik meg az infrastruktúra-használatot;

- továbbra is fontos részét képezik a díjnak a rögzített árelemek a használattal arányos változó tételek rovására, túl egyszerű marad az árképzés;

- differenciálatlan vagy kevésbé differenciált, s az indokoltnál alacsonyabb értékeket tartalmazó, esetleg egyes erősebb lobbicsoportokat kivételezettként preferáló infrastruktúra kerül elfogadásra;

- a nemzeti közlekedési díjak nem, vagy csak részben kerülnek harmonizálásra;

- az árrendszer nem integrálja az egyes közlekedési alágazatok díjrendszereit;

- a közlekedési díjrendszerekből származó bevételek nagy része továbbra is címzetlenül gyarapítja a költségvetés bevételi oldalát, s nem a közlekedési szektorba kerül visszaforgatásra stb.

A korlátozó tényezők rendszerezése elsődlegesen a közlekedési alágazatok mentén, azon belül – lehetőség szerint – az előbbi kategóriák szerinti bontásban történik. A közúti (beleértve a városi közlekedést is) alágazat árképzési implementációs feltételrendszerét az anyag részletesen tárgyalja. Mivel a többi alágazatról nem állnak rendelkezésre mélyebb ismeretek, azok jellemzői összefontan és átfogóbban kerülnek bemutatásra.

A feltételeket feltáró részletes elemzés képezi az alapját a korlátok kiküszöbölésének, fokozatos megvalósítást lehetővé tevő rendszerbe állítási javaslatok kidolgozásának.

1. IMPLEMENTÁCIÓS FELTÉTELEK A KÖZÚTI ÉS A VÁROSI KÖZLEKEDÉSBEN

A jelenlegi árképzési rendszerek és reformjuk szükségessége

A közúti (és egyéb alágazati) árképzési problémákat kezelő, a legújabb kutatási eredmények és politikai alkuk követke-

tében fokozatosan formálódó, egységes EU megközelítés a társadalmi határkölttség, illetve egyes esetekben az ezt helyettesítő társadalmi átlagkölttség alapú közlekedési díjrendszerek kialakítását és alkalmazását helyezi előtérbe. A jelenlegi európai gyakorlatban viszont a közúti infrastruktúrát használók általában indirekt módon járulnak hozzá az általuk okozott társadalmi költségek fedezéséhez: a járművekhez köthető regisztrációs és egyéb engedélyezési díjak, fogyasztási adók, valamint az üzemanyagban foglalt adók révén. A közvetlenül, az infrastruktúra-használathoz jobban köthető díjak alkalmazása aránylag korlátozott: útdíjakra, valamint egyéb igénybevételi engedélyekre korlátozódik.

Többnyire tehát hangsúlyosabb a tényleges közlekedési teljesítményektől független elemekre építő díjképzés. Az externális költségtételek közvetlenül nem épülnek be a díjakba, s az árrendszerek alig teszik lehetővé a térbeli és időbeli differenciálást. A „használó fizet” és a „szennyező fizet” elvek nem, vagy csak kevésbé érvényesülnek. Ráadásul az egyes országokban használt díjrendszerek nem egységesek, sőt – mint például Magyarországon – még egy adott országon belül is jelentős eltéréseket mutatnak.

A városi közlekedésben csupán néhány európai példa található a kordon típusú behajtási díjszedésre (a nagyobb norvég városokban és Londonban működik ilyen rendszer). Ezek célja a forgalmas belvárosi régiók zsúfoltságának csökkentése. A beszedett díjak a közúti infrastruktúra-fejlesztésben és a közforgalmú közlekedés korszerűsítésében kerülnek felhasználásra. A városi tömegközlekedésben alkalmazott díjak, szociális vagy keresletélénkítő okokból kifolyólag, alig tükrözik a szolgáltatások előállításának költségeit, azoknál lényegesen alacsonyabbak. A korlátlan utazást lehetővé tevő bérletek, vagy az előre fizetett, rögzített áras jegyek pedig egyáltalán nem támogatják a marginális költségalapú megközelítést.

A jelenlegi gyakorlatban alkalmazott közúti közlekedési díjrendszerek közül a matricás forma az egyszerűbb megoldás, ám az ebben foglalt díj aligha lehet használattal arányos. Jobban tükrözi az infrastruktúra-használatot a távolságalapú útdíj, de az ilyen típusú rendszerekben megszabott árakat többnyire nem a ténylegesen okozott költségek alapján kalkulálják, hanem egyéb – profitmaximalizálási, vagy éppen közlekedéspolitikai – preferenciák által vezérelve. A díjszedési módok országonként, adott esetben régióként is eltérnek, megnehezítve a közúti hálózatok átjárhatóságát, s az árképzés átláthatóságát.

Az előbbiek alapján tehát megállapítható, hogy a mai közúti árképzési- és díjszedőrendszerek jórészt távol állnak az EU célkitűzésében megjelölt működési mechanizmusoktól, így indokolt a társadalmi határköltségek alapján történő fokozatos átalakításuk.

Technológiai és gyakorlati korlátok

A megfelelő útdíj-szedési technológiával szemben általában az alábbi főbb követelmények támaszthatók: megbízhatóság; ne igényeljen különösebb módosításokat a járműkonstrukciókban; legyen könnyen rendszerbe állítható; működjön együtt más, kapcsolódó díjszedő-rendszerekkel; támogassa többféle árrendszer alkalmazhatóságát; segítse elő a fontosabb azonosítási, fizetési paraméterek folyamatos követhetőségét. Az előbbi követelményeknek az egyéni közúti közlekedésben leginkább a GPS bázisú, elektronikus útdíj-fizetési rendszerek felelhetnek meg, amelyekkel a városi közlekedésben célszerűen integrálhatók a parkolási díjrendszerekkel is.

Ilyen technológia már létezik, ám a problémát az jelenti, hogy egyrészt azt a gyakorlatban – valós körülmények között – még alig tesztelték, másrészt pedig sokfajta van belőle. A sokszínű nemzeti/regionális megoldások elszigeteltsége, alacsony együtt-

működési készsége leginkább a nemzetközi forgalomban, azon belül is főképp a tehergépjármű közlekedésben okoz(hat) fennakadásokat. A technológia elvileg szabványos alapokon is kifejleszthető lenne, de ennek ellentmondanak bizonyos nemzeti/gazdasági érdekek. A fejlesztések tehát egymástól lényegében függetlenül folynak, ami szükségessé teszi szabványos interfészek alkalmazását. Ez pedig a rendszer bonyolultsági fokának túlzott növekedését, s így a rendszerbe állítási és működtetési költségek növekedését eredményezi.

A városi közlekedésben további nehézséget jelent a rendkívül összetett térszerkezet, úthálózat leképezési igénye. Ebből a szempontból a külterületi, azaz a kevesebb szakasszal és csomóponttal meghatározott hálózatnál történő rendszerbe állítás könnyebb.

Az egységes, használatlalt arányossá tehető közforgalmú közlekedési díjrendszer kialakítását támogatják az ún. *smart card* (intelligens kártya) technológiák. Hasonló megoldások már több szolgáltatónál is működnek. A legfontosabb akadályozó tényezőt itt is a különböző megoldások eltérő technológiája jelenti, ami megnehezíti a rendszerek közötti átjárhatóságot. Távolabbi célként szerepel az egyéni és a tömegközlekedési díjrendszerek integrációja, ám erre egyelőre alig található működő példa.

Végül újabb, a gyakorlati alkalmazást nehezítő körülmény, hogy egyelőre nincsen általánosan, nemzetközi szinten is elfogadott módszertani megközelítés a társadalmi hátrádköltségek egzakt kalkulációjára. Ugyanakkor a vonatkozó kutatások már előrehaladott állapotban állnak (pl. UNITE EU 5. K+F Keretprogram projekt), s alternatív javaslatokat adnak a számítási eljárásokra. A kalkulációs séma tehát a szándékok szerint rövidesen rendelkezésre áll, de további korlátot jelent a szükséges input adatok rendelkezésre állítása. Ez a nemzeti közlekedésszisztikai adatgyűjtési rendszerek átfogó harmonizálását feltételezi, ami újabb, a számítási eljárásoknál lényegesen össze-

tettebb módszertani-szervezési igényekkel lép fel.

Az előbbieket összefoglalva megállapítható, hogy az alapvető technikai korlát a közúti és városi közlekedési árképzési rendszerek kialakításánál a már meglévő technológia alacsony fokú kipróbáltsága, hiányos input adatbázisa, továbbá a már beindult fejlesztések interoperabilitást hátráltató eltérései. Mindenesetre a legújabb tapasztalatok azt mutatják, hogy ezek az olykor nagy költséggel járó fejlesztések fokozatosan végrehajthatók, s így a problémát inkább a szabályozási és az elfogadási tényezők jelentik, mintsem a marginális költség alapú árképzés módszertani-szervezési hátterének megteremtése. Ez utóbbi megállapítás azonban már átvezet a gyakorlati bevezetés további feltételeinek tárgyalásához.

Szabályozási és intézményi korlátok

A szabályozási/intézményi korlátok vizsgálatánál az alábbi részterületek érintése célszerű

- 1) a vonatkozó európai szintű szabályozás;
- 2) a nemzeti közlekedéspolitikai célokhoz való illeszkedés;
- 3) a különböző szabályozó szintek közötti koordináció;
- 4) a közlekedési szervezeti struktúrák;
- 5) a közlekedési rendszeren kívüli politikai hatások.

1) A szubszidiaritás elvét szem előtt tartva, a városi közlekedés területén történő EU befolyásolás általában arra korlátozódik, hogy ösztönözze a különböző régiókba, érdekcsoportokba tartozó felek közötti együttműködést, az ún. legjobb árképzési/díjszedési gyakorlatok (*best practices*) elterjesztését.

Európai szintű, közúti közlekedési díj-szabályozás jelenleg csupán a tehergép-

járművekre létezik, az is inkább csak minimum és maximum díjszinteket határoz meg, azt is ajánlás jelleggel. A javasolt díjszabás időbázisú, ami nem segíti a használatot jobban tükröző kilométer alapú elszámolás elterjedését. A díjak megállapítása csakúgy, mint az egyéb költségtenyező (pl. üzemanyagadók) meghatározása a fiskális érdekektől hajtott nemzeti hatóságok hatásköre. Megállapítható tehát, hogy – az eddigi részkezdeményezésektől eltekintve – egyelőre nem létezik a közlekedési árképzésre vonatkozó határozott európai keretszabályozás és stratégia.

2) A marginális társadalmi költségbázisú árképzés bevezetése olyan nemzeti szabályozást igényel, ami egyértelműen meghatározza a részes intézmények feladatát és felelősségét, a közöttük fennálló viszonyokat és munkamegosztást, továbbá lehetővé teszi az adekvát díjszintek megállapítását. A jelenlegi nemzeti közlekedéspolitikák – bár magas szinten kiállnak az ilyen típusú szabályozás mellett – gyakorlatilag nem támogatják az új árképzési elvek bevezetését. Az árképzési célok általában alárendelődnek más, pl. mobilitási igényt kiszolgáló fejlesztési, vagy regionális versenyképesség-javító intézkedéseknek.

A közúti (általános értelemben vett) használati díjszedés egyértelműen a központi költségvetési, s csak ritkábban az infrastruktúra-fejlesztési és forgalom-csillapítási célokat szolgálja. A tömegközlekedési tarifák megállapítása is sokkal inkább szociál- vagy gazdaságpolitikai kérdés, mintsem társadalmi árképzési feladat. A közlekedési infrastruktúrák és/vagy szolgáltatások teljes vagy részleges privatizálása sem teljesen a hatékony árképzés bevezethetősége irányában hat: itt ugyan már megjelenik a használatlaltal (pl. megtett úttal) hozzávetőleg arányos díjkezelés, de a díjszintek megszabása nem a társadalmi határköltés, hanem a teljes befektetői költségfedezet elvét szem előtt tartva történik. Privatizált közlekedési szolgáltatásoknál a hatóságoknak is korlátozottabb a lehetősége az árkezelés társadal-

milag kívánt irányba történő befolyásolására.

3) Nem elég a megfelelő nemzeti keretszabályozás kialakítása, szükség van annak következetes végrehajtására is. Ez a különböző politikai szintek, érdekelt szervezetek közötti koordinációt és kooperációt igényli. A kooperáció/koordináció az árkezelésben érintett szervek, szervezetek között – a jelenlegi gyakorlatban – sem vertikálisan, sem horizontálisan nem kielégítő.

A vertikális koordináció hiányát adott esetben az mutatja, hogy a közlekedési rendszer tervezési-szervezési feladatait lebonyolító struktúra általában decentralizált, s az egyes szintek/szereplők több esetben nem, vagy csak alig kommunikálnak egymással, ami az árkezelési kezdeményezések összehangolatlanságához, vagy éppen a túlzott egyeztetési mechanizmusban történő „elhalásához” vezethet. A horizontális kooperáció hiánya leginkább a szomszédos városok/régiók példáján érzékelhető. Egyik város/régió vezetése sem kívánja felvállalni, hogy elsőként vezesse be a díjszedési rendszereket, kockáztatva esetleg a helyi versenyképességet, így helyesebb lenne ezt együttesen megoldani. A „stratégiai kivárás” miatt – mindenki azt szeretné, ha előbb más „tesztelné” az új árrendszert – azonban rendszerint nem történik előrelépés.

4) A közlekedési módok, alágazatok irányításának és működtetésének feladatai/felelősségei rendszerint más-más döntéshozók, adminisztratív szintek kezében összpontosulnak. Ez ahhoz vezet, hogy ha vannak is használati díjszedési törekvések, azok általában alágazati keretek közé szorulnak, megakadályozva az egységes elvi/elszámolási alapokon nyugvó, multimodális árkezelési rendszerek kialakítását. Amennyiben privát felek is megjelennek a közlekedési szervezeti rendszerben, az – a korábban már említett bevétel maximalizáló üzleti stratégia miatt – tovább bonyolítja a hatékony árkezelés megvalósítását szolgáló egyeztetést.

5) A közlekedési árkezeléssel és díjszedéssel kapcsolatos döntések nemcsak a

közlekedési szektort érintik, hanem hatással vannak más, társadalmi vonatkozásokra is. Például a demokratikus berendezkedés egyik alapelve a mozgás/mobilitás szabadsága, mint alapvető emberi jog. Ezt a közúti használati díjszedés bizonyos értelemben – pl. az alacsony jövedelműeknél – korlátozhatja. A használó (jármű) követésén alapuló elektronikus közlekedési teljesítménymérés pedig adatvédelmi aggályokat vethet fel, amennyiben a díjszedő szervezet teljes körű információval rendelkezik a használók tartózkodási helyét illetően.

Érdemes áttekinteni az érintett érdekcsoportok várható reagálását is. A döntéshozó szervek adott esetben érdekeltnek a korábbi, számukra kedvezőbb gyakorlat megőrzésében. Az új árképzési elvek új ismereteket és munkamódszereket igényelnek, amelyeket ők nem tudnak, vagy éppen nem akarnak elsajátítani. Sok esetben eleve elvetik a túl „tudományosnak” minősített marginális költségalapú árképzést, s előnyben részesítik a valóságot túlzottan leegyszerűsítő, ámde könnyen adaptálható megoldásokat.

Az új árképzési elvek gyakorlatba ültetése egyeseket előnyösen, másokat hátrányosan érinthet. A jelenlegi tapasztalatok azt mutatják, hogy a negatíván érintett csoportok érdekeiket hatásosabban képviselik a társadalmi viták során, mint az előnyöket élvezők (ráadásul az előnyök – az egyének által azonnal érzékelhető hátrányokkal szemben – kevésbé érzékelhetőek, s inkább nemzetgazdasági szinten érvényesülnek). Így a médiából is többnyire az hallható, hogy a bevezetéssel a várható veszteségek lényegesen meghaladják majd a társadalmi hasznokat. A hatásos lobbitevékenység tehát az új díjrendszerrel szembeni tényleges ellenállást akár a valóságosnál is nagyobbak mutathatja.

A fentieket összegezve az a következtetés vonható le, hogy a társadalmi határköltés bázisú közlekedési árképzés bevezetése elképzelhetetlen megfelelő szabályozási keretrendszer, s az ennek létrehozását támogató

politikai akarat nélkül. A politikai akarat viszont feltételezi, hogy a döntéshozók többsége elfogadja és helyesli az új elveket és módszereket. E problémakör viszont ismét újabb, alapvetően az elfogadottsággal kapcsolatos kérdések részletesebb elemzését igényli.

Elfogadottsággal kapcsolatos korlátok

A társadalmi határköltés alapú közlekedési árrendszerek elfogadottsága több vonatkozásban is tárgyalható, így a megvalósítás szempontjából a legfontosabbnak tartott társadalmi véleményalkotás mellett, a politikai és az üzleti szféra (várható) reakciója is mérvadó.

A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy az új típusú árképzés megvalósításának legnagyobb akadálya a megfelelő társadalmi (magáncélú közlekedési infrastruktúra-használói) együttműködési/vállalási hajlandóság alacsony foka, vagy teljes hiánya. Az erős társadalmi ellenállás ráadásul továbbgyűrűzik a politikai szférába is, amennyiben a népszerűség csökkenésétől tartva egyik vezető politikai erő sem hajlandó a kényes ügy felvállalására.

Egyes felmérések statisztikai módszerekkel hasonlították össze a közlekedési rendszert használók, mobilitási igények szabályozására alkalmas intézkedésekkel kapcsolatos hozzáállását. Az eredményeket az 1. ábra foglalja össze. Látható, hogy a legkevésbé elfogadott intézkedések csoportját a különféle árképzési elveket magukban foglaló díjszedési módok alkotják.

Ebből a kedvezőtlen eredményből kiindulva, további kutatásokat végeztek az árrendszer társadalmi elfogadottságát befolyásoló tényezők feltárására. A legfontosabb tényezőknek a következők bizonyultak:

- A probléma érzékelése. A közlekedés okozta – környezeti, életminőségbeli, zsúfoltsági stb. – problémák iránti érzékenység

magasabb foka, a vizsgálatok szerint, általában javítja a díjfizetési hajlandóságot. Ez a magatartás ugyanakkor inkább a sűrűn lakott régiókra jellemző, s a problémák közül is elsősorban a környezetszennyezés elkerülésére irányul (például az elszennvedett idővesztés csökkenése alig ösztönöz díjfizetésre).

- Társadalmi nyomás/normák. Ez a tényező részben kapcsolatba hozható az előzővel. Abban a társadalomban ugyanis, amelyben az értékrend már elmozdult a fogyasztást és gazdaságbővülést mindennél előbbre helyező pontról a környezettudatosság irányába, várhatóan magasabb a közlekedési problémák iránti fogékonyság, s így könnyebb a mobilitást befolyásoló díjfizetési intézkedések bevezetése.

- A lehetséges beavatkozási alternatívák ismerete. A tapasztalatok azt mutatják, hogy az érintettek többnyire nincsenek tisztában a közlekedésből adódó problémák kezelésének lehetséges eszközeivel. Ha mégis, akkor is kevésbé ismerik a díjrendszerek alkalmazásában rejlő lehetőségeket, s inkább a „klasszikus” közlekedés-szervezési megoldásokat preferálják.

- A javasolt intézkedések vélt hatékonysága. A felmérések szerint az érintettek többsége nem bízik abban, hogy a közlekedési díjszedés bevezetése hozzájárul a mobilitás növekedéséből adódó negatív hatások ellensúlyozásához. Úgy vélik, ha már be kell avatkozni, akkor előbb más – elsősorban technológia-fejlesztési – alternatívák használatát célszerű megvizsgálni, s csak a végső esetben szükséges a díjszedés eszközehez nyúlni.

- A közteherviseléssel összefüggő kérdések. Az elfogadottság szempontjából kulcsfontosságú, hogy az érintettek mennyire tartják igazságosnak a kialakított árrendszert. Itt elsősorban szubjektív oldalról kell a kérdést megközelíteni. Az egyének azt vizsgálják, hogy az új árrendszer egyrészt mennyiben változtatja meg saját gazdasági/életminőségbeli helyzetüket, másrészt hogyan alakul a helyzetük másokoz viszonyítva. Az is az

érdeklődés középpontjában állhat, hogy mi lesz a díjszedésből keletkezett jövedelmek sorsa, azaz azok hol kerülnek felhasználásra.

- Az árrendszer tulajdonságai. A használók általában az egyszerű, rögzített díjtételeken alapuló árrendszereket részesítik előnyben a komplex, használatot mérő, és a fizetendő összeget csak azután megállapító, idő-, távolság- és egyéb kiegészítő paramétereken alapuló megoldásokkal szemben.

Az üzleti szférában érdekelték (fuvarozók, szállítmányozók, fuvaroztatók, kamarák, érdekvédelmi szervezetek stb.) köréből eddig alig állnak rendelkezésre statisztikailag megbízható információk a korszerű közlekedési árképzéssel szembeni vélekedésről. A feltárt vélemények mindenesetre inkább elutasító szándékra utalnak, mintsem támogatóra. Ezt leginkább azzal magyarázzák, hogy a közlekedési díjak bevezetése az üzemeltetési költségek növekedésével jár, csökkentve a szállítási szolgáltatók versenyképességét. Ráadásul a díjtételek harmonizálatlansága hozzájárulhat a területi gazdasági esélyegyenlőtlenség fokozásához is. Mindazonáltal az üzleti szféra fizetési hajlandósága fokozható, amennyiben a díjfizetés új infrastruktúrára vonatkozik, s adott a díjmentes alternatív útvonal lehetősége a magasabb színvonalú szolgáltatásért fizetni nem hajlandók számára.

Az előző fejezet végkövetkeztetése az új árképzést támogató társadalmi-politikai szándékok szükségességét hangsúlyozta. Ennek előfeltétele, hogy a döntéshozók és az érintettek preferenciarendszerében a közlekedési árképzés megújítása megfelelő helyet foglaljon el. A politikusok alapvető érdeke pozíciójuk megőrzése, miközben sokféle érdekcsoport eltérő érdekeit szükséges figyelembe venniük és kiegyensúlyozniuk. Az igazságos és hatékony közlekedési díjrendszer kialakításának és alkalmazásának támogatása ugyanakkor nem igazán segíti elő az efféle törekvéseket, amennyiben az

- a társadalom és az üzleti szféra legbefolyásosabb érdekcsoportjainak körében népszerűtlen, továbbá

- közvetett, csak hosszabb távon értékelhető hatásokkal működik, szemben az azonnali eredményeket hozó, s így a döntéshozók törekvéseit kedvezően feltüntető, közvetlen intervenciókkal.

Az előbbieken rendszerezett, elfogadottsággal kapcsolatos akadályozó tényezők lebontásában nyújthatnak segítséget az alábbiakban összegzett, a legjobb gyakorlatok (*best practices*) elemzéséből levont következtetések, javaslatok

- az útdíjak bevezetése járjon együtt új közlekedési infrastruktúraelemek forgalomba helyezésével;

- a díjrendszer meghatározott időszakra kerüljön bevezetésre, majd annak lejártát követően szülessen újbóli döntés a tapasztalatok alapján történő módosításokra;

- a díjszedés a kezdetben alkalmazott egyéb, jobban elfogadott (avagy kevésbé ellenzett) mobilitás-menedzsment eszközöket felváltva/helyettesítve, fokozatosan kerüljön adaptálásra;

- a díjszedés indoklásakor nagyobb hangsúly kerüljön a várható kedvező környezeti és közlekedésbiztonsági hatásokra, mintsem a nehezen megfogható hatékonyságjavulásra;

- a díjképzésből keletkezett jövedelmek felhasználása legyen átlátható, s olyan célokat szolgáljon, mint pl. a közlekedés-fejlesztés, a „vesztesek” kompenzálása, vagy a közlekedési rendszert használók nem használatával arányos adóinak mérséklése.

Összefoglalásként megállapítható, hogy az elfogadottság az új, elvi megközelítést igénylő közlekedési árképzés gyakorlati alkalmazásának valószínűleg legfontosabb előfeltétele, s részben a többi (intézményi, szabályozási) akadályozó tényező hátterében is ebből levezethető megfontolások állnak. A bevezetési stratégia tehát

akkor lehet hatásos, ha azt hangsúlyozza, hogy a közlekedési rendszert használók konkrét, értékelhető eredményeket – pl. jobb szolgáltatást, biztonságosabb és élhetőbb környezetet stb. – élvezhetnek.

2. IMPLEMENTÁCIÓS FELTÉTELEK A VASÚTI, LÉGI ÉS BELVÍZI KÖZLEKEDÉSBEN

A jelenlegi árképzési rendszerek és reformjuk szükségessége

A vasúti közlekedésben jelenleg – amennyiben végrehajtották a pálya- és a kereskedő szervezeti egységek szétválasztását – többnyire az ún. kétrészes árat alkalmazzák. A rögzített összetevő nem arányos a szállítási teljesítménnyel, s célja, az általános költségek fedezése mellett, a vasúti infrastruktúrához történő hozzáférés biztosítása. A változó összetevő a – rendszerint vonatkilométerben mért – szállítási teljesítménnyel arányos, és a vonatközlekedéssel kapcsolatos infrastruktúra-üzemeltetési és -fenntartási (esetleg még a vontatási) költségeket szándékozik fedezni. A kalkuláció során különféle módosító paramétereket is használnak, amelyek a szolgáltatásminőség, terhelés, idő stb. szerint differenciálják a díjakat.

A vasúti infrastruktúra-használati díjak kalkulációja a jelenlegi gyakorlatban inkább átlagköltség, mintsem határköltség alapon történik, s nem a társadalmi, hanem csak a vállalati költségtételeket bevonva. Figyelembe kell ugyanakkor venni azt a tényt, hogy a vasúti infrastruktúra-üzemeltetők, a költségfedezési célok mellett, piaci megfontolásokat is alkalmaznak az árképzés során, így a ténylegesen alkalmazott árak forgalomvonzó célzattal az indokoltnál alacsonyabbak is lehetnek, számottevő állami támogatásigény mellett.

Egyes vasutaknál az árak, kísérleti jelleggel, már tartalmaznak bizonyos externális (pl. baleseti vagy torlódási) költségelemeket

is. A határkölségek kezdeti alkalmazása is megkezdődött (pl. Svédországban). Ebben az esetben viszont, a vasúti költségszerkezetben domináns rögzített tényezők miatt, olyan alacsony díjtételek adódtak, amelyek nem teszik lehetővé a tisztán piaci alapon történő működést.

A légi közlekedésben a jelenleg alkalmazott díjak általában a következő két szolgáltatáscsoporthoz köthetők

1. repülőtéri szolgáltatások;
2. járatkezelési szolgáltatások.

Az első csoportba tartoznak a fel- és leszállási, parkolási/tárolási, utasforgalmi, áru be- és kirakási, biztonsági és ellenőrzési díjak. A második csoport az adminisztrációs és felügyeleti, a poggyász-, áru- és levélkezelési, karbantartási, üzemanyag feltöltési, tisztítási, catering és földi kiszolgálási díjakat foglalja magában.

Az ármeghatározási mechanizmusok szolgáltatásonként változnak, s a díjszintek kialakításában fontos szerepe van az aktuális versenyhelyzetnek. A tarifák struktúrája többnyire a technikai paraméterekhez (pl. repülőgéptömeg) és az infrastruktúra-használat időtartamához kötött. A díjak nem tükrözik a tényleges infrastruktúra-üzemeltetési költségeket, és általában alig differenciálnak a kereslet változása szerint (bár egyes repülőtereken már kísérleteznek a csúcsidőt megkülönböztető árképzés bevezetésével).

Az egységes árképzést nehezíti, hogy a kezelési szolgáltatások nagy része privatizált, s így a díjak egyedi szerződéseken alapulnak, a legkülönfélébb szolgáltatás-jellemzőket és a regionális piaci környezetet tekintetbe véve. Néhány esetben külön adók foglalják magukba a zajemisszióból adódó káros hatások kompenzációját, s az ebből származó bevételek a helyi önkormányzatokhoz kerülnek. A károsanyag-kibocsátás externális költségei egyelőre nem jelennek meg az árképzésben.

A belvízi hajózásban a társadalmi költségbázisú árképzés elvi mozgatóerői a vízi

úti és a kikötői infrastruktúra-használat, valamint az okozott légszennyezés. A jelenlegi díjrendszerek az utóbbi tényezőt egyáltalán nem mérlegetik. A kikötői tarifákat általában a piaci környezet határozza meg, mintsem a költségstruktúra, s a tapasztalatok szerint az alkalmazott díjak jóval a tényleges infrastrukturális költségek alatt maradnak.

Technológiai és gyakorlati korlátok

A technikai korlátok, mindhárom tárgyalt közlekedési alágazatnál, a társadalmi határkölségek mérésével, meghatározásával, illetve a díjszedő rendszerek műszaki megoldásaival kapcsolatosak. Utóbbi kevésbé hangsúlyos probléma az előzőnél. A vasúti közlekedésben elsősorban a zsúfoltságból és a szűk kapacitásokból adódó költségek, míg a légi közlekedésben ezeken túl a zaj- és légszennyezési költségek egzakt felbecslése, valamint az árrendszerek üzleti titokra hivatkozott átláthatatlansága okoz gondot. A hajózásban az is kérdéses, hogy miképpen allokálják a felmerülő üzemeltetési, fenntartási és irányítási költségeket az egyes költségviselőkre.

Szabályozási és intézményi korlátok

A vasúti közlekedésben megnehezítheti az új típusú árképzés bevezetését, hogy az állami szektor nem tudja, vagy nem akarja vállalni az egzakt módon kimutatható, számtításokkal alátámasztható, veszteségeket kiegyenlítő támogatásigényt. Szabályozási problémákat vet fel a versenytörvény, mivel az erősen preferált kétrészes tarifák vasúti pályához történő hozzáférést biztosító rögzített tételének magas szintje erősen korlátozhatja a kisebb szállítási szolgáltatók piacra lépését, fenntartva a piac monopolisztikus, esetleg oligopol jellegét.

A légi közlekedésben leginkább a repülőterek és a nagyobb légi közlekedési szolgáltatók domináns piaci ereje hátráltathatja az

egységes árképzés kialakítását. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy nem történik érdemi előremozdulás a díjrendszerek nemzetközi harmonizálása irányába sem, még az új irányelveket megfogalmazó, magas szintű árképzési formulák szintjén sem.

A belvízi hajózásban egyrészt az érvényben lévő nemzetközi konvenciók akadályozhatják az árreformot, másrészt az, hogy a nemzeti kormányok különféle támogatásokkal és juttatásokkal ösztönzik, védik ezt az amúgy veszteséges és visszaszoruló szállítási formát. Tovább csökkenti a belvízi (és a légi) közlekedési árrendszer átalakításának lehetőségét, hogy a közlekedéspolitikákban általában a közúti és a vasúti használati díjak bevezetését preferálják, míg a többi közlekedési mód rendszerint kisebb hangsúlyt kap.

Az elfogadottsággal kapcsolatos korlátok

Az árképzés reformjában érintett döntéshozók leginkább társadalmi elismertségüket kockáztatják, a tárgyalt alágazatok díjképzési rendszereinek átalakításával

- a vasúti és a vízi közlekedésben fennáll a veszélye annak, hogy a társadalmi költségbázisú árképzéssel bevezetendő árak – amennyiben nem a teljes közlekedési rendszer szintjén, harmonizáltan kerülnek megállapításra – a nemzetgazdasági érdekekkel

szemben tovább csökkentik ezeknek az utazási/szállítási módoknak az attraktivitását, s így a közlekedési munkamegosztásban betöltött szerepüket;

- a légi közlekedésben erős szakmai lobbik működnek, amelyek a status quo fenntartásában érdekeltek, s ezirányú érdekeiket hatékonyan képviselik.

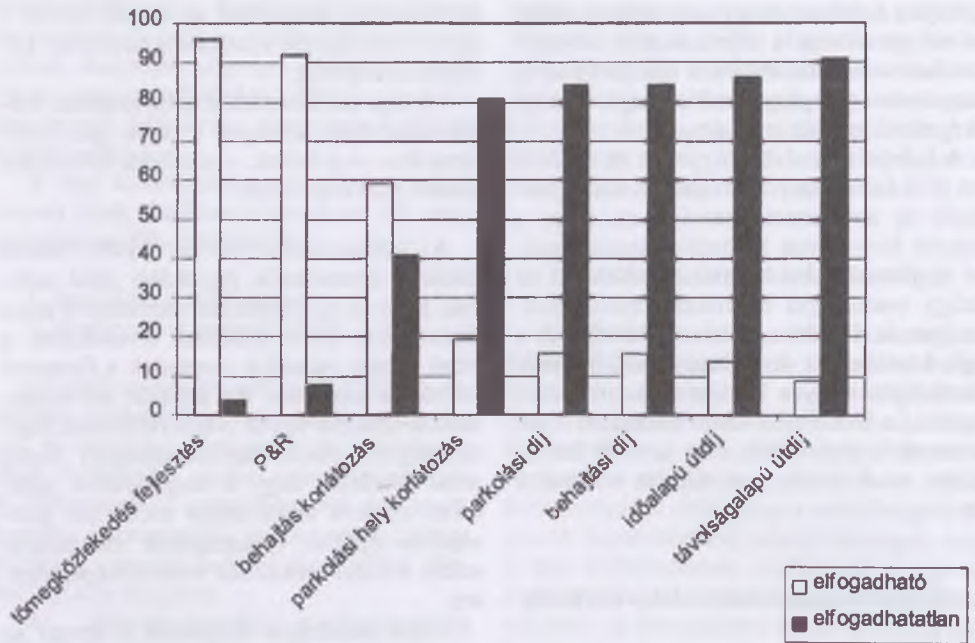
Az infrastruktúra (pálya-, reptér-, illetve kikötő-) üzemeltetők leginkább attól tartanak, hogy az új díjrendszer átrendezi a piaci viszonyokat és a szállítási útvonalakat, s ezzel esetleg piacokat vesztenek a fuvarozó vállalatok köreiben. Az említett infrastruktúrákat igénybe vevők (vasútállalatok, légitársaságok, illetve hajóstársaságok) pedig azzal érvelnek, hogy a megnövekvő használati díjak a teljesítmény előállítási költségekbe épülve, megdrágítják szolgáltatásaikat, s ezzel csökkentik versenyképességüket.

Végül mindegyik alágazatra érvényes az a további hátráltató tényező, amelyikben arra hivatkoznak, hogy amíg a többi alágazatban sem történik meg az externális hatások árakba építése, addig az adott közlekedési mód sem kényszeríthető ennek megvalósulására. Ez előrevetíti azt az igényt, hogy a társadalmi költségbázisú árképzés bevezetése a közlekedési rendszer egészében, az összes alágazatot átfogva történjen, nem pedig csupán egyes módokra, vagy bizonyos hálózati elemekre korlátozottan.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) MC-ICAM Deliverable 4, 5 EU Commission DG TREN, 2003 (2) Road pricing systems in Hungary; The Hungarian rail charging system. Az MC-ICAM EU 5. K+F keretprogrambeli projekt keretében készült esettanulmányok, BME Közlekedésgazdasági Tanszék, 2002 (3) TÁNCZOS LÁSZLÓNÉ – BOKOR ZOLTÁN (2003): A közlekedés társadalmi költségei és azok általános és közlekedési módtól függő hazai sajátosságai. Közlekedéstudományi Szemle 2003/8 (4) SCHADE, J. (2001): Public acceptability of transport pricing. Paper presented at the DG TREN Workshop "Transport pricing research: Main results and the way ahead", Brussels, March 27, 2001

1. ábra



Mobilitás menedzselő intézkedések társadalmi elfogadottsága a megkérdezettek százalékában
 Forrás: Schade, 2001

KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A KÖZLEKEDÉS KÖLCSÖNHATÁSA

TÖRÖK ADÁM

ÖSSZEFOGLALÁS

A motorizáció és a forgalom növekvő környezetterhelést eredményez, melynek jelei lokálisan és globálisan is tapasztalhatók. A közúti közlekedés által okozott környezetkárosítás csökkentésére irányuló társadalmi igény eszközeiként felhasználható a közúti forgalom költségalapú menedzselésének eszközparkja. A külső költségek meghatározása és monetarizálása vezethet a közlekedés teljes és tiszta hasznának megítéléséhez.

1. BEVEZETÉS

A környezet változása – beleértve az éghajlatot is – és az ezeket befolyásoló emberi akciók kapcsolatban állnak a társadalommal, a gazdasággal és a közlekedéssel. (1)

Az elmúlt évezredekben a természeti környezet biztos alapot adott a létfenntartáshoz, és szinte korlátlan készleteket ígért az élővilág fennmaradására. Beavatkozásaival a korlátozott technikai feltételekkel rendelkező ember már az emberiség fejlődésének korai szakaszában is változásokat idézett elő. A környezetre gyakorolt hatás nagysága azonban elenyészően kicsinek bizonyult a környezet méreteihez képest, ezért az ember beavatkozásának következményeit nem tapasztalta, illetve az arányok miatt globális méretű változás nem volt érzékelhető. Az életfeltételeket biztosító természet korabeli helyzete nem indokolt külön erőfeszítéseket a környezet védelme érdekében. Az első igazi figyelmeztetéseket az ipari forradalommal együtt járó, környezetkárosító hatások adták. Az elmúlt században lejátszódó robbanásszerű – tudományos és technikai – fejlődés olyan eszközöket és technológiai megoldásokat adott az emberiség kezébe, amelyek hatványozottan növelték meg a

környezetbe való beavatkozás hatását. „A növekvő fogyasztói igények kielégítése óhatatlanul károsítja a környezetet, ugyanakkor a túlélés elemi feltételei közé tartozik a környezetszennyezés csökkentése.” (2) Ennek megoldása a műszaki fejlesztésen, anyagtakarékos technológiák alkalmazásán, megújuló energiaforrások hasznosításán, környezetkímélő közlekedésen és szállításon alapszik. „Földünk méretei – a rendszer tehetetlensége – miatt a múltban kibocsátott káros anyagok akkor is módosítanak a jövőbeli környezetünket, ha kibocsátásuk azonnal megszűnne.” (3)

A társadalom jogos igénye a közúti közlekedésből, a közúti közlekedési infrastruktúra fejlesztéséből és fenntartásából származó környezetterhelések, károsanyag-kibocsátások minimalizálása. A közlekedési környezetszennyezés hatására változik a Föld klímája, ami hat a társadalom és a gazdaság állapotára. A környezetszennyezés jelentős része közlekedési eredetű. Ezen belül a közúti közlekedés a legnagyobb „károkozó”. A környezetszennyezés által okozott változások, környezeti anomáliák visszahatnak a közlekedésre. A cikk célja a közlekedés és a környezet komplex kapcsolatrendszerének feltárása.

2. KÖZLEKEDÉS ÉS A KÖRNYEZET KAPCSOLATA

A motorizáció dinamikus fejlődése olyan jelentős levegő-, talaj- és vízszennyeződést okoz, amely a légkör, a talajfelszín és a vízkészlet gigantikus méreteihez képest is számottevő.

A „fenntartható fejlődés” fogalma olyan fejlődést takar, amelynek lényege, hogy a műszaki fejlesztés ütemét és a növekvő fogyasztási igények kielégítését, valamint a Föld nyersanyagkészleteinek és erőforrásainak felhasználását oly módon kell egyensúlyban tartani, hogy az emberiség következő generációinak lehetőségei, életszínvonalja és életkörülményei ne legyenek rosszabbak a jelenleginél.

„Jelenleg a világban használt járművek működésük során károsítják környezetüket.” (4) A gépjárművek által a külső és belső környezetre gyakorolt hatások tekintetében megkülönböztethető a hőterhelés, a károsanyag kibocsátás, valamint a zajszennyezés. A károsanyag kibocsátás halmazállapota szerint lehet szilárd (pl. korom, gumipor), folyékony (pl. különböző olajszivárgások) vagy légnemű.

A ma használatos közúti járművek belsőégésű hőerőgéppel hajtottak, melyek a tüzelőanyag fűtőértékét alakítják át „hulladék” hővé, valamint „hasznos” mechanikai munkává. Általában a témakörrel foglalkozó forrásmunkák megfelelnek arról, hogy a belsőégésű motor alacsony hatásfokának következményeként, a bevitt tüzelőanyag energiatartalmának max. 40%-át alakítja át mechanikai munkává, a többi veszteség, a környezetet fűtő „hulladék” hőenergia. A tüzelőanyag energiatartalmának felszabadításához szükséges égésfolyamat végeredménye adja a kipufogógázt. Mivel a műszaki gyakorlatban tökéletes égést megvalósítani ezidáig nem sikerült, így ezen járművek használatakor végbemenő tökéletlen égésből származó anyagok, égéstermékek növelik a légnemű károsanyagok mennyiségét. Ezért indokolt a gépjárművek károsanyag kibocsá-

tásának minimalizálása és ellenőrzése. A károsanyag minimalizálás a motor konstruktorok és a gépjármű üzemeltetők közös feladata, hiszen aki gépjárművel a közúti közlekedésben részt vesz, az köteles a közút és a környezet védelmére vonatkozó jogszabályokat betartani. „Az üzemeltető felelős azért, hogy a forgalomban tartott járműve a műszaki, közlekedésbiztonsági és környezetvédelmi követelményeknek megfeleljen.” (5)

A gazdaság fejlődésével – az egyszerűség kedvéért jellemezze ezt a GDP egy lakosra vetített értékének időbeli változása – szoros korrelációt mutat a motorizációs fok, az ezer lakosra jutó gépjárművek száma, tehát a GDP növekedésével nő a motorizációs fok. A növekvő motorizáció, sajnos, a környezet-szennyezés növekedését indukálja. A motor feltalálása óta eltelt több mint 100 év alatt a társadalom fejlődése az egyéni közlekedést egyre jobban igényli. Eddig megoldást nyújtott a fosszilis tüzelőanyagok elégetése belsőégésű hőerőgépekben. A mostani közlekedési eszközök jelentős részét hajtja ilyen erőforrás. Az elmúlt években, a tömegtermelésben nem volt kihatás más hajtásrendszer elterjedésére. Például az elektromos járművek nem jelenthettek racionális jövőt, mert elemeik kis energiasűrűségűek, kis hatótávolságúak voltak. Igazi áttörést jelentett a tüzelőanyag-cellás járművek megjelenése, ám a kezdeti lelkesedést követően, a tömegtermelés megkezdése előtt súlyos problémákat szükséges még leküzdeni. Az elektromos hajtású járművet összehasonlítva a belsőégésű hőerőgéppel hajtottal kijelenthető, hogy az csak kezdetben, a kb. 30 km/h sebességérték eléréséig jelent kisebb zajforrást, mert utána az útburkolat-kerék kapcsolatából adódó zajok válnak dominánssá. A károsanyag kibocsátás elemzésekor szem előtt kell tartani, hogy a ma gyártott belsőégésű motorok, az 1970. évi értékhez képest jelentős javulást tudnak felmutatni; jelenlegi környezetterhelésük az akkori szint alig 2%-át éri el, így a reális összeméréshez az elektromos energia előállításának környe-

zetterhelését ezzel az értékkel kell szembeállítani.

A tüzelőanyag-cellával rendelkező járművek két csoportra oszthatók: teljesen hidrogén meghajtásúak és más folyadékkal meghajtott járművek. A járművek környezetterhelési hatásait illetően a mai napig vita tárgyat képezi bizonyos jellemzők megítélése, mint pl. az üzemi hőmérséklet, a hatékonyság, illetve a gazdaságosság. Ha csak azt nézzük, hogy a metanol vagy benzin átalakításából is nyerhető hidrogén és CO_2 – amelyet a környezetbe engedünk –, akkor környezetvédelmi szempontból ennek a folyamatnak a hatékonysága is megkérdőjelezhető. A tiszta hidrogénnel üzemelő járművek a hidrogén és oxigén egyesítéséből származó energiát alakítják mozgási energiává, ennek eredményeként pedig víz keletkezik. A keletkező víz problémát jelenthet a városi közlekedésben, jelentősen növelheti a városi területek páratartalmát. A keletkező többletpára elvezetése, elnyeletése, a levegő „kiszáritása” még nem megoldott. További problémát jelenthet a hideg indítás, a rendszerelemek élettartama, a közlekedésbiztonság (folyékony vagy nagy nyomású hidrogéntartályok megjelenése tüzelőanyag tartályként) és a rendszer kiépítésének költségei, mind a járművön, mind a kiszolgáló létesítményeknél.

A környezetszennyezés pedig éghajlatváltozáshoz vezet. A Föld éghajlata komplex rendszer. Az emberiség két módon avatkozhat be a komplex rendszer jövőjének alakulásába. Ezek a lehetőségek az alábbiak szerint értékelhetők.

Az első lehetőség az éghajlatváltozást kiváltó okok mérséklése, a környezeti terhelés csökkentése, ami – a bevezetében leírtak miatt – csak hosszabb idő elteltével vezet eredményre. A járművekben fosszilis tüzelőanyagot égetnek el. Ha létezne tökéletes égés, akkor csak CO_2 és víz keletkezne. A CO_2 üvegházhatást élénkítő gáz, csökkentése csak az elégett tüzelőanyag csökkentésével valósítható meg. Megoldási lehetőséget csak az nyújtana, ha nem szénttartalmú

tüzelőanyagot égetnének el. Kisebb szénttartalmú anyagok elégetése viszont – metanol, hidrogén – azért nem lenne célszerű, mert ezzel csupán a károsanyag kibocsátásának a helye változna meg; a jármű működtetése helyett a tüzelőanyag-gyártás során keletkezne környezetszennyezés. Biogázok használata belsőégésű motorokban előnyös lehet, mert akár 20%-kal is kisebb lehet a CO_2 kibocsátása, egyúttal jobb a kompressziótűrése (ami a dízel járművekben történő felhasználását korlátozza), ami a kedvezőbb szén/hidrogén aránnyal magyarázható. A dízel járműveknél a környezetvédelmi célkitűzések teljesítése belső ellentmondáshoz vezetett, ugyanis egyidejűleg vagy csak a részecske kibocsátást, vagy csak az NO_x kibocsátást lehet csökkenteni. A NO_x csökkentésekor – pl. kipufogógáz visszavezető szelep használatával – a részecske kibocsátás emelkedik meg, és utólagos szűrők beépítése válik szükségessé. A részecske kibocsátás csökkentésekor viszont az NO_x érték növekszik, amelyen DENOX katalizátorral tudnak segíteni. Mindkét megoldás teljesíti a környezetvédelmi határértékeket, de jelentősen drágítja a járművet és növeli a fogyasztást. Ideális megoldást nyújthat a tüzelőanyag befecskendezése a szívó ütemben.

A második lehetőség az alkalmazkodás. A közlekedésben a klímaváltozás hatására – az előrejelzések szerint hazánkban enyhébb, csapadékosabb telek és száraz, melegebb nyarak várhatók (3) – a téli hidegből eredő fagykárak csökkenése, a nyári forróságból adódó problémák növekedése várható. A prognózisból következően a tavaszi árvíz-károk csökkenésére lehet számítani.

A klímaváltozás hatására kialakuló éghajlati szélsőségek által okozott károk, pl. a hazánkra eddig nem jellemző viharok előfordulásának előrejelzése, bár nehéz feladat, mégis a védekezés és a károk megelőzése szempontjából szükséges. A viharok károsíthatják a járművek pályáit (közúti és vasúti pálya), a járművek működtetéséhez szükséges berendezéseket (felső vezetékek, transz-

formátor házak). A csapások súlyosan érintik a közlekedést és ezzel a hazai lakosság jelentős részét. Elkerülésük nehézkes, ezért törekedni kell az okozott kár mértékének csökkentésére is. A múlt tapasztalatai alapján szükség van olyan állandóan frissített akciótervek kidolgozására, amelyek az érintett társadalmi csoportok összefogását igénylik.

A klímaváltozás hazai hatásai feltehetően nem változtatják meg lényegesen a ma is létező regionális gazdasági és társadalmi egyenlőtlenségeket, de a jövőben számolni kell a migráció további erősödésével, ami a vázolt, kedvezőtlen változásokat felerősítheti. Ezek az esetenként szinergikusan érvényesülő hatások viszont már felgyorsíthatják a regionális, illetve a társadalmi szegregációs folyamatokat. A néhány évszakban tartósan is kedvezőtlen belvárosi klíma és az állandósuló közúti közlekedési torlódások együttes érvényesülése miatt felgyorsulhat a szuburbanizációs folyamat. (3)

3. FELADATOK

A kedvezőtlen jövőbeli folyamatok kialakulását elkerülendő, eltérő feladatok hárulnak a társadalom alkotóelemeire, az egyes

emberekre és az államra, mint a közösségi érdekeket megtestesítő döntési grémiumra.

A társadalomnak, illetve a közlekedő embereknek szemléletmód váltásra van szüksége.

Közös érdekünk, az utánunk következő generációk életterének megőrzése érdekében, a környezettudatos életmód kialakítása.

Ebben az állam szerepe az oktatásban, képzésben (ismeretterjesztés, népszerűsítés) közvetlenül is meghatározó.

Az államnak más eszközei is vannak a közúti közlekedésből származó környezet-terhelés mérsékléséhez.

A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy különböző díjak bevezetésével a közúti közlekedés attraktivitása, a forgalom nagysága csökkenthető.

Az egyéni gépkocsihasználat ésszerűen mérsékelhető úthasználati, zónahasználati, belépési díj kialakításával, vagy a gépjárművek kihasználtsága növelésének ösztönzésével.

Fontos azonban szem előtt tartani, hogy az úthasználati díjat nem lehet csupán bevételi forrásképzésre használni, hanem elsődlegesen a forgalombefolyásolás hatékonyságát növelő eszközként célszerű alkalmazni.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) TÁNCZOS L.-NÉ (1994): Közlekedésgazdaságtan I. Egyetemi jegyzet, BME Közlekedésgazdasági Tanszék, Budapest (2) GION J. – SZILVÁSI B. (1979): Korszerű Gépjárműszerkezetek. Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium Autóközlekedési Főosztálya, Budapest (3) „AGRO-21” Füzetek Klímaváltozás – Hatások – Válaszok 2005/44 (4) FLAMISCH O. (1983): Gépjármű motorok gazdaságos üzeme. Műszaki könyvkiadó, Budapest (5) 1988. évi I. törvény: „A közúti közlekedésről”

A KLÍMAVÁLTOZÁS ÚTBURKOLATOKRA GYAKOROLT HATÁSA

GÁSPÁR LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás (globális felmelegedés, szélsőséges időjárás) útburkolatokra gyakorolt közvetlen hatása abból a tényből következik, hogy azok egész élettartamuk alatt „szabadban vannak”, az időjárási hatásoknak teljes mértékben kitéve.

Az egyik fő problémaként a szélsőséges időjárási hatások következtében jelentkező nagy mennyiségű víz (csapadékvíz, árvíz, belvíz, talajvíz) említhető, amely a földmű teherbírás veszteséhez és ezzel a pályaszerkezet gyors tönkremeneteléhez vezet.

A globális felmelegedés egyik következménye a különleges nyári meleg, amelyben a termoplasztikus kötőanyagú aszfaltburkolatok deformálódhatnak. A hullámosodás és a keréknyomvályú-képződés nem csupán utazáskényelmi hátrányokkal jár, hanem komoly balesetveszélyt is teremt, főleg nagy forgalmú utakon (pl. autópályákon). Amellett, hogy a megoldás érdekében világszerte törekszenek a nagy modulusú aszfaltok alkalmazására, a betonburkolatok építése hatékonyabb eljárás.

A szélsőséges időjárás egyik megnyilvánulása a havas, zord téli idő, amely az útpályát csúszóssá, balesetveszélyessé teszi, míg a feltorlódott hó a közlekedés fizikai akadályává válik. Hatékony hóeltakarító gépek, hóvédművek és a burkolatba épített (akár napenergiát hasznosító) berendezésekkel történő hó- és jégolvasztás lehet a célszerű megoldás.

A télvégi, tavasz eleji olvadási kár a közúti földmű elnedvedéséből és ennek következtében a gyenge pályaszerkezet megrepedezéséből és/vagy kátyúsodásából származik. Jó vízelvezetés és vastag pályaszerkezetek építése segíthet ezen a problémán.

Az időjárási hatásokra nedvessé váló burkolatfelület akkor jelent komoly balesetveszélyt, ha annak nem megfelelő a csúszásellenállása. Fontos feladat ezért nagy mikroérdességű útpályák, illetve mikroérdes kőanyagokat hasznosító kopórétegek készítése.

Végezetül néhány olyan külföldi példa következik, amelyek az időjárási hatások által a közúti közlekedésben jelentkező problémák megoldását célozzák:

- Malajzia fővárosában, Kuala Lumpurban a belváros alatti 2,5 km-es hosszúságú, kétszintes közúti alagutat trópusi esőzések a forgalomtól elzárják, hogy azon a hatalmas csapadékmennyiség átvezethető legyen egy közeli befogadóba, elkerülve a belváros korábban gyakori elöntését.

- Hollandiában, a delft-i DWW intézetben előre gyártott, 4 cm-es vastagságú aszfalt-szőnyeg technológiáját dolgozták ki, amelyet 2,5 m-es szélességű és 50 m-es hosszúságú elemekben, feltekereselve szállítanak a beépítés helyére, ahol elektromágneses eljárással rögzítik az alapréteghez; ezzel nemcsak egyenletes minőségű, gyorsan készíthető kopóréteghez jutnak, hanem a – akár időjárási hatások következtében – szükségessé váló „bontás” és máshol beépítés rövid idő alatt és hatékonyan végrehajtható.

- Több nyugat-európai országban „lebegő utakat” készítenek, amelyek akár időleges vízfolyások, akár elöntött területek gazdaságos átívelésére alkalmasak.

Végezetül, mindez abban foglalható össze, hogy a hazai útügyi szakembereknek nemcsak tudatában kell lenniük a klímaváltozás útburkolatra gyakorolt hatásainak, hanem körültekintő módon a felmerülő problémák megoldására is fel kell készülniük.

BEVEZETÉS

A közutak szabadban épülnek, így tervezésük, építésük, üzemeltetésük és fenntartásuk az éghajlat közvetlen hatásainak kitétek. Már az aszfalt- és betonburkolat közötti választást is, egyebek mellett, a változó klíma befolyásolja. Előtérbe kerülnek az éghajlati tényezőkre kevésbé érzékeny betonburkolatok.

Az aszfaltburkolatok keveréktervezésekor a várható hideggel és meleggel egyaránt számolni szükséges. A globális felmelegedésre történő felkészülés az aszfalttechnológiákat a korábbiaknál keményebb bitumentípusok és a rétegen belül nagyobb szabad hézagtartalom alkalmazása felé orientálja.

A téli üzemeltetés az útkezelők részéről az útpálya síkosságával és a lehullott hóval való küzdelem jegyében folyik. A világméretű felmelegedés enyhíti ezeket a gondokat, bár a gyakoribbá váló szélsőséges időjárás ebben a tekintetben is nehézségeket támaszt.

A klímaváltozás részeként újabban tapasztalt jelenség, miszerint az évszakváltás meglehetősen gyorsan következik be, ritkán hozza létre a tavaszi olvadási kárt kiváltó időjárási helyzetet.

Az útburkolat felülete nedves állapotban balesetveszélyessé válik. A klímaváltozás helyenként tapasztalt növekvő csapadékhiánya csökkenti ezt a problémát, ugyanakkor a szélsőséges, viharos időjárás gyakoribb előfordulása ebben a tekintetben fokozza a veszélyt.

Elengedhetetlen az útügyi szakemberek számára is, hogy a jövőben a klímaváltozás következményeit tudományosan feldolgozva, arra hosszú távon is hatékony válaszokat adjanak.

Az elmúlt néhány évet a következők jellemzték: a földi átlaghőmérséklet emelke-

dése és az ózonburok sérülése; a csapadékviszonyok változása; a szélsőséges időjárási események gyakoribbá válása; világméretű tengerszint-emelkedés (Papp, 2005). Ez a klímamódosulás az emberi környezetre, gazdaságra és társadalomra közvetlen hatást gyakorol. Az elmúlt 30 évben az átlagos talaj menti hőmérsékletek világszerte folyamatosan növekedtek (1. ábra).

A Magyar Tudományos Akadémia égisze alatt 2003-ban indult VAHAVA (Klímaváltozás – Hatások – Válaszok) komplex kutatási programban került sor az útburkolat (út-pályaszerkezet) klímaváltozás szempontjából történő vizsgálatára.

A SZÉLSŐSÉGES IDŐJÁRÁS A KÖZLEKEDÉS MÁS ÁGAZATAIRA GYAKOROLT HATÁSA

Bár tárgykör az útburkolatok vizsgálatára irányul, nagyon röviden érdemes szót ejteni más – vasúti, vízi és légi – közlekedési ágazatok szélsőséges, időjárásból származó problémáiról.

A vasúti járművek kisiklását, illetve a sínkivetődést gyakran a nagyon alacsony, illetve a nagyon magas léghőmérséklet okozza. A vasúti váltók biztonságos működését zord téli napokon csupán nagy energiaigényű fűtéssel lehet biztosítani. Előfordul, hogy a vasúti (vagy akár a közúti) töltés szélsőséges időjárási helyzetben árvízvédelmi gát szerepét tölti be, a közlekedésbiztonságot érdemlegesen kockáztatva.

A vízi közlekedés részben megbénulhat, ha a huzamosabb ideig tartó csapadékhiány gázlók kialakulásához vezet. A befagyott vagy zajló folyókon pedig sem hajó-, sem pedig komp közlekedésre nincsen lehetőség.

A légi közlekedés biztonságát a viharos, főleg az orkánszerű szél a repülőgépek fel-

és leszállásakor, de repülés közben is veszélyezteti. A sűrű köd miatt lecsökkent látótávolság a földi vagy a föld közeli manővereket teszi kockázatosabbá. A fagyponthoz alatti léghőmérséklet alatt induló gépek szárnyait, a katasztrófák elkerülésére, még a repülőterén jégteleníteni kell, meglehetősen nagy idő-, költség- és energiaigénnyel.

AZ ÚTÜGYI VIZSGÁLATOK

Az *Útügyi Kutató Intézet* már az 1950-es években elkezdett az útügy és a közúti munkák meteorológiai vonatkozásaival foglalkozni (Gáspár *id.*, 1953a, 1953b, 1955). Magyarország éghajlatával, az éghajlati elemek százalékos arányával, valamint tájegységük alapján történő éghajlati felosztásával foglalkoztak, majd az egyes világrészek éghajlati elemeit vették vizsgálat alá. Ezután az akkori jellegzetes burkolattípus (a makadamburkolat) tartósságával összefüggő kérdéseket boncolgatták. A hőmérséklet és a csapadék egyes hazai szélső és valószínű értékeit tárgyalták, és felhívták a figyelmet egyes adatok közötti vonatkozású alkalmazási lehetőségeire. Ezenkívül 50–75 éves megfigyelési adatsorokat vizsgáltak az év egyes napjain, illetve hónapjaiban a léghőmérséklet közép- és abszolút szélső értékeire vonatkozólag. A csapadék valószínűségének, a tavaszi és őszi csapadékos napok számának, valamint a felső talajréteg víztartalom-változásának az útfenntartás egyes tevékenységeire gyakorolt hatását is vizsgálták. Majd talajhőmérsékleti és téli hőmérsékleti adatok alapján útpépítési fagyhatarzónák bevezetésének célszerűségét is felvetették, végül a fagyveszély elleni védekezésül beépített talajjavító réteg vastagságának megállapítására tettek javaslatot.

A régi kereskedő útvonalak azokon a helyeken haladtak keresztül, ahol szélsőséges időjárási helyzetek ritkán fordultak elő. Mivel nem tudtak a káros meteorológiai hatások ellen eredményesen védekezni, megpróbálták elkerülni azokat (Rábai,

1981). A későbbiekben először úgy látszott, hogy a technika fejlődésével a közlekedés függetlenné válhat az időjárástól. Azonban hamarosan bebizonyosodott, hogy modern közlekedés nem képzelhető el meteorológiai előrejelzés nélkül, sőt a közúti közlekedés és a meteorológia között egyre szorosabb kapcsolatnak kell kialakulnia.

A Betonútépítő Rt. két szakembere már 1997-ben felhívta a figyelmet a hazai útpályaszerkezet-tervezési gyakorlat olyan irányú módosításának szükségességére, amely a szélsőséges időjárást is figyelembe veszi (Keleti, 1997).

A TAVASZI (TÉLVÉGI) OLVADÁSI KÁR A KÖZUTAKON

Gyakori jelenség, minden hazai úthasználó tapasztalhatja, hogy március-áprilisban a korábban megfelelőnek mutatkozott úton repedések és kátyúk keletkeznek, amelyek mennyisége olyan méreteket is ölthet, hogy a szóban forgó út forgalmát célszerű korlátozni. (Az is előfordulhat, hogy időlegesen az összes motoros járművet letiltják az útról, gyakoribb azonban, hogy csupán a nehéz – pl. 3,5 tonna tengelyterhelést meghaladó – járműveknek nem szabad ráhajtaniuk.) Nyilvánvalóan hatalmas nemzetgazdasági veszteség adódik ebből a kényszerű forgalomkorlátozásból, de még a közelben lakók életminősége is jelentős csorbát szenved.

Ez a jellegzetes burkolatkár onnan adódik, hogy a viszonylag kis forgalmi terhelésű utak vékony pályaszerkezete alatt, a földmüben levő víz a téli hónapokban megfagy, majd az első napfényes tavaszi napokon kezd felolvadni a burkolat alatt, és így a földmű – amelynek vize a fagyott környezet miatt oldalirányban nem tud eltávozni – lokálisan nagyon kis teherbírásúvá válik. Az úton haladó nehéz járművek terhét a vékony pályaszerkezet a földmű felületére továbbítja, a talaj erősen deformálódik, ami magával hozza a vékony pályaszerkezet összeropaszását. Ha ilyenkor a nehéz forgalmi

terhelést nem terelik le az útról, pár nap alatt tökéletesen „felborul” a burkolat, akár teljes pályaszerkezet-cserét igénylő állapotba juthat. A burkolatrepedésekbe bejutó csapadékvíz az éjszakai lehűléskor megfagy, és közben térfogatát 10%-kal megnöveli, ezzel hozzájárul a legfelső pályaszerkezeti réteg további repedezéséhez, aprózódásához.

Kialakulásának időjárási előfeltétele, hogy tavasszal lassú legyen a felmelegedés, számos olyan nappal, amikor éjjel fagy, és a rákövetkező nap folyamán a hőmérséklet jelentősen 0 °C fölé emelkedik. Az elmúlt évtizedekben, hazánkban tapasztalt „klímaváltozás” egyik jellemzője, hogy az évszaki váltások meglehetősen gyorsak, a hideg télből akár 2–3 nap alatt kellemes tavaszi időbe vált. Így ritkábban fordul elő az az említett időjárási helyzet, amikor a sűrű fagyási-felengedési periódusok olvadási kár kiváltói lehetnek.

A PÁLYASZERKEZET-TÍPUS VÁLASZTÁSA ÉS AZ ÉGHAJLAT

Az 1900-as évek eleje óta világszerte két útburkolattípus terjed: az aszfalt- és a betonburkolat. Bár mindkettőnek ugyanaz a szerepe, számos jellemzőjük mégis meglehetősen eltérő.

Az aszfaltburkolatok kötőanyaga, a bitumen termoplasztikus anyag, magasabb hőmérsékleten válik annyira folyóssá (kis viszkozitásúvá), hogy a kötőanyag, az ásványi anyagszemcséket vékony filmmel bevonva, össze tudja azokat kötni. A bitumen lehűlése után az elterített aszfaltréteg, az igénybevételeknek megfelelően, ellenálló anyagot képez. Nagy nyári melegben, amikor a fekete színű aszfalt akár 50–60 °C-ra is felmelegedhet, a bitumen újra fellágyulhat, és ennek következtében a réteg deformációja következhet be.

A betonburkolat kötőanyaga a hidraulikus kötésű cement. A beton keverése, szállítása és az építéshelyen történő elterítése az anyag nedves állapotában történik. Az el-

terített rétegben, a víz elpárolgásával együtt, bekövetkezik a beton gyorsan induló, de utána elhúzódó szilárdulása. Szilárdságát a későbbiek során a levegő hőmérsékletének változása vagy a lehulló csapadék érdemben nem változtatja meg. Elmondható tehát, hogy az elsődleges klimatikus viszonyoktól az aszfaltnál sokkal kevésbé függ.

Az úttervezők döntés elé kerülnek, hogy adott kiindulási feltételek mellett aszfalt- vagy betonburkolatot részesítsenek-e előnyben. Nyilvánvalóan nagyon sok szempontot kell figyelembe venniük, de azok közül a környezeti tényezők, benne az éghajlati szempontok egyáltalán nem elhanyagolhatók.

Magyarországon, 1976-ban szakminisztériumi döntés született arról, hogy az autópályákat aszfaltburkolattal készítsék. (Az addig épített M7-es autópálya betonburkolattal épült.) Ennek következtében a kisebb forgalmú utak betonburkolattal történő készítése is abbamaradt, mindenhol aszfaltburkolat készítésére került sor (*Liptay, 2002*).

Nyilvánvalóvá vált 2000 körül, hogy a különösen nagy tengelyterhelésű gépjárműforgalom tartós elviselésére a leginkább deformációnak ellenálló aszfaltburkolattípusok sem alkalmasak. Az M0-s autópálynak az M1-es autópálya és az M5-ös autópálya közötti szakaszán kétévenként kellett a kopóréteget felújítani, mert azon ismételt balesetveszélyes mélységű keréknyomvályúk keletkeztek. (A nyári melegben nem volt képes deformáció nélkül levezetni a viszonylag lassan haladó, gyakori fékezésre kényszerített nehéz tehergépkocsik és kamionok forgalmát.) Mivel nemcsak a felújítás tetemes költsége, hanem az állapotjavító beavatkozással együtt járó kényszerű forgalomzavarás is komoly sajtóvisszhangot kapott, a szakminisztérium döntött abban a tekintetben, hogy a legnagyobb forgalmú újabb autópálya-szakaszokon (így az M0-s körgyűrű autópályaként történő továbbépítésekor is) betonburkolat mellett teszi le a voksát. Több kísérleti szakasz után (*Gáspár, 2005*) 2005-ben, az M0-s autópálya M5-ös

autópálya és 4-es út közötti szakasza már hézagolt betonburkolattal készült, sőt annak folytatását is merev pályaszerkezettel építik. Ebben a döntésben pedig a hazai klimatikus viszonyoknak egyértelmű szerepük van.

Az 1. táblázat mutatja be a hazai országos közúthálózat burkolattípusonkénti változását 1977 óta. Szembetűnő az aszfaltburkolatok növekvő részaránya és a betonburkolatok már majdnem elenyésző összes hossza.

ASZFALTBURKOLATOK TERVEZÉSE

Az utak burkolatát (illetve egész pályaszerkezetét) elsősorban arra méretezik, hogy a tervezett élettartam alatt várható forgalmi terhelésnek tönkremenetel nélkül ellen tudjon állni. Nyilvánvaló ugyanakkor, hogy a környezeti terhelésnek az útburkolatok teljesítményére (performance) gyakorolt befolyása sem elhanyagolható. Ezek mindegyike, közvetlen vagy közvetett módon, az időjárási hatásokkal függ össze. A szélsőségesen magas és alacsony hőmérséklet, a napsugárzás, a csapadék bármilyen formája, a fagyási-felengedési ciklusok, a szél, a kőd egyaránt hozzájárul(hat) az útburkolatok leromlásának felgyorsulásához. Drasztikus burkolat-tönkremenetelhez vezet, ha a földmű, sőt akár a pályaszerkezet tartósan víz alá kerül.

A környezeti viszonyoknak a burkolat állapotváltozására gyakorolt jelentős hatását jól érzékeltetik azok a példák, amikor a közúthálózat egyes, forgalomtól még új korukban felhagyott szakaszai (ívkorrekció elkészültével a járműveket attól nem messze húzódo szakaszra terelték át) 5–10 év után tönkrementek anélkül, hogy forgalmi terhelés ebben közreműködött volna. A leromlást a „természetes” éghajlati tényezők okozták.

Az aszfaltrétegek egyik jellegzetes leromlási lánc, amikor a burkolatfelületről a zúzalékszemek kezdenek kiperegni, majd nagyobb felületen hámlás tapasztalható,

eközben hajszállrepedések jelentkeznek az útpályán. A későbbiek során – mechanikai és időjárási hatásokra – a repedések egyre hosszabbak és szélesebbek lesznek, lokális kátyúk alakulnak ki. Ez a folyamat aztán oda vezet, hogy a sűrűn összeroppedezett, meg-süllyedt és/vagy erősen kátyús burkolatfelületen nemcsak kényelmetlen, hanem fokozatosan egyre inkább balesetveszélyessé válik a közlekedés. Ilyenkor feltétlenül szükség van valamilyen típusú beavatkozásra. Ez a romlási lánc jellegzetesen olyankor alakul ki, amikor az aszfaltrétegben a szükségesnél kevesebb a bitumen, így a kötőanyag nem tudja eléggé hatásosan és tartósan összeragasztani az ásványi anyag szemcséit, hogy azok folytonos aszfaltréteget alkossanak. Az aszfaltburkolatok másik jellegzetes tönkremeneteli lánc rendszerint azzal kezdődik, hogy a burkolat felületén egyre több helyen jelennek meg bitumenes habarcsfoltok. Ezt az „izzadás”-nak is nevezett jelenséget az okozza, hogy a keverékben levő többlet-bitument – a hozzájuk kötött finom szemcsékkel együtt – a forgalom szivattyúzó hatása a felszínre kinyomja. Már ezek a bitumenes foltok is balesetveszélyt okoznak, különösen nedves felületen. A burkolat romlásának következő szakasza, amikor az útpálya – nyári melegben – kezd deformálódni, részben hosszirányú hullámok jelentkeznek, részben pedig – és ez a gyakoribb a hazai utakon – keréknyomvályúk alakulnak ki. Ez utóbbiak mélysége aztán fokozatosan olyan méreteket ölt, amely – különösen nagyobb eső után – az úton való közlekedést balesetveszélyessé teszi; így a valamilyen technológiával történő felújítás elengedhetlenné válik.

Látható tehát, hogy az aszfaltburkolatok mindkét jellegzetes leromlás-fajtája az időjárási jelenségekkel közvetlenül kapcsolatban van. A repedés-kátyúsodás a téli-tavaszi időszakban kezdődik, illetve erősödik fel, a hó, a fagy és a jég hatására. A burkolat deformációjára pedig a nyári melegben, intenzív napsütés hatására kerül sor. Ilyenkor érvényesül a nagy tengelyterhelésű bur-

kolatok gyúró hatása. A kialakult nyomvályú pedig akkor válik igazán balesetveszélyessé, amikor az abban felgyűlt csapadékvízen a nagy sebességgel haladó gépjármű „felúszik”, és az aquaplaning (vízenúszás) jelensége alakul ki, a gépkocsi ilyenkor gyakorlatilag irányíthatatlanná válik.

Nyilvánvaló tehát, ha a klímaváltozás hatására az időjárási jelenségek bármelyik irányba tendenciózusan elmozdulnak, az a burkolatok leromlási folyamatára, élettartamára közvetlen hatással van.

A különböző útburkolat-típusok tényleges leromlásának ismerete elengedhetetlen a megalapozott útburkolat-gazdálkodás számára, amely számítógépes programokat hasznosító PMS (Pavement Management System) alkalmazásával működik (Gáspár, 2003; Bakó 1997). Ezért erre a célra, sok fejlett útiügyi kultúrájú országhoz hasonlóan, hazánkban is az ún. hálózatviselkedési modellek kifejlesztését választották (Gáspár, 2004).

A keményebb útépitési bitumentípusok viszonylag magas hőmérsékleten lágyulnak csupán fel, ezzel azonban együtt jár, hogy a léghőmérséklet süllyedésével az anyag hamar túl merevvé, törékennyé válik. Ennek pedig azon aszfaltrétegek téli repedezése a következménye, amelynek kötőanyaga ilyen jellemzőkkel rendelkezik. A másik véglet a nagyon lágy bitumentípus választása, amely – értelemszerűen – jól bírja az alacsony hőmérsékletet, míg a nyári melegben hamar lággyá válik. Adott esetben az aszfaltburkolatban felhasználandó bitumenfajtát annak alapján kell kiválasztani, hogy a burkolat élettartama alatt várhatólag mennyi ideig – és mekkora forgalmi igénybevétellel párosulva – milyen hőmérsékleti hatásoknak lesz kitéve. A globális felmelegedés az aszfaltburkolatok optimális összetételére gyakorolt egyik hatása – tendenciózusan – az lehet, hogy a tervezők inkább a keményebb bitumenfajták alkalmazása irányába mozdulnak el.

TÉLI ÚTÜZEMELTETÉS

Az útkezelő a téli havas-jeges időjárás időszakában is köteles arról gondoskodni, hogy az úthasználók ne találkozzanak balesetveszélyesen síkos útszakaszokkal, illetve azzal a fizikai akadállyal, amit a jármű vastag hórétegben történő haladása jelent.

Az útpálya síkosság-mentesítésének legelterjedtebb formái: olvasztósózás és szemcsés anyagok pályára történő kiszórása.

Ezek a síkosság-mentesítő eljárások 5–7 cm-esnél vastagabb hóréteg felolvasztására már nem bizonyulnak megfelelőnek, ilyenkor a hőtömeg hőkotró- vagy hómarógépekkel történő eltávolítása is elengedhetetlen. Mechanikai módszerekkel csak a hóesés után közvetlenül letapadt hóréteg vagy eljegesedett csapadék távolítható el, amikor még a jégréteg nem összefüggő, így a mechanikus jégfelszakítók vagy hókék hatásosan alkalmazhatók (Fodor, 1981). Az eljárás a síkosság ellen önmagában azonban nem nyújt védelmet.

Az utak sózásából a következő típusú környezetszennyeződés származhat (Dávid, 1981)

- az út menti növények károsodása (a sóoldat tekinthető veszélyforrásnak);
- a talaj károsodása (a pH-érték megváltoztatása révén megakadályozzák egyes növényfajták termesztését);
- a felszíni vizek károsodása (főleg ivóvízbázisok közelében);
- járművek alvázának károsodása (korróziója);
- a betonburkolat korróziója;
- vasbeton műtárgyak acélbetéteinek korróziója.

Az útkezelők számára az igazi problémát az jelenti, amikor az útra keresztirányban fújó, orkán erejű szélvihar, az út menti hőtömeg egy részét is magával ragadva, a beágásban levő útszakaszt akár több méteres hóréteggel is beteríti. Ezt a problémát eny-

hítik, ha a hófúvásra érzékeny útszakaszok mentén, azokkal párhuzamosan, az útkoronán kívül, az uralkodó széljárás figyelembevételével, 1,0–1,5 m magasságú hófogórácsokat helyeznek el már a tél beállta előtt. Végre megoldást jelent, ha az említett sávba sövényt telepítenek a hófúvások elleni védekezésékként.

Helyi jelenség a harmat, a dér és a zúzmara. Ezek megjelenése az útpálya csúszósságát lokálisan növeli. A zúzmaránál további balesetveszélyt okoz annak vakító hatása.

A ködöt, mint a közlekedést befolyásoló tényezőt azért célszerű megemlíteni, mert a köd télen a leggyakoribb, és a negatív hőmérsékleten kialakuló ködöket gyakran az útpálya síkossá válása kíséri.

Érdekesként megemlíthető, hogy egyes európai nagyvárosok különlegesen nehéz forgalmú felüljáróinak burkolatába olyan elektromos vezetőket vezetnek be, amelyek a pálya jegesedésének elkerülésére elektromos energiával végzik a burkolat felmelegítését.

Hazánkban a hosszabb távon tapasztalható globális felmelegedés egyik következménye lehet, hogy tendenciájában a téli útfenntartási igények csökkenésével lehet számolni. Bár a szélsőséges időjárás gyakoribbá válása esetenként ellenkező hatást is kiválthat.

FELÜLETI ÉRDESSÉG

A forgalombiztonságnak az útburkolat jellemzőivel összefüggő komponensei fontosak, bár a közúti balesetek kialakulásában az emberi és a járművekkel kapcsolatos tényezők a burkolatállapoténál jóval nagyobb szerepet játszanak (Gáspár, 2000).

Az útpálya következő hibái befolyásolhatják közúti balesetek bekövetkezését:

a) Az útpálya elégtelen csúszásellenállása.

b) A mély keréknyomvályú.

c) Erősen kátyús vagy lokális süllyedésekkel rendelkező pálya.

Ezek közül a c) esetben, gyakorlatilag az időjárástól függetlenül, mindig fennáll a balesetveszély, akár behajt a jármű vezetője a kátyúba, akár pedig későn véve azt (azokat) észre, hirtelen kormányforgatással igyekszik azokat kikerülni, és ennek során ütközhet másik járművel, vagy sodródhat le az útpályáról.

A b) esetről szólva, a mély keréknyomvályúk időjárástól függetlenül veszélyesek, mivel az azokon haladó jármű vezetője előzés alkalmával kénytelen „túlkormányozni”, hogy a vályúból kijusson, amelynek során a gyakorlatlan vezetők ún. pályaelhagyásos balesetet szenvedhetnek. A keréknyomvályús pálya igazi veszélye, ha jelentős esőben, vagy közvetlenül utána, a csapadékvíz a keréknyomvályúban – akár több cm-es mélységben – felgyülemlik. Ilyenkor a keréknyomvályúban nagy sebességgel haladó gépjármű kereke a vízréteg felületére „felúszik”, és ekkor – mivel a gumiabroncs és a víz közötti súrlódási tényező gyakorlatilag 0-nak tekinthető – a gépjármű fékezőskor vagy irányváltáskor teljes mértékig kormányzhatatlanná válik, megpördül, akár többször is a tengelye körül, komoly balesetveszélyt okozva.

A pálya csúszásellenállása azt a képességét jelenti, hogy a gépjármű adott mértékű fékező ereje mellett, a kopóréteg felülete milyen mértékben járul hozzá a balesetbiztonság szempontjából döntő jelentőségű rövid fékút kialakulásához. A réteg csúszásellenállását meghatározza

- a mikroérdesség, amely a réteg ásványi anyagát képező zúzottkő- és zúzalékszemcsék felületének szemmel nem látható, legfeljebb tapintással ellenőrizhető, „dörzspapír-szerű” érdességét vagy annak hiányát jellemzi;

- a makroérdesség pedig az útpályán megjelenő, különböző nagyságú ásványi anyagszemcsék nagyságát, hegyes vagy le-

gömbölyödött voltát jellemzi; értéke akkor kicsi, ha a burkolatfelület közeli ásványi anyagszemcsék aprók, legömbölyödöttek és/vagy bitumenes habarcsba süllyedtek, ez a minőségjellemző szemmel is megítélhető.

Az aszfaltkeverékben levő adalékanyagkeverékben megtalálható zúzottkő-frakciók szemnagyságától és a keverék szabadhézag-tartalmától függ az aszfaltréteg makroérdessége vagy durva érdessége.

Esős időben vagy közvetlenül eső után azonban a kis mikro- és makroérdességű burkolatfelületen veszélyessé válik a közlekedés. Különösen nagy a balesetveszély olyankor, ha az útpálya érdességi jellemzői foltonként változnak, mert ilyenkor a nedves időben történő vészfékezéskor a jármű egyik tengelyének kerekei különböző mértékben csúsznak meg, ami pedig a jármű oldalirányú sodródásához vagy akár elfordulásához vezet. Ezek pedig igen súlyos közúti balesetek okozói lehetnek.

FORRÁSMUNKÁK

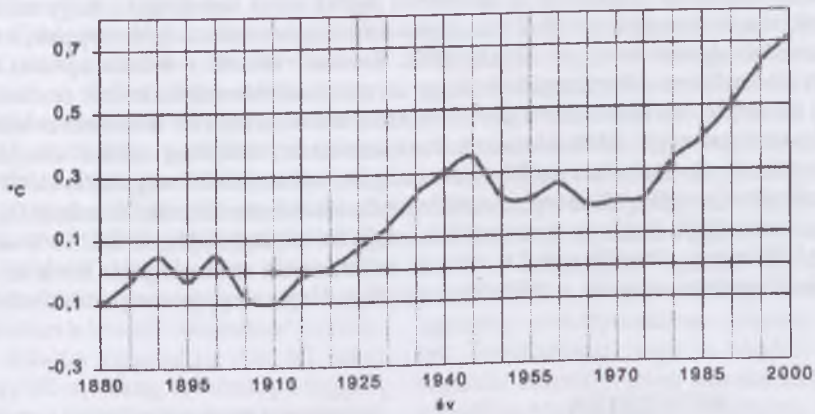
- (1) BAKÓ A. – SZÁNTAI T. (1997): A magyar PMS optimalizációs modelljének kialakítása, a HUPMS modell. Közlekedésepítés- és Mélyépítéstudományi Szemle 47(3) (2) DÁVID T. – TÓTH E. (1981): A téli útüzemeltetés néhány technológiai, szervezési kérdése. Téli útüzemeltetés. Útmutató és segédlet a téli útüzemeltetési és forgalombiztosítási feladatok előkészítéséhez és végrehajtásához. Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium Közúti Főosztály, 164–180. pp. (3) FODOR L.-NÉ (1981): Szórósó alkalmazása a téli útüzemeltetésben. Téli útüzemeltetés. Útmutató és segédlet a téli útüzemeltetési és forgalombiztosítási feladatok előkészítéséhez és végrehajtásához. KPM Közúti Főosztály, 86–129. pp. (4) GÁSPÁR L. ID. (1953 a): Az útügy meteorológiai vonatkozásairól. Mélyépítési Szemle 2 (10), 502–511. pp. (5) GÁSPÁR L. ID. (1953 b): Az útügy meteorológiai vonatkozásai. Mélyépítéstudományi Szemle 2 (11–12), 565–569. pp. (6) GÁSPÁR L. ID. (1955): A közúti munkák egyes meteorológiai vonatkozásai. Mérnöki Továbbképző Intézet 3276. számú előadássorozat, Budapest, 82 p. (7) GÁSPÁR L. (2000): Highway accident costs influenced by pavement condition. 1st European Pavement Management Systems Conference, Budapest, CD-ROM Proceedings (8) GÁSPÁR L. (2003): Útgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest, 361 p. (9) GÁSPÁR L. (2004): Pavement condition before and after rehabilitation. The International Journal of Pavement Engineering & Asphalt Technology, 5(1) 15–28. pp. (10) GÁSPÁR L. – KARSAI K. (2005): Cement concrete pavements in the Hungarian road policy. 8th International Conference of Cement Concrete Pavements. Colorado Springs, Col. (USA), Proceedings Vol. 1. 39–60. pp. (11) KELETI I. – LIPTAY A. (1992): Gondoljuk újra útpályaszerkezet-tervezési és –építési gyakorlatunkat. Közúti és Mélyépítési Szemle 42 (2) (12) KÉZDI Á. (1953): Talajmechanika I. Műszaki Könyvkiadó, 478 p. (13) LIPTAY A. – KARSAINÉ L. K. (2000): A betonburkolatú pályaszerkezetek alkalmazási lehetőségei Magyarországon. Közúti és Mélyépítési Szemle 50(9), 301–308. pp. (14) PAPP Z. (2005): A klímaváltozás mérnöki aspektusai (I). Mérnök Újság 10(10), 12–14. pp. (15) RÁBAI A (1981): Meteorológiai alapismeretek, előrejelzések felhasználása a téli útüzemeltetésben. Téli útüzemeltetés. Útmutató és segédlet a téli útüzemeltetési és forgalombiztosítási feladatok előkészítéséhez és végrehajtásához. KPM Közúti Főosztály, 13–35. pp.

1. táblázat

Az országos közutak burkolatfajtánkénti megoszlása

Év	Aszfaltburkolat	Betonburkolat	Egyéb burkolat
	összes hossza (km)		
1977	9 373	225	20 318
1981	11 604	255	17 951
1985	12 512	222	17 020
1993	14 015	107	15 638
1998	14 495	144	15 273
2003	15 543	68	14 636

1. ábra



A világszerte átlagos talaj menti hőmérséklet alakulása

A LÉGKÖRI AEROSZOLOK KÖZVETETT ÉGHAJLATI HATÁSAI

GERESDI ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A légkörben található aeroszolrészecskék jelentős mértékben befolyásolják a Föld-légkör rendszer sugárzásegyenlegét. Hatásuk lehet közvetlen az által, hogy kémiai összetételüktől és méretüktől függően, részben visszaverik vagy elnyelik a Nappól érkező elektromágneses sugárzást. A közvetett hatás alatt azt értjük, hogy az aeroszolrészecskék befolyásolják a felhőkben lejátszódó folyamatokat, a vízcseppek, valamint a jégrészecskék kialakulását és növekedését. Ezáltal változik a felhők optikai tulajdonsága és élettartama. Megvizsgáltuk, hogy az aeroszolrészecskék méret szerinti eloszlásában, az elmúlt harminc évben bekövetkezett változás milyen mértékben befolyásolja a közép-európai régió felett kialakult stratocumulus felhőréteg optikai tulajdonságait. A számítások elvégzéséhez a Magyarországon, szennyezett nagyvárosoktól és ipari régióktól távol megfigyelt méret szerinti eloszlásokat használtunk. A számítási eredmények azt mutatják, hogy az aeroszolrészecskék koncentrációjának kb. 10%-os csökkenése a felhőréteg albedójának kb. 1%-os csökkenését eredményezi. Ezek az eredmények összhangban vannak a műholdas megfigyelések alapján meghatározott értékekkel.

BEVEZETÉS

Az éghajlatváltozás okainak kutatása korunk egyik nagy tudományos kihívása. A Föld-légkör rendszerben napjainkban megfigyelhető változáshoz hasonló még nem fordult elő az emberiség történetében. Az üvegházgázok koncentrációja az elmúlt száz évben jelentősen nőtt, számos gáz esetében az antropogén eredetű kibocsátás meghaladja a természetes forrásból származó mennyiséget. De hozzájárulnak éghajlatunk módosulásához a föld- és vízfelszínen bekövetkező változások is. Mivel egy nagyon összetett és erősen csatolt rendszerről van szó, széles körű, szinte minden tudományterületet érintő vizsgálatokra van szükség annak megállapítására, hogy hogyan fog éghajlatunk változni az elkövetkező időben. A rendszer összetettségét jól tükrözi a *WMO (World Meteorological Organization)* definíciója is,

miszerint éghajlati rendszer alatt a légkör, a hidroszféra, a jégtakaró, a földfelszín és a bioszféra együttesét, valamint a köztük fellépő kölcsönhatásokat értjük. Bármilyen előrejelzést, az éghajlat alakulását illetően, a kölcsönhatások léte tesz igen nehézze.

A jövőt illetően ezért csak olyan számítógépes modellszámítások eredményeire támaszkodhatunk, amelyek a folyamatok figyelembevételén túl képesek a kölcsönhatások leírására is. A Föld éghajlatának számítógépes modellezése közel ötvenéves múltira tekint vissza (*McGuffie – Henderson-Sellers, 2001*). Noha ismereteink az elmúlt ötven évben jelentősen nőttek, még mindig nem tudunk megbízható előrejelzést adni az éghajlat változását illetően. Még az egyik legnagyobb biztonsággal megjósolható mennyiség, a globális átlaghőmérséklet várható változását is elég nagy eltéréssel jelzik előre a különböző modellek. A számítások

szerint, amennyiben a légkörben található CO₂ koncentrációja megduplázódik az 1700-as évekre jellemző értékhez képest (akkoriban 280 ppm¹ volt), a globális átlaghőmérséklet 1,5 és 4,5 °C között fog változni. Az eredmények közötti eltérésnek számos oka van. Az egyik legfontosabb ezek közül az, hogy igen hiányosak az ismereteink a felhők Föld–légkör rendszer sugárzásegyenlegének alakításában játszott szerepét illetően. A felhőzet egyrészt csökkenti a rendszer energiáját azáltal, hogy a Naptól érkező sugárzásnak ($\lambda \approx 0,2\text{--}4,0 \mu\text{m}$) közel egyötödét veri vissza, másrészt azáltal, hogy elnyeli a Föld és a légkör által kibocsátott sugárzást, és részben a felszín felé visszاسugározza a $\lambda \approx 4,0\text{--}40,0 \mu\text{m}$ hullámhossztartományban, növelve a rendszer hőmérsékletét (1. ábra). Míg a Naptól érkező sugárzás szórása döntően a felhőkben lévő vízcseppek és jégkristályok méret szerinti eloszlásától és a felhőréteg vastagságától függ, addig a Föld és a légkör által kibocsátott, hosszabb hullámhosszú sugárzásra gyakorolt hatást döntően a levegő víztartalma² határozza meg. Átlagos víztartalom (kb. 0,2 g/kg) esetén egy 50 m vastag felhőréteg elegendő ahhoz, hogy a földfelszín vagy a légkör által kibocsátott sugárzás 100%-ban elnyelődjön. Azokban a felhőtípusokban, ahol a víztartalom a fent említett értéknél kisebb, mint például a magas szintű felhőkben vagy a ködben, a hosszúhullámú sugárzás csak részben nyelődik el.

A felhőzet vastagságát és típusát döntően a nagy, kb. 1000 km-es nagyságrendű áramlások határozzák meg. A felhőkben található vízcseppek és jégreszecskek kialakulását, továbbá méret szerinti eloszlását azonban jelentős mértékben befolyásolják a légkörben található, szilárd halmazállapotú aeroszolreszecskek jellemzői, mint például a méret szerinti eloszlás vagy a kémiai összetétel. Tehát az aeroszolreszecskek nem csak

közvetlenül befolyásolhatják a Föld–légkör rendszer sugárzásegyenlegét (azáltal, hogy részben visszaverik a Naptól érkező rövidhullámú sugárzást), hanem közvetve is, a felhők optikai tulajdonságaira és élettartamára gyakorolt hatásán keresztül. Az aeroszolreszecskek közvetett hatását illetően igen nagy a bizonytalanság (IPCC 2001. jelentés). A 2. ábrán bemutatjuk, hogy a légkör különböző alkotóelemei, valamint a felszínváltozás és a Nap sugárzásának változása milyen mértékben módosítják a sugárzásegyenlegét. A viszonyítási alap az 1700-as évek, amikor az antropogén eredetű hatások még elhanyagolhatóak voltak. A függőleges tengelyen az úgynevezett sugárzási kényszert adjuk meg, W/m²-ben kifejezve. A sugárzási kényszer azt jelenti, hogy az adott összetevő milyen mértékben módosítja a Föld–légkör rendszer sugárzásegyenlegét azáltal, hogy befolyásolja a Naptól érkező rövidhullámú sugárzást, vagy a Föld és a légkör által kibocsátott sugárzás terjedését. A pozitív értékek azt jelentik, hogy a sugárzásegyenleg szabályozásában játszott szerep (pl. üvegházhatás vagy a Naptól érkező sugárzás elnyelődésének növekedése) a hőmérséklet emelkedését eredményezi, a negatív értékek pedig hőmérséklet-csökkenést jelentenek (ilyen folyamat például a felszíni vagy a légköri albedó növekedése). A hibajelek arra utalnak, hogy mekkora a bizonytalanság az egyes komponensek hatását illetően. Látható, hogy míg az üvegházgázok hatását elég nagy biztonsággal tudjuk megjósolni, addig az aeroszolreszecskek közvetlen hatását illetően már nagyobb a bizonytalanság, és szinte semmit nem tudunk az aeroszolreszecskek közvetett hatásának mértékéről. Az valószínű, hogy az aeroszolreszecskek koncentrációjának növekedése közvetve mérsékli a felmelegedés ütemét. Ennek mértéke azonban teljesen bizonytalan. Az aeroszolreszecskek szerepének tisztázását nehezíti, hogy – szemben az üvegházgázokkal – csak rövid ideig tartózkodnak a légkörben. Így a kibocsátásban bekövetkező változás rövid idő alatt érezteti hatását.

¹ Milliomod térfogatszázalék.

² Egységnyi tömegű levegőben lévő víz tömege (keverési arány).

Elvileg az is elképzelhető, hogy az aeroszol-részecskék közvetett hatása elhanyagolható az egyéb hatásokhoz képest, de az is lehetséges, hogy ha csak időlegesen is, de jelentősen mérséklék az üvegházgázok melegítő hatását. Az alábbiakban ismertetjük azoknak a számításoknak az eredményeit, amelyeket az aeroszol-részecskék közvetett hatására vonatkozóan kaptunk.

AZ AEROSZOLRÉSZECSKÉK HATÁSA A STRATOCUMULUS-FELHŐK ALBEDÓJÁRA

A modell ismertetése

A stratocumulus-felhők néhány száz méter vastag, alacsonyszintű felhők. Optikai tulajdonságaik jelentős mértékben befolyásolják a Föld–légtér rendszer sugárzás-egyenlegét, ugyanis nagy kiterjedésű felhőréteget alkotnak mind a kontinensek (3. ábra), mind az óceánok fölött. Csekély vastagságuk (300–500 m) miatt albedójuk általában jóval kisebb, mint egy. Így a felhőben található vízcseppecskék méret szerinti eloszlásának változása várhatóan jóval jelentősebb mértékben befolyásolhatja ennek a felhőtípusnak az optikai tulajdonságait, mint egy vastagabb felhőrétegét (pl. zivatarfelhők vagy esőrétegfelhők). Egy H vastagságú felhőréteg albedóját a következő összefüggéssel fejezhetjük ki (Bohren, 1980):

$$A = \frac{(1-g)\tau}{2+(1-g)\tau} \quad (1)$$

ahol g az ún. aszimmetrikus tényező ($\approx 0,84$), az egyenletben szereplő optikai vastagságot (τ) pedig a következő kettős integrál határozza meg:

$$\tau = \pi \int_0^H \int_0^{r_{\max}} Q(\lambda)n(r)r^2 dr dh \quad (2)$$

ahol $n(r)$ a vízcseppek méret szerinti eloszlását leíró függvény. Rövidhullámú sugárzás és tipikus vízcseppméret szerinti eloszlás esetén a Q extinkciós együttható független a hullámhossztól, értéke pedig kb. 2.

A számítások elvégzéséhez az 1970-es évek végén (Mészáros, 1978) és az 1990-es évek végén (Temesi et al., 2001) végzett mérések adatait használtuk fel. Az aeroszol-részecskék méret szerinti eloszlása a 4. ábrán látható. A 70-es évekből csak az ammóniumsulfát-tartalmú részecskékre vonatkozó adatok állnak rendelkezésre. A 90-es évek megfigyelési eredményei már tartalmazzák a vízben oldódó, szervesanyag-tartalmú részecskékre vonatkozó adatokat is. Az 1978 óta eltelt, közel húszéves időszakban a szulfáttartalmú aeroszol-részecskék koncentrációja kb. 1100 cm^{-3} -ről kb. 600 cm^{-3} -re csökkent. A szervesanyag-tartalmú aeroszol-részecskék koncentrációja ennél jóval nagyobb volt, közel 3000 cm^{-3} . Sajnos arra vonatkozóan nincsenek adataink, hogy milyen koncentrációban voltak jelen szerves anyag tartalmú aeroszol-részecskék a 70-es évek végén. Ezt az adathiányt úgy próbáltuk meg pótolni, hogy feltételeztük, a szervesanyag-tartalmú aeroszol-részecskék méret szerinti eloszlása a 70-es évek végén megegyezett a 90-es évek végén megfigyelt méret szerinti eloszlással (4. ábra a) része). A vízcseppek kialakulását és növekedését leíró numerikus modell részletes ismertetése Geresdi és Rasmussen (2005) munkájában olvasható.

Az eredmények

A számítási eredmények összefoglalása az 1. táblázatban található. Az adatok egy 300 m vastag stratocumulus felhőrétegre vonatkoznak. A nagyobb albedó értéket abban az esetben kaptuk, amikor feltételeztük, hogy az aeroszol-részecskék méret szerinti eloszlása a 70-es években mért szulfáttartalmú részecskék és a 90-es években mért szervesanyag-tartalmú részecskék együttes el-

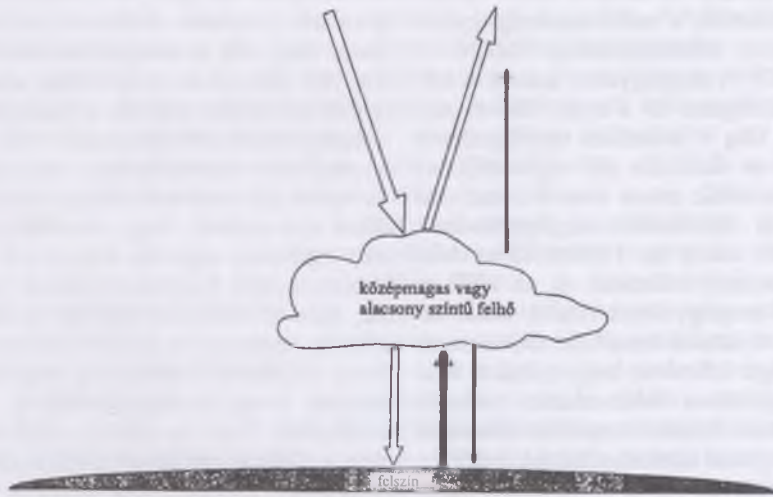
oszlásából adódik. A táblázat utolsó oszlopában feltüntettük a műholdas megfigyeléseken alapuló albedóértékeket (Krüger – Grasl, 2002). A megfigyelési adatok a közép-európai régióra és a nyári félévre vonatkoznak. Míg a műholdas megfigyelések 1996–1999-es időszaka jól egybeesik az aeroszolrészecskék méret szerinti eloszlásának 1999-es földfelszíni megfigyelésének időpontjával, addig az 1986–1989-es időszakra vonatkozó műholdas és az 1972-es földfelszíni megfigyelések között közel 15 év telt el. Az adatok összehasonlíthatóságát az teszi mégis lehetővé, hogy mindkét időpont a régióinkban bekövetkezett jelentős ipari szerkezetváltozást megelőző időszakra esik. Így jogosan tételezhetjük fel, hogy az aeroszolrészecskék méret szerinti eloszlására és kémiai összetételére vonatkozó adatok nem térnek el lényegesen a két időpontban. A megfigyelések azt mutatják, hogy a felhőzet albedója 2,1%-kal csökkent az ezredfordulóra. A mi számítási eredményeink

ennél kisebb mértékű, kb. 1%-os csökkenést jósolnak. Az eltérés részben azzal magyarázható, hogy míg az aeroszolrészecskék méret szerinti eloszlását a kevésbé szennyezett vidéki levegőben mérték, addig a műholdas megfigyelések tartalmazzák az erősen szennyezett iparvidékekre és nagyvárosi levegőre jellemző adatokat is. A megfigyelések arra utalnak, hogy az erősen szennyezett légkörben nagyobb arányú volt az aeroszolrészecskék koncentrációjának csökkenése, mint a vidéki levegőben. A műholdas adatok részletesebb, kisebb régiókra vonatkozó kiértékelése kimutatta, hogy a szennyezett levegőjű nagyvárosoktól és iparvidékektől távol az albedó csökkenése kb. fele a táblázatban közölt adatok alapján kiszámítható csökkenésnek (Krüger – Grasl, 2002). Figyelembe véve, hogy az aeroszolrészecskékre vonatkozó adataink a kevésbé szennyezett vidéki levegőre jellemzőek, számítási eredményeink összhangban vannak a műholdas megfigyelésekkel.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

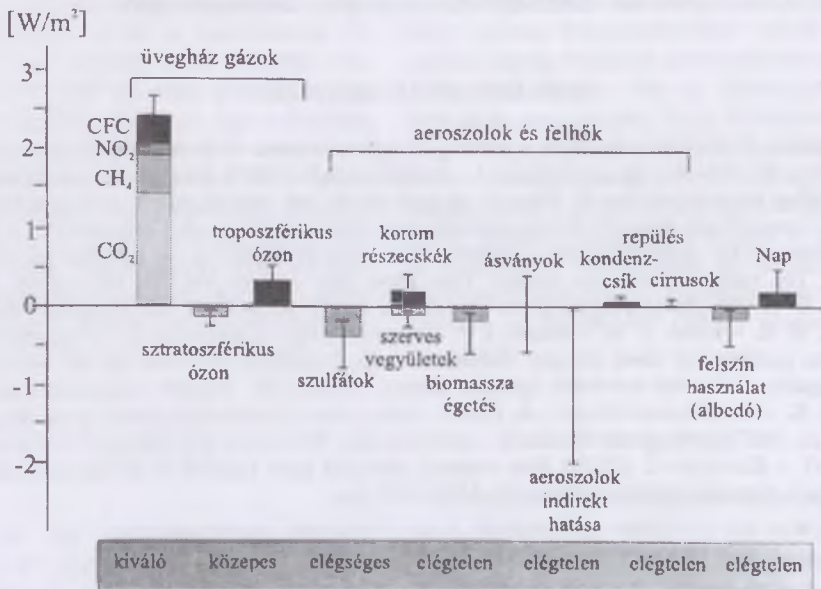
- (1) BOHREN, C. F. (1980): Multiple scattering of light and some of its observable consequences. *Amer. J. Phys.* 55, 524–533. pp. (2) GERESDI I. – RASMUSSEN, R. (2005): Freezing drizzle formation in stably stratified layer clouds Part II. The role of giant nuclei and aerosol particle size distribution. *J. Atmos. Sci.* (megjelenés alatt) (3) INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2002): *Climate Change 2001: Scientific basis*. Cambridge University Press, 881 p. (4) KRÜGER, O. – GRASL, H. (2002): The indirect effect over Europe. *Geo. Phys. Res. Letters*. Vol. 29, 1925–1928. pp. (5) MÉSZÁROS E. (1978): Present status of our knowledge on the atmospheric condensation nuclei. In: Wickmann, H. K. – Levin, L. M. – Mazin, I. P. – Plaude, N. O. – Khrgian, A. Lh. – Shmeter, S. M. (eds.): *Some problems of cloud physics*. Gidrometeoizdat, Leningrad, 157–169. pp. (6) MOLNÁR Á. (2005): Légköri aeroszolok közvetlen éghajlati hatásai. „AGRO-21” Füzetek (megjelenés alatt) (7) MCGUFFIE, K. – HENDERSON-SELLERS, A. (2001): Forty years of numerical climate modelling. *J. of Climatol.*, 21, 1067–1109. pp. (8) TEMESI D. – MOLNÁR A. – MÉSZÁROS E. – FECZKÓ T. – GELENCSEI A. – KISS G. – KRIVÁCSY Z. (2001): Size resolved chemical mass balance of aerosol particles over rural Hungary. *Atmospheric Environment* 35, 4347–4355. pp.

1. ábra



A felhők hatása a Föld–légtér rendszer sugárzásegyenlegére. A fehér nyílak a Naptól érkező sugárzás útját jelölik, a fekete nyílak a Föld–légtér rendszer által kibocsátott sugárzásra utalnak

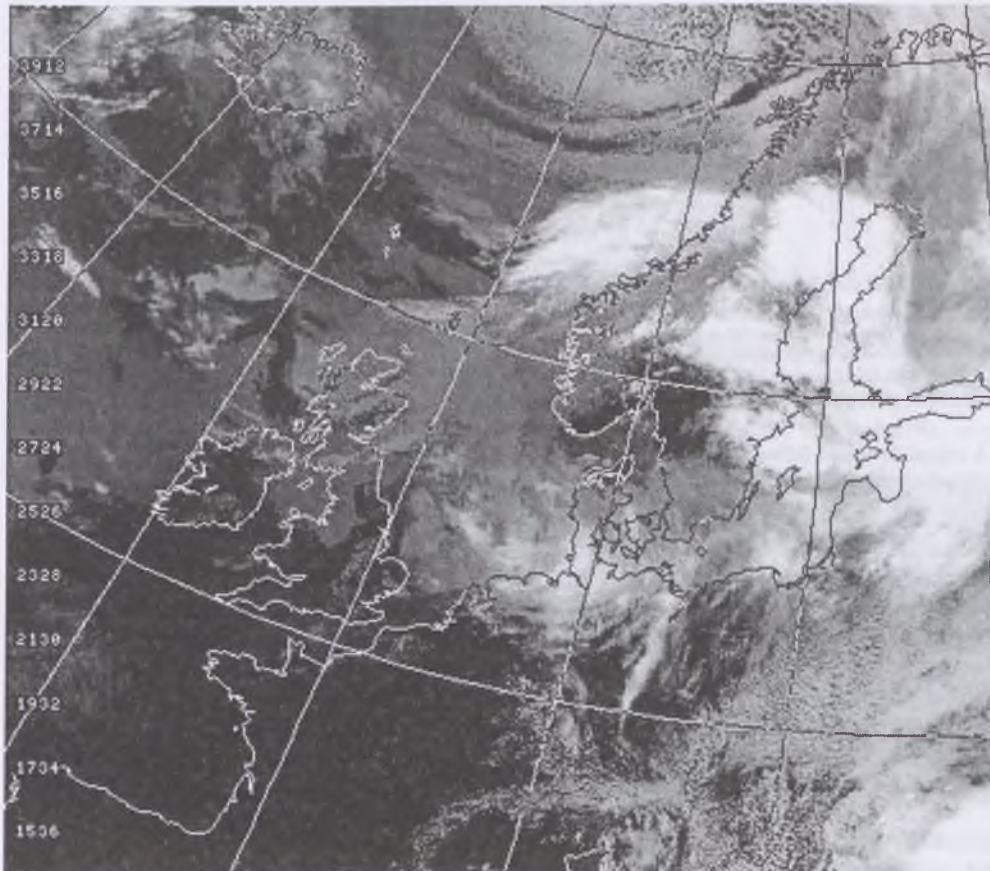
2. ábra



Sugárzási kényszerek napjainkban. A függőleges tengelyen az 1700-as évekhez képest bekövetkezett változásnak köszönhető sugárzási kényszer értékeket tüntettük fel. A függőleges hibajelek az egyes hatásokkal kapcsolatos bizonytalanság nagyságát mutatják. A legelső skála azt fejezi ki, hogy az egyes folyamatokat mennyire pontosan ismerjük

Forrás: IPCC 2001. jelentés

3. ábra



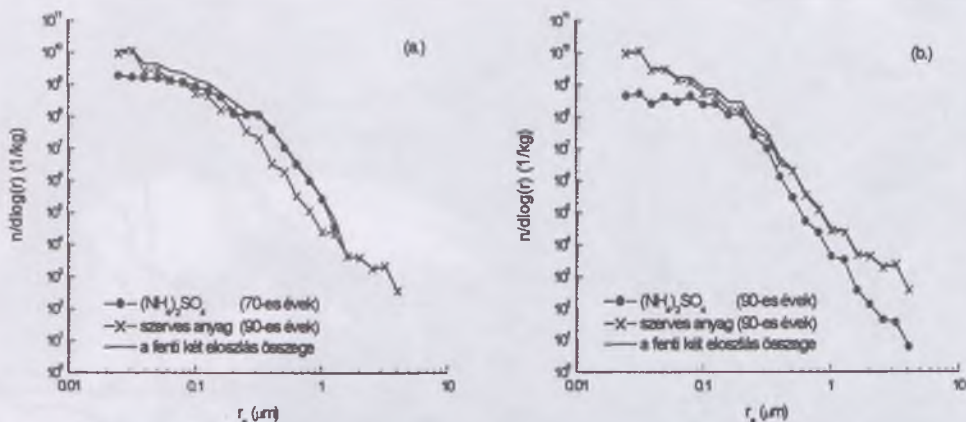
Stratocumulus felhőréteg Közép-Európa felett

1. táblázat

Számított és megfigyelt albedóértékek. A számított értékek a $\Delta H = 300$ m-es felhőréteg vastagságra vonatkoznak. A τ az optikai vastagságot, az A az albedót jelöli. A műholdas megfigyelések esetén zárójelben feltüntettük a mérések időpontját is

Aeroszolrészecskék méret szerinti eloszlása	$\Delta H = 300$ m		Műholdas megfigyelések alapján meghatározott albedó
	τ	A	
70-es évek végére jellemző eloszlás	21,6	0,63	0,65 (1985–1989)
90-es évek végére jellemző eloszlás	20,1	0,62	0,63 (1996–1999)

4. ábra



A számításokhoz felhasznált aeroszol méret szerinti eloszlások. A fekete ponttal jelölt görbék az ammóniumszulfát-tartalmú aeroszolrészecskék, az x-szel jelölt görbék a szervesanyag-tartalmú részecskék méret szerinti eloszlását jelölik. A folytonos görbék a két eloszlás összegzésével kapott eloszlásokat jelölik. Az ábrán feltüntettük a megfigyelésre utaló évszámokat is

FAGYVÉDELEM A ZÖLDSÉGTERMELÉSBEN

SLEZÁK KATALIN

ÖSSZEFOGLALÁS

A szabadföldi zöldségtermelőknek folyamatosan erősödő kihívásokkal kell szembenézniük, melyek kapcsán a késő tavaszi és kora őszi erős lehülések, fagyok növelik a termelés kockázatát. A korai (idény eleji), friss piaci értékesítés nagyobb jövedelmet jelenthet, mint a tömegtermelés, ezért egyre több termelő választja a kockázatos korai ültetést. A nagy termést adó, intenzív technológiákban egyes elemek növelik a lehülés okozta károk kialakulásának valószínűségét. Ilyen például a fóliás talajtakarás, mely dinnyetermelésben, paprikatermelésben stb. terjed.

A szabadföldi termelésben, az utóbbi évtizedben a fajtahasználat jelentős változáson ment keresztül. A hazai viszonyok között nemesített, konstans (vagy szintetikus) fajtákat, esetleg tájfajtákat a legtöbb faj esetében felváltották új, gyakran nem a hazai környezeti viszonyokhoz nemesített hibridek.

A fagykárok csökkentésére különböző módszerek állnak a termelők rendelkezésére, melyek megvalósíthatósági realitása – kidolgozottsága, illetve alkalmazásának költségei – az egyes zöldségfajok esetében nagyon eltérő lehet.

A tavaszi fagykárok elleni védekezés lehetőségei: átmeneti takarás; füstölés; fagyvédelmi öntözés; későbbi időpontban történő magvetés vagy kiültetés; edzett palánták ültetése; fajtatípusok és fajták körültekintő megválasztása; termelési körzetek délebbre helyeződése; termőhelyek áthelyeződése a termelési körzeteken belül; tavaszi hajtásban energiatakarékos megoldások alkalmazása.

Az őszi fagykárok elleni védekezés lehetőségei: fajtatípusok és fajták megválasztása; rövidebb tenyészidejű fajták alkalmazásával korábbi betakarítás; érésgyorsítás; trágyázási módok és időpontok helyes megválasztása; stressztűrés fokozása, a növényeket gyengítő egyéb stresszek kivédése; betakarítás (gépek) teljesítményének növelése; őszi hajtásban energiatakarékos megoldások alkalmazása.

BEVEZETÉS

A növényfajok eredeti élőhelye általában meghatározza azon környezeti feltételeket, melyek mellett optimálisan fejlődnek, és azokat is, amelyeket károsodás nélkül már nem képesek elviselni. *Vavilov (1951)* géncentrum-beosztása szerint a termelt zöldségnövények őshazája nyolc övezetbe helyezhető el. Az ő rendszerét ugyan későbbi kutatások is kiegészítették, ezt is figyelembe véve, a mai nézetek szerint a hazánk-

ban termelt zöldségfajok, származásuk alapján az alábbi géncentrumokba sorolhatók

I. Kína: tojásgyümölcs, uborka, retek, kínai kel, téli sarjadékhagyma;

II. India: tojásgyümölcs, uborka, sütőtök;

III. Közép-ázsiai övezet: lóbab, sárgarépa, spenót, vöröshagyma, fokhagyma;

IV. Nyugat-ázsiai övezet: lóbab, sütőtök, sárgarépa, saláta, petrezselyem;

V. Földközi-tengeri övezet („mediterrán központ”): cékla, káposztafélék, petrezselyem, sárgarépa, pasztinák, zeller, saláta, cikória, spárga, feketegyökér, sóska, fokhagyma, póréhagyma, vöröshagyma, borsó, rebarbara;

VI. Abesszíniai övezet: borsó, görög-dinnye, kerti zsáza;

VII. Dél-mexikói és közép-amerikai övezet: bokor- és karósbab, paradicsom, paprika, uborka, pézsmatök, kukorica;

VIII. Dél-amerikai övezet: paradicsom, burgonya, kukorica, bab, földimogyoró.

Eszerint

- trópusi övezetből származnak: paradicsom, paprika, burgonya, tojásgyümölcs, görög-dinnye, uborka, tök;

- szubtrópusi övezetből származnak: káposztafélék, borsó, gyökérzöldségek, hagymafélék, levélzöldségfélék egy része (Somos, 1983).

A ZÖLDSÉGNÖVÉNYEK HIDEG-ÉS FAGYTŰRÉSE

A Markov-Haev törvény szerint a növények hőmérsékleti optimumukhoz képest ± 7 °C-os eltérést viselnek el károsodás (nagyobb termés kiesés) nélkül, s az optimumtól való ± 14 °C-os eltérés az életfolyamatok minimálisra csökkenését idézi elő (Markov – Haev, 1953).

A mérsékelt égövi növények általában a fagyponthoz képest fagynak meg, s a fajok közt különböznek a tekintetben, hogy a károsodás gyenge vagy erős fagy hatására következik be (Szalai, 1994). A hidegtűrő zöldségnövények (pl. spenót, kelkáposzta) átteleltetésre alkalmas fajtái a -10 – -15 °C-os hideget is elviselik károsodás nélkül (Terbe, 2004b; Zatykó, 2004).

A melegebb éghajlatú tájakról származó, ún. hidegérzékeny növényeket (pl. a termelt kabakosok: uborka, sárga- és görög-dinnye, tökfélék) azonban már a fagyponthoz felelő

hőmérsékleti értékek is jelentősen károsíthatják. A károsító hőmérséklet a növény hőoptimuma alatt 15 – 20 °C-kal (a fentebb említett Markov-Haev-törvény szerint 14 °C-kal) van, azaz a hidegre érzékeny növények már 10 – 12 °C esetén a termésmennyiségre és minőségre is kiható károsodást szenvedhetnek (Filius, 1994; Szalai, 1994). A tojásgyümölcs például 22 – 30 °C között érzi jól magát, 17 °C alatt növekedése leáll, 15 – 16 °C-on a virágok termékenyülése nehézkes, s az 5 – 8 °C a fejlődés kritikus alsó hőmérsékleti határa, míg a felső 38 – 40 °C (Kocsis – Gyúros – Tompos, 2003).

A különböző növényi részek fagyérzékenysége eltérő, ami elsősorban sejtjeik felépítésével, a sejtösszetevők arányával magyarázható. A legtöbb növénynek a gyökere a leginkább fagyérzékeny, s nyugalmi állapotban lévő szerveinek (magvak, áttelelő szervek) fagyűrő-képessége a legmagasabb.

Az időszakos fagyok elleni rezisztencia számos növénytaxonban jelen van, de alkalmazkodásuk módszere eddig még nem pontosan tisztázott. Ismert azonban több olyan módszer (pl. edzés, trágyázás), mellyel az egyes növények érzékenysége egy bizonyos határig csökkenthető (Szalai, 1994).

A FAGY KÁRTÉTELE

A fagy okozta károsodásokat, a sérülés mértéke és helye alapján a következőképpen lehet elkülöníteni, a zöldségtermelési gyakorlatban is ismert módon (Filius, 1994):

- **Kifagyás:** a talaj megfagyása miatt a növények nem tudnak vizet felvenni, s elpusztulnak. Ritkán fordul elő, ha pl. a palántákat fagyott talajba ültetik.

- **Felfagyás:** a talaj megfagy, majd fölmelegszik, s a térfogatváltozásból eredő talajmozgás (akár 10 – 15 mm – Szász, 1988) hatására a növények gyökere elszakad.

- **Elfagyás:** az alacsony léghőmérséklet hatására az egész növény elpusztul.

– *Lefagyás*: a növénynek csak egyes szervei (pl. virágok, levelek) hálnak el a károsan alacsony hőmérséklet miatt.

A fagykárokat jellemző, lágyszárúaknál szabad szemmel is látható tünet, hogy a megfagyott részek üvegszerűen áttetszővé válnak, majd megbarnulnak, megfeketednek, s lankadnak, kókadnak.

Enyhébb fagyok esetén gyakran előfordul, hogy állományban egyes növényeknek csak a levelei fagnak le, míg más növények elpusztulnak. Ekkor az állomány megritkul, s részint a csökkent tőszám, részint pedig a sérült növények regenerálódási ideje miatt a termésmennyiség jelentősen csökken, és a tenyészidő is megnő.

A fagyok a zöldségnövények közül elsősorban a hidegre és fagyra érzékeny, melegigényes növényekre veszélyesek. Emellett a kevésbé fagyérzékeny zöldségfajok esetében is megfigyelhető károsodás, ha a lehülés a növényeket hirtelen éri, érzékenyebb növekedési állapotban. Az alacsony hőmérséklet következtében antociánosodás, csokros termésképződés, levél- és termésdeformáció is felléphet (*Terbe, 2004a*). Egyes salátafajták esetében például a tartósan alacsony, fagy körüli hőmérséklet hatására a levelek lilára színeződnek (*Terbe, 2004b*).

KIHÍVÁSOK A TERMELÉSBEN

A kedvezőtlenül alacsony késő tavaszi és kora őszi hőmérsékleti értékek alakulása mellett, a szabadföldi zöldségtermelőknek folyamatosan erősödő kihívásokkal kell szembenéznük:

- A korai (idény eleji) friss piaci értékesítés nagyobb jövedelmet jelenthet, mint a tömegtermelés, ezért egyre több termelő választja a kockázatos korai ültetést.

- A nagy termést adó, intenzív technológiákban egyes elemek növelik a lehülés okozta károk kialakulásának valószínűségét. Ilyen például a fóliás talajtakarás, mely

dinnyetermelésben, paprikatermelésben stb. egyre jobban terjed.

- A szabadföldi termelésben, az utóbbi évtizedben a fajtahasználat jelentős változáson ment keresztül. A hazai viszonyok között nemesített, konstans (vagy szintetikus) fajtákat, esetleg tájfajtákat a legtöbb faj esetében felváltották új, gyakran nem a mi környezeti viszonyainkhoz nemesített hibridek. Ezek termőképessége vagy más érték-mérő tulajdonsága (koraiság, beltartalmi értékek) jobb, mint a régi fajtáké, de ökológiai viszonyainkhoz és a fellépő klimatikus stresszfaktorokhoz való alkalmazkodásuk sokszor kisebb mértékű. A hibrid fajták vetőmagja a legtöbb faj esetében drágább, mint a hagyományos konstans fajtáké, így a fagyok által okozott termés kiesés a jövedelmességét jobban csökkentheti.

- A fűtőanyagok árának megnövekedése miatt nő az igény a szabadföldi és őszi fűtetlen fóliás körülmények között tartott növények idényének kihúzására. A szabadföldön termelt, nagyobb hozamú fajták tenyészideje is általában hosszabb, így a nagyobb termés-átlagok eléréséhez szükséges a tenyészidőszak meghosszabbítása.

A FAGYKÁROK KIKÜSZÖBÖLÉSE, CSÖKKENTÉSE

A fagykárok csökkentésére különböző módszerek állnak a termelők rendelkezésére, melyek megvalósíthatósági realitása (technológiai kidolgozása, illetve alkalmazásának költségei) az egyes zöldségfajok esetében nagyon eltérő lehet.

A *tavaszi fagykárok* elleni védekezés lehetőségei

- átmeneti takarás;
- füstölés;
- fagyvédelmi öntözés;
- magvetés későbbi időpontban;
- fejlett palánták későbbi kiültetése;
- edzett palánták kiültetése;
- gyors kezdeti fejlődés elősegítése;

- későbbi kultúrakezelés, intenzív technológiával;
- fajtatípusok és fajták körültekintő megválasztása;
- termelési körzetek délebbre helyeződése;
- termelőhelyek áthelyeződése;
- tavaszi hajtásban energiatakarékos megoldások alkalmazása.

Az őszi fagykárak elleni védekezés lehetőségei

- körültekintő területválasztás;
- fajtatípusok és fajták megválasztása;
- rövidebb tenyészidejű fajták alkalmazásával korábbi betakarítás;
- érésgyorsítás, trágyázási módok és időpontok helyes megválasztása;
- stressztűrés fokozása, egyéb stresszek kivédése;
- betakarítás (gépek) teljesítményének növelése;
- őszi hajtásban energiatakarékos megoldások alkalmazása.

A fóliával történő időszakos növénytakarás átmenetet képez a hideghajtás és a szabadföldi termelés között (Kovács, 2000). Helyrevetést vagy palántakiültetést követően 2–6 hétig fedik a növényállományt különböző, jó fényáteresztő képességű műanyag takaróanyaggal, ezzel a növényeket védik a hidegtől, valamint más kedvezőtlen időjárási tényezőktől (szél, heves esőzés). A kedvezőtlen körülmények megszűnésével a fóliatakarást eltávolítják. Körülbelül 2 héttel korábbi kiültetési lehetőséggel akár 10–14 napos koraiság és jelentősen nagyobb termésbiztonság érhető el a fedetlen kiültetésű állományhoz képest.

A váz nélküli fóliatakarás esetében a takaróanyagot két, egymástól 100–160 cm-re párhuzamosan futó, 15–20 cm magas föld bakhátra fektetik, s a fóliát a bakháton kívül földdel rögzítik. A bakhátak között, a 30–40 mikron vastagságú fólia alá 2–5 sorban (növényfajtól függően), négyes vagy hármas

kötésbe ültetik a palántákat vagy vetik a magokat. A fólia addig maradhat az állományon, míg a növények felső része nem ér hozzá tartósan a takaróhoz. A kis légtér miatt abban az esetben, ha polietilén vagy PVC fóliát alkalmaznak takaróanyagként, gondoskodni kell a folyamatos szellőztetésről és az öntözhetőségről. Ezért a fóliákat perforálják úgy, hogy megközelítőleg 4–5%-os szellőző felület jöjjön létre (réses szellőzősű „xiro” fólia, négyzetméterenként 100–1200 hasítékkal vagy lyuggatott, négyzetméterenként 3–600 db, 1 cm átmérőjű lyukkal). A váz nélküli fóliás takarás kb. –3, –5 °C hideg esetén még kellő védelmet nyújt a zöldségnövények számára.

Síkfóliás termelésnél a takaróanyagot közvetlenül a növényekre terítik. Ennél a technológiánál általában polipropilénből készült, ún. agrofátyol fóliát (flíz) alkalmaznak, amely szálás szerkezetű, folyadék-, lég-, hő- és fényáteresztő tulajdonságokkal rendelkezik. Ez a fólia nagyon könnyű (kb. 20 g/m²), így az alatta levő növények elbírnák a súlyát. A növényállományra ráfektetett fóliát a szélein és a két végén földdel rögzítik.

Egy másik változatban 50–150 cm széles, 40–60 cm magas alagutat készítenek úgy, hogy egyszerű vesszőből, drótból, ritkábban műanyagból bordákat alakítanak ki, s arra húznak fóliapalástot. Gyakran polietilén fóliát alkalmaznak palástként, így a szellőztetésről gondoskodni kell. Ezt legtöbbször a fóliapalást időleges, különböző mértékű felnyitásával oldják meg. A kisalagutas takarás első sorban a dinnyetermelők körében terjedt el.

2002. évre végzett számítások szerint a dinnyetermelésben a takarófólia költsége 112–135 ezer Ft volt hektáronként, míg a vázszerkezet anyagköltsége (drótváz esetén) 26 ezer Ft, a fólia felszedése és leszedése együttesen 16–18 ezer Ft-ba került. A költségek a magasabb hozamban, valamint a korai termés magasabb árában térülnek meg (Magda – Miller, 2003).

Mindhárom takarásos megoldásnál a technológia fontos mozzanata a takaróanyag

eltávolítása, melynek idejét a külső hőmérséklet, valamint a növények fejlődése (a hajtások és a lombzat mérete, vagy pl. a méhbeporzás igény) határozza meg. Dinnye esetében például a fóliaalagutat akkor távolítják el a növények fölül, amikor a fagyveszély elmúlt, s körülbelül ekkor indul meg az intenzív, gyors hajtásnövekedés is. A kitarakást lehetőség szerint úgy kell elvégezni, hogy a növényt minél kisebb stressz érje. A legmegfelelőbb ezért a késő délutáni, esetleg esti órákban, lehetőleg borult, szárszentes időben levenni a fóliát. A külső körülményekhez érdemes előzetesen edzeni a növényeket a fólia helyenkénti felhasításával, vagy az egyre hosszabb idejű kitarakással. Fényre bomló fóliák alkalmazása esetén ez a művelet elmaradhat, mert a fólia 4–6 hét után szakadozni kezd, és kb. 7–10 nap alatt teljesen szétesik (Kovács, 2000).

A takaróanyag eltávolítása után, a tenyészidőszak hátralevő részében szabadföldi körülmények között fejlődnek tovább.

A növénytakarás speciális, hagyományos módja volt a korai paradicsom termelésében (a merevebb szárú fajtáknál), a májusi fagyok előtt a kiültetett *palánták töltögetése*, azaz földdel való takarása. Az eljárás azt használta ki, hogy a paradicsompalánták több napig képesek átvészelni a földtakarást (azt, hogy zöld részeik is talajjal takartak). A földtakarásos védekezést napjainkban a magas kézimunkaerő költségek miatt már nem alkalmazzák (Somos, 1971).

Ehhez hasonló, bár elsődlegesen nem fagyvédelmet szolgáló megoldás a fagyok *bakhat* alatti átvészélése. Ezzel például a halványított spárga esetében találkozunk. A spárga súpja fagyérzékeny, kevéssel 0 °C alatt elfagy (Fehérné, 1994). Így a takaratlan zöldspárga súpokat a talaj menti fagyok károsítják. Halványított spárga esetében a bakhat nem fagy át a talaj menti fagyok hatására, így megvédi a súpokat a fagytól.

A növénytakarás másik lehetséges módja a *szalmával való takarás*, melyet szintén a korai paradicsom-termelésben alkalmaztak. A palántákat a fagyveszély idején úgy takar-

ták szalmával, hogy az éppen befedje őket. A szalma kiterítése és összeszedése munkaigényes volt, emellett a szél a szalmát könnyen lehordta a palántákról, ezért használata nem terjedt el (Somos, 1971).

A *füstölés* régen elterjedt megoldás volt – elsősorban a szőlő- és gyümölcscsültetvényekben – a fagykár elhárítására, kisebb fagyok esetében. Nedves, nem könnyen gyülő anyag (pl. nedves szalma) égetése során a levegőbe kerülő vízgőz és CO₂ csökkenti az effektív kisugárzás mértékét (Szász, 1988). Közutak mellett használata (a látási viszonyokat rontja) veszélyes.

A *fagyvédelmi öntözés* hatékony módszere a fagykár elhárításának. Esőztető rendszerű öntözéssel, kis intenzitású szórófejekkel a fagyveszély teljes időtartama alatt, folyamatosan permeteznek a növények felületére vizet, s a víz fagyáshőjét használják a növényi részek megvédésére. Elsősorban gyümölcscsültetvényekben használják, de a zöldségtermelésben is létjogosultsága lehet.

A szabadföldi *helyrevetés későbbi időpontra halasztásával* a fagykárok valószínűsége, egyes zöldségfajok esetében jelentősen csökkenthető. Sok zöldségnövény szabadföldi vetési időszaka elég tág ahhoz, hogy a termelők az időjárási tényezőket (így elsősorban a várható fagyokat és lehűléseket) is figyelembe vehessék. Ennek szerepe azonban, bizonyos esetekben, a magasabb termésmennyiség reményében alulértékelődik. Példaként említhető a fűszerpaprika helyrevetéses technológiájában a vetési időpont megválasztása. E faj esetében a helyrevetés ideje általában április 5–10. között a megfelelő, mégis évről évre előfordul több termelőhelyen a március közepi vetés is. A tavaszi hőmérsékleti értékek kiszámíthatatlansága mellett ugyanis a gazdák így jobban biztosítottak látják azt, hogy május első dekádjának végére a magok kikeljenek. A későbbi kelés a megfelelő érettségben betakarítható termés mennyiségét nagymértékben csökkenti, ami nemcsak mennyiségi, hanem minőségi veszteséget is

jelent. Az említett korai vetés azonban éppen akkor jelent nagy kockázatot, amikor a magok a felmelegedés hatására csírázásnak indulnak, esetleg a sziklevelek elő is bújnak a talajból, s erősebb lehűlés hatására a csírák vagy a csíránövények megfáznak, elpusztulnak. Ennek elkerülésére az áprilisi vetés a helyes, s akár április második felében is vethető még a fűszerpaprika, különösen akkor, ha a gyors kelés elérésére a magvak hőkezelésére (Kapeller, 1994), előáztatására is van lehetőség.

Több zöldségfaj (pl. paprika, paradicsom, kabakosok) esetében a kockázatos korai vetés, vagy korai palántakiültetés felváltható *fejlettebb palánták későbbi kiültetésével*. Ez jelentheti akár virágzó, vagy akár kötődött kis terméssel rendelkező palánták kiültetését is, pl. paradicsomnál.

A palántakiültetés időszaka az egyes zöldségfajok esetében legalább olyan hosszú, mint a helyrevetésé. A legfontosabb tavaszi ültetési időpontokat az 1. táblázat szemlélteti (Zatykó, 1994). A megjelölt időszakon belül a későbbi ültetés általában nem jelent terméskiesést, a fagyok, illetve lehűlések miatti kiesés kockázata azonban jelentősen csökken.

A jó minőségű palánta ültetésével a szedés kezdete előrébb hozható, s hazai klímaviszonyok mellett nagyobb biztonsággal termelhető néhány melegigényes zöldségfaj (Kappel – Tóth, 2001). Tömegtermelésnél, ahol a nagy földlabdás, tápkockás palánták nevelése és kiültetése nem gazdaságos, a termelési gyakorlatban még elterjedten használt szabadgyökerű, ún. szálas palánták helyett biztosabb a kis tápkockás vagy a tálcás (pl. hungarocell sejtes tálcák, ún. KITE-tálcák) palánták használata. A földlabdával rendelkező palánták számára az ültetés kisebb stresszt jelent, mint a szálas palánták esetében, mert utóbbiaknak a gyökere ültetéskor sérül, így a talajba való begyökeresedés lassabb. A gyors begyökeresedés nemcsak közvetlenül a tenyészidő rövidülését is jelenti, hanem néhány esetben a fagyok okozta nagy mértékű károk eny-

hítését is. A szabadföldi korai étkezési paradicsom termelésekor a termelők egy része április második felében ültet tápkockás palántát, s ha a májusi fagyok hatására a föld feletti zöld részek el is pusztulnak, a paradicsom járulékos hajtásképzésének köszönhetően a növények épen maradt, földfelszín alatti része kihajt. Ennek feltétele azonban az, hogy a palánták előzőleg megfelelően begyökeresedjenek.

A palántákat tavaszi kiültetés előtt, ha nem is a fagyokra, de a lehűlésre *edzeni* lehet. Az edzés lehet közvetlenül hőelvonás, ami elsősorban a hidegtűrő növények palántanevelésének végén alkalmazható. A melegigényes növényeknél is lehetőség van enyhe hőmérséklet-csökkentésre a palánták károsodása nélkül, bár ezeknél a fajoknál inkább vízelvonással történik az edzés (Zatykó, 1994), ami a gyorsabb kezdeti fejlődéshez, az ültetési stressz csökkentéséhez segíti a növényeket, és így közvetve a lehűlések elleni védelmet is jelentheti. A fagyok elleni passzív védekezési mód a növények káliumtartalmának növelése, mert a K-trágyázás hatására a sejtek fagyáspontja csökken (Szász, 1988; Sárdi, 1999).

Az eddig felsorolt eljárások mind segítik a növények gyors kezdeti fejlődését, ami azonban megfelelő talajművelési, öntözési és trágyázási rendszer alkalmazásával még inkább fokozható (Kappel et al., 2003). A csírázás és begyökeresedés gyorsítható a megfelelő vető-, illetve ültetőágy kialakításával, indítótrágyázással, valamint kelesztő vagy beiszapoló öntözés alkalmazásával.

Intenzív technológiai változatok bevezetése és elterjesztése lehetővé teheti, a fagyveszély elmúltával történő ültetés mellett is, a megfelelő termésmennyiség elérését. Étkezési paprika, paradicsom, uborka, dinnye termelésekor a bakhátas vagy ágyásos művelés, a talajtakarás mellett alkalmazott csepegtető öntözés, folyamatos tápoldatozással kombinálva rövidebb tenyészidőszak alatt is jóval nagyobb termésátlagok elérését teszi lehetővé, mint az extenzív technológiák (Locher et al., 2002).

Az egyes fajokon belüli *fajtatípusok*, illetve fajták között különbséget kell tenni, a környezeti igényekben jelentkező kisebb-nagyobb eltérések az eltérő technológiákra, valamint az egyes termőhelyre való alkalmazásukat is meghatározzák. Például a hónapos retek hidegtűrőnek tekinthető, a japán retek esetében azonban a keléshez és utána legalább egy hónapig 15–30 °C szükséges, mert ez idő alatt hidegsokk hatására a retek magszárba mehet (Némethyné, 2004).

Fajtaválasztáskor, egyes zöldségfajok esetében előnyt élvezhetnek a hazai nemesítésű fajták, melyeket kifejezetten a mi klimatikus viszonyainkhoz nemesítettek. Emiatt a magyar kutatás és nemesítés folyamatos támogatására van szükség, hogy a változásokra magyar fajtákkal tudjunk reagálni. A külföldi (más éghajlati viszonyokhoz nemesített) fajták használatánál fokozott körültekintéssel kell eljárni, s hazai próbatermesztéssel kell tapasztalatokat szerezni e fajták termelhetőségéről. Hideg- és fagy-tűrés tekintetében a tőlünk északabbra fekvő területeken termelt fajtatípusok és fajták folyamatos megfigyelése érdekes lehet.

A hagyományosan kialakult *termelési körzetek átrendeződésének* lehetőségével is érdemes számolni. Ez annyit jelent, hogy a késő tavaszi fagyokra érzékenyebb, melegigényes kultúrák korai szabadföldi termelése még jobban a déli területekre húzódik (a szabadföldi korai termelés napjainkban is nagyrészt a déli országrészben jellemző). Ennek a folyamatnak az alakulásában azonban várhatóan a helyi csapadékviszonyoknak is igen jelentős szerep jut.

Jóval gyorsabb, egyszerűbb változás lehet a termelési körzeteken belül a *termelőhelyek áthelyeződése*. A korai termelés esetében elsődleges a gyorsan felmelegedő talajok, valamint jobb besugárzási adottságú, enyhe déli lejtők kiválasztása. Különösen a támrendszeres technológiáknál javasolt emellett a szeles helyek kerülése. A szélcsendes helyeken azonban számolni kell a talaj menti erősebb lehűlések, fagyok kialakulásának nagyobb valószínűségével.

Ennek kivédésére alkalmazhatók ún. forgó légcsavarak, melyek lassan körbefordulva mesterségesen szelet keltenek (Szász, 1988).

Több zöldségnövény esetében megfigyelhető a friss fogyasztásra szánt áru termelésének *áthelyeződése szabadföldről a hajtásba*. Különösen igaz ez a korai szabadföldi termelésre. A folyamatot a nagyobb termésbiztonság mellett a jobb minőség is előmozdítja.

A fűtött és fűtetlen hajtásban egyaránt szükséges az energiatakarékos megoldások terjedése, különböző berendezéstípusokra és növénykultúrákra szabottan (vegetációs fűtés, kettős fóliaborítás, energiaernyő), mely a termelés jövedelmezőségét, versenyképességét elősegíti.

Az *őszi fagykarok* mérséklésére a területkiválasztásnál, valamint a *fajta- és fajtatípus* megválasztásánál a fentebb leírtakat szintén indokolt figyelembe venni. A berendezésekben energiatakarékos megoldások alkalmazásával mind a fűtetlen, mind a fűtött *őszi hajtás jövedelmezősége* javítható.

Szabadföldi termelésben, *rövidebb tenyészidejű fajták őszi termelésével* (pl. csemegekukorica) a betakarítás a fagyok előtt biztonságosabban elvégezhető, nagyobb termés kiesés nélkül.

A korai betakarítást segíti elő a hosszabb tenyészidejű fajoknál (pl. tojásgyümölcs) vagy fajtatípusoknál (pl. pritamin paprika) a *palántanevelés* alkalmazása is. Emellett több technológiai megoldás is gyorsítja az érést. Ilyen például a tenyészterület csökkentése, amely a generatív részükért termelt növények termésének koraiságát fokozza (Zatykó, 1994; Ombódi, 2004) ugyanúgy, mint a nitrogén fejtrágyázás korai befejezése.

A trágyázási időpont és trágyaféleség helytelen megválasztása késleltetheti az érést, károsan megnövelheti a tenyészidőt (pl. fűszerpaprika, paradicsom).

A növények megújuló, valamint fagy-tűrő képessége elsősorban az áttelelő vagy évelő termelésben nagy jelentőségű, de természetesen az október-novemberi betakarítású zöldségfajok esetében is fontos (Ter-

be, 2003). E két tulajdonság sokszor növényi kondíció függvénye is. Általában a stressztűrést segítő anyagok (pl. kálium vagy más ozmotikumok a sejtekben) növelik a hideg- vagy fagyűrést is, míg a növények egészségi állapotát rontó tényezők (pl. károsító szervezetek fellépése) csökkentik. A nö-

vényvédelemre ez okból is nagyobb figyelmet kell fordítani.

A szeptember végi, október eleji betakarítású zöldségnövényeknél az őszi fagykárak miatti termés kiesés csökkenthető a *betakarító kapacitás növelésével* (gépesítés) is.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) FEHÉR Bé.-né (1994): Spárga. In: Balázs S. (szerk.): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 643–656. pp. (2) FILIUS I. (1994): A zöldségtermesztés élettani alapjai. In: Balázs S. (szerk.): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, (3) KAPPEL N. – TÓTH K. (2001): Palántanevelésre használt földkeverékek szerkezeti- és tápanyag-összetétele. Agroforum 12: 13. 16–18. pp. (4) KAPPELLER K. (1994): Fűszerpaprika. In: Balázs S. (szerk.): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest (5) KOCIS I. – GYÚROS J. – TOMPOS D. (2003): A tojásgyümölcs (*Solanum melongena* L.) termesztése. Hajtás, korai termesztés 34 (3): 18–21. pp. (6) KOVÁCS A. (2000): Egyszerű eszközök és módszerek a koraiság fokozására. In: Balázs S. (szerk.): A zöldség-hajtás kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest (7) LOCHER J. – OMBÓDI A. – KASSAI T. – DIMÉNY J. (2002): Kápia típusú paprika intenzív szabadföldi termesztése, különös tekintettel a talajtakarásra és a bakhát alkalmazására. Hajtás, korai termesztés 33 (2): 22–25. pp. (8) MAGDA S. – MILLER Gy. (2003): A dinnye termesztésének szervezése és ökonómiaja. In: Magda S. (szerk.): Kertészeti ágazatok szervezése és ökonómiaja. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest (9) MARKOV, V. M. – HAEV, M. K. (1953): Ovocsevodstvo. Moszkva (10) NÉMETHY U. H. (2004): Retek. In: Hodossi S – Kovács A. – Terbe I. (szerk.): Zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó, Budapest (11) OMBÓDI A. (2004): Szaporítás. In: Hodossi S – Kovács A. – Terbe I. (szerk.): Zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó, Budapest (12) SÁRDI K. (1999): A kálium szerepe a növények életében. In: Füleky Gy (szerk.): Tápanyaggazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest (13) SOMOS A. (1971): A paradicsom. Korai szabadföldi termesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest (14) SOMOS A. (1983): Zöldségtermesztés. A zöldségfajok őshazája és elterjedése a földön. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (15) SZALAI I. (1994): A növények élete. Az életjelenségek analízise a molekuláris szintől az ökológiai szintig II. A növény és az abiotikus környezet kapcsolata. JATEPress, Szeged (16) SZÁSZ G. (1988): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (17) TERBE I. (2004a): A zöldségtermesztés ökológiai igénye. In: Hodossi S – Kovács A. – Terbe I. (szerk.): Zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó, Budapest (18) TERBE I. (2004b): Levélzöldségfélék. In: Hodossi S – Kovács A. – Terbe I. (szerk.): Zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó, Budapest (19) VAVILOV, N. I. (1951): The Origin, Variation, Immunity and breeding of Cultivated Plants. Ronald, New York (20) ZATYKÓ F. (1994): A zöldségnövények szaporítása. In: Balázs S. (szerk.): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest (21) ZATYKÓ F. (2004): Kelkáposzta. In: Hodossi S – Kovács A. – Terbe I. (szerk.): Zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó, Budapest

1. táblázat

A legfontosabb tavaszi szabadföldi kiültetési időpontok

Kiültetés időszaka	Faj
Március közepe – április eleje	káposztafélék (korai), fejes saláta
Április vége – május közepe	paradicsom
Május közepe (tavaszi fagyok után)	paprika, tojásgyümölcs, kabakosok
Május vége – június eleje	zeller, fejes káposzta (főterményként)

Forrás: Zatykó, 1994 nyomán

AZ 1951–2000 KÖZÖTTI IDŐSZAK HŐMÉRSÉKLETI MAXIMUM ÉRTÉKEINEK AGROKLIMATOLÓGIAI ELEMZÉSE

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN – VARGA ZOLTÁN – LANTOS ZSUZSANNA –
ENZSÖLNÉ GERENCSÉR ERZSÉBET

ÖSSZEFOGLALÁS

A növények a meleg időszakban elsősorban a magas hőmérsékleti stressznek vannak kitéve. Hazánkban a növények számára kedvezőtlen magas hőmérsékletek leggyakrabban 25 és 35 °C között fordulnak elő. A 35 °C feletti maximumok ritkák, 40 °C feletti értékeket pedig a múlt század második 50 évében mindössze két alkalommal mértek.

Megvizsgálva azt, hogy a hideg időszakban milyen gyakran fordulnak elő a növények élettevékenysége szempontjából jelentős, 5 °C feletti maximumok, a 20. század második felére azt kaptuk, hogy átlagosan a téli hónapok összes napjának egyharmadában, szélső esetben pedig akár kétharmadában is előfordulhatnak 5 °C feletti napi maximumok. Emiatt számolni lehet azzal, hogy az ezeket követő lehülések miatt a növények fokozottabban károsodnak, a kórokozók és kártevők pedig a kedvezőbb áttelelés következtében, a vegetációs periódus folyamán veszélyesebbé válnak.

A meleg időszakban nemcsak a maximum hőmérsékletek, hanem a magas éjszakai minimum hőmérsékletek is kedvezőtlenek lehetnek. A 20. század második felének adatai azt mutatták, hogy a 16–20 °C közötti éjszakai minimumok a gyakoribbak, a 20 °C felettiek viszonylag kevesebbszer fordultak elő.

Az éghajlatváltozás okozta melegedés több szempontból is kedvezőtlenebbé teheti a jelenlegi hőmérsékleti viszonyokat. Az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedése ugyanis várhatóan a téli és éjszakai kisugárzás csökkentését eredményezné, s emiatt a hideg időszak maximum hőmérsékletei és a meleg időszak éjszakai hőmérsékletei megemelkednének.

BEVEZETÉS

A hőmérséklet az egyik legfontosabb meteorológiai elem, amely befolyással van a növények és állatok életére. Megszabja, hogy az élőlények mely értékek között létezhetnek. A létezést meghatározó két küszöbérték között az élőlények képesek élettevékenységet folytatni. E küszöbértékek felett és alatt azonban az élőlények egy meghatározott idő után elpusztulnak. Az alsó küszöbérték alatt a fagyhalál, a felső küszöbérték felett a hőhalál okozza az élőlények pusztulását.

Az élőlények számára kedvező körülményeket biztosító hőmérsékleti intervallum

felső határát átlépve, és egyre magasabb hőmérsékletek felé haladva, az élő szervezet károsodást szenved, majd végül elpusztul. Ennek a folyamatnak a körülményei azonban napjainkban sincsenek még kellő mélységig feltárva (*Rosenzweig – Hillel, 1998*).

Az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedése, s ennek következtében a Föld középhőmérsékletének emelkedése azonban szükségessé teszi, hogy nagyobb figyelmet fordítsunk a magas hőmérsékletek, főként a szélsőségesen magas hőmérsékletek előfordulásának és élőlényekre gyakorolt hatásának vizsgálatára (*Brown et al., 2000; Muriel et al., 2000; Southworth et al., 2000*).

Ebben a munkában az első lépés a magas hőmérsékletek és a szélsőségesen magas értékek előfordulásának elemzése, szem előtt tartva természetesen a mezőgazdasági termelés szempontjait. Az ember számára nélkülözhetetlen ismeretet jelent, hogy változó környezeti viszonyok között is meg tudja termelni a számára szükséges élelmszermennyiséget.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A Nyugat-Magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári karának Matematika-Fizika Tanszékén létrehozott agroklimatológiai adatbank képezte az alapját az általunk végzett munkának. Ennek során kiválasztottunk 14 olyan állomást (Békéscsaba, Budapest, Debrecen, Győr, Iregszemcse, Kecskemét, Kompolt, Miskolc, Mosonmagyaróvár, Nyíregyháza, Pécs, Szeged, Szolnok és Szombathely), amelyre vonatkozóan rendelkezünk az 1951 és 2000 közötti időszak napi adataival.

A 20. század második felét reprezentáló 50 évi adatsor jó alapot ad ahhoz, hogy a kapott eredményeket összehasonlítsuk a Magyarország éghajlatát az 1901–1950 közötti 50 év alapján leíró tanulmányok (*Bacsó et al., 1953; Bacsó, 1959*) megállapításaival. Természetesen teljes értékű összehasonlítást csak akkor tehetnénk, ha mind a két adatsoron ugyanazon módszerekkel végeznénk el a vizsgálatot. Az eltérő módszerekre alapozott vizsgálatok összehasonlítása is képes azonban hasznos információkat szolgáltatni. Lehetőséget ad továbbá a fél évszázados adatsor arra is, hogy elemezzük az utóbbi évtizedekben, hazánk éghajlatában felismerhető változási tendenciákat.

A változások irányát és mértékét trendszámítás segítségével elemeztük (*Kerékyártóné – Mundruczó, 1996*). Következtéseinket a szignifikáns korrelációs koefficiensű összefüggésekre alapoztuk. A szignifikancia szintet a *Sváb (1981)* által megadott táblázat segítségével határoztuk meg.

A magas hőmérsékletek agroklimatológiai tanulmányozásánál, módszertani szempontból célszerű az évet felosztani egy hideg és egy meleg időszakra. A hideg időszakban az áttelelést erősen befolyásoló három téli hónap (december, január és február) magas hőmérsékletei fontosak. Jelentőségük abban is megnyilvánul, hogy a növények számára kedvezőbb, enyhe időszakok után fellépő erős hidegek még nagyobb károkat képesek okozni.

A meleg időszakban pedig nemcsak a nappali, besugárzási időszakban fellépő magas hőmérsékletek lehetnek kedvezőtlenek, hanem az éjszakai magas hőmérsékletek is. Ebben az időszakban ezért mindkettő tanulmányozása fontos.

A MAXIMUM ÉRTÉKEK ÉS A NÖVÉNYEK

A növények szempontjából a hőmérséklet az egyik legszámottevőbb éghajlati elem, mert jelentős befolyással van a növekedésre, a fejlődésre és a produktivitásra is. E meteorológiai elem azonban egy időben hat a szerves anyag gyarapodásra és a szerves anyag lebomlásra (1. ábra), ezért a hőmérsékleti hatás vizsgálatánál ezt mindig szem előtt kell tartani.

Amint az 1. ábrán látható, a hőmérséklet emelkedésével mind a fotoszintézis, mind pedig a légzés intenzitása növekszik. A kettő különbsége adja a nettó szerves anyag gyarapodás mennyiségét. A fotoszintézis intenzitása az optimum hőmérsékletnél eléri a maximumot, majd a hőmérséklet további emelkedésével meredeken csökken. Hasonlóan viselkedik a légzés intenzitása is. Van egy hőmérsékleti érték, amelynél a fotoszintézis során éppen annyi szerves anyag képződik, mint amennyi a légzésnél lebomlik. E kompenzációs pont feletti értékeknél a szerves anyag mennyisége már nem gyarapszik, hanem csökken. Éppen ezért – a magas hőmérsékleti szélsőségek vizsgálata kapcsán – a sötétben történő légzés miatt

fontos megismernünk az éjszakai magas hőmérsékleteket is. A hőmérsékleti kompenzációs pont értéke – a növény származási helyének klimatikus viszonyaival szoros összefüggést mutatva – 35 °C-tól (boreális öv fenyői) kb. 60 °C-ig (trópusi C₄-es típusú fűvek) változhat (Tókei, 1997).

A magas hőmérsékletek általában a mérsékelt és a trópusi övben élő növényzet produktivitását csökkentik. A károsodás mértékét azonban nagyon nehéz megbecsülni. Ennek egyik oka, hogy a növények képesek védekezni a hőhatás ellen. A többelhető egy részét ugyanis hosszúhullámú sugárzás útján kisugározzák, a környezetükhöz képest magasabb hőmérséklet miatt hőt adnak le és transzspiráció útján is képesek alacsonyabb szinten tartani a hőmérsékletüket.

Másrészt a hőhatás nemcsak a magas hőmérséklettől függ, hanem annak időtartamától is, vagyis egy hosszabb ideig tartó, gyengébb hőhatás olyan károsodást okozhat, mint egy rövidebb ideig tartó, erősebb hőhatás (Larcher, 2003). Keerio et al. (2001) például azt tapasztalta, hogy ha 40 °C-os hőmérsékleti stressz 2 órán keresztül érte a szójanövényt, az a gyökérműködés (nitrogénfixáció) 15%-os csökkenésével reagált. A károsító hatás időtartamának növelésével a visszaesés elérte a 70%-ot.

A növényi reakció annak is függvénye, hogy milyen fejlődési fázisban történik a behatás. Erickson és Markhart (2002) paprika esetén 33 °C-os hőmérsékleti kezelést alkalmazott a termékenyülési időszak körüli különböző időpontokban, s lényegesen eltérő károsodásokat mutattak ki.

Említést érdemel végezetül, hogy a hőmérsékleti stressz számszerűsítése azért sem egyszerű, mert gyakran más stresszorokkal együtt jelentkezik. Ghosh et al. (2000) burgonyánál vizsgálta a hőmérsékleti- és vízstressz kombinált hatásait. Bencze et al. (2004) – egy esetleges éghajlatváltozást szimulálva – a hőstressz búzafajták mennyiségi és minőségi paramétereire gyakorolt befolyását módosított széndioxid-tartalom mellett írták le.

Általában kijelenthető, hogy hőérzékenyek tekintik azokat a növényfajokat, amelyek 30–40 °C közötti hőmérsékleteknél károsodnak. A hőmérséklet 30–35 °C közé emelkedése már káros lehet olyan növények reprodukív szerveire, mint a búza, a kukorica, a rizs, a köles és a paradicsom. A növényekre gyakorolt erős hőhatásnak ezenkívül számos kedvezőtlen következménye lehet. A 35–40 °C közötti hőmérséklet is jelentős károsodást okozhat, ha hosszabb ideig fennáll. A 40 °C feletti értékeknél a sztómák bezáródnak. A 45 és 55 °C közötti hőmérsékletek hatása pedig már 30 perc alatt is károkat okozhat a növényi levelekben (Rosenzweig – Hillel, 1998).

Az 1901–1950 közötti időszakban, hazánkban 1950. július 5-én mérték a legmagasabb hőmérsékletet (41,3 °C) Pécssett (Bacsó et al., 1953; Bacsó, 1959). Az 1951–2000 közötti időszakban, az általunk vizsgált 14 állomáson mért legmagasabb érték 41,7 °C volt, amelyet Békéscsabán észleltek 2000. augusztus 21-én. Ezenkívül még Nyíregyházán mérték 40,2 °C-ot 1952. augusztus 16-án. Hazánkban tehát 40 °C feletti hőmérsékletek a 20. században ritkán fordultak elő. A legmagasabb napi maximumok azonban mindenütt 37 és 40 °C közöttiek.

A 20. század második felének két legmelegebb éve 1952 és 2000 volt. Mindkét évben előfordult egy-egy (Nyíregyháza, Békéscsaba) 40 °C feletti érték. Az évi abszolút hőmérsékleti maximumok országos átlaga ekkor 38 °C körül volt. Volt még két olyan év is (1957 és 1992), amikor 37 °C felett voltak a területi átlagok. A legalacsonyabb napi maximumok 1978-ban fordultak elő, ekkor a területi átlag 31 °C volt. Alig maradt el ettől 1975, amikor a területi átlagérték 31,1 °C-nak adódott. Ebben a két évben, a vizsgált 14 állomás között volt négy olyan állomás, ahol az évi maximum nem érte el a 30 °C-ot. A legalacsonyabb maximum azonban mindenütt magasabb volt 29 °C-nál. Ezenkívül még 1955 és 1966 volt olyan hűvös év, amikor a legmagasabb napi maximumok 32 °C alatt maradtak.

Az elmondottakból látható, hogy a növények számára kedvezőtlen, 30 °C feletti értékekkel minden évben számolni lehet. A 30 °C és 35 °C közötti értékek viszonylag gyakrabban, a 35 °C feletti maximumok ritkábban fordulnak elő.

Ami az évi legmagasabb maximum értékek ingadozását illeti, látható a 2. ábrán, hogy az 1950 és 1970 közötti időszakban csökkenő tendenciát mutattak. Az 1970-es években voltak az évi legalacsonyabb maximumok, majd 1970-től ismét az emelkedő tendencia volt a jellemző. Ez a tendencia párhuzamos változást mutat az évi közép-hőmérsékletekkel.

HAVI ÉS ÉVI MAXIMUM ÉRTÉKEK

A havi maximum értékek időbeli egymásutánja jól mutatja az éven belüli változékonyságot. Ezekhez a viszonyokhoz egy adott éven belül kell alkalmazkodnia a növényeknek, attól függően, hogy a növények vegetációs időszaka az év mely részére esik.

Az évi középértékek alapján az egymásutáni évekkel meghatározott tendenciát lehet nyomon követni. Meghatározhatók az emelkedő és süllyedő tendenciájú szakaszok, amelyekre az egymást követő években a növényeknek reagálniuk kellett.

Az éven belüli ingadozás. A havi maximum értékek követik a havi átlaghőmérsékletek évi menetét, januári legalacsonyabb és júliusi legmagasabb (1. táblázat) értékekkel. A januári maximumok értékei megközelítőleg 2–3 °C-kal kisebbek mind a decemberi, mind pedig a februári értékeknél. A maximum értékeknél tehát meglehetősen markánsan jelentkezik a leghűvösebb hónap.

A növénytermelés szempontjából kedvező, hogy március hónapban az átlagos havi maximumok megközelítik vagy túl is lépik a 10 °C-ot. Ezután havonként mintegy 5 °C-os emelkedés következik a tavaszi hónapokban. Az emelkedés üteme május és június között hozzávetőlegesen 3 °C-ra csökken, majd július és augusztus átlagai csak néhány tized

fokos különbséget mutatnak. Ekkor vannak a legmagasabb értékek, a havi átlagok 26–27 °C körüliek.

Érdekessége az évi menetnek, hogy az augusztusról szeptemberre való átmenetet jellemző 4 °C-os csökkenést meredekebb hőmérséklet-süllyedés követi, mint amilyen a tavaszi emelkedés volt. Szeptemberről októberre közel 6 °C-kal, októbertől novemberre pedig 6–8 °C-kal csökkennek a maximumok havi átlagai. A télbe való átmenet 5 °C-os átlagsökkenéssel következik be, s a téli hónapokban 5 °C alatt maradnak a középértékek.

Az 1. táblázat utolsó három sorából látható, hogy a havi átlagos maximumoknál nincsenek jelentős területi különbségek. A területi szélsőértékek 1–2 °C-os eltéréssel veszik körül az átlagértéket.

Az évek közötti ingadozás. A havi középértékek területi átlagainak évi ingadozásai, lineáris összefüggéssel közelítve olyan korrelációs koefficientst adnak, amely még a 90%-os szinten sem szignifikáns. Ugyanakkor az összefüggés gyengén emelkedő tendenciát mutat, 10 évenkénti 0,1 °C-os emelkedéssel.

Érdekesebbnek látszik az évi középértékek szórásának területi átlagait vizsgálni (3. ábra). A területi szórás ugyanis az 1950-es években volt a legmagasabb, miközben gyors csökkenő tendenciát mutatott. A trendfüggvény korrelációs hányadosa még a 99,9%-os szinten is szignifikáns. Az 1960-as években kialakult mélypont után, 1970-től lassú emelkedést mutat. Ez azt mutatja, hogy a maximumok havi átlagai hazánk kis területét tekintve nem mutatnak jelentős változékonyságot, ami arra utal, hogy hazánkban a maximumok többnyire az egész ország területét uraló makroszinoptikus helyzetekben alakulnak ki.

A TÉLI HÓNAPOK MAXIMUM ÉRTÉKEI

Az október és március közötti hideg időszakban, a téli félévben, az őszi gabonák és a gyümölcsfák vannak kitéve a hőmérsékleti

hatásoknak. Ezek következő évi termését erősen befolyásolja, hogy hogyan telelnek át. Az áttelelés kedvező vagy kedvezőtlen voltában nemcsak a téli minimum hőmérsékletek játszanak szerepet, hanem a téli maximum hőmérsékletek is.

A maximum hőmérsékletekre egyrészt azért kell nagyobb figyelmet fordítani, mert az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedése elsősorban a kisugárzás csökkentésében jelentkezik, a kisugárzás szerepe pedig éjszaka és a téli hónapokban jelentős. Az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedéséből arra lehet tehát következtetni, hogy a téli lehülések mérséklődnek, növekszik az enyhe napok száma.

Ismeretes, hogy számos, főleg hűvöskevelő növény bázishőmérséklete $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli érték. Ezen érték felett a növényekben fokozottabb lesz az élettevékenység. Megvizsgáltuk ezért, hogy a három téli hónap (december, január és február) 90–91 napjából, hány olyan nap volt, amikor a maximum hőmérséklet elérte vagy meghaladta az $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. Az ilyen hőmérsékletek hatása két okból is kedvezőtlen lehet. Egyrészt, ha az $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti maximumú napok után jelentős mértékű lehülés következik be, akkor annak károsító hatása fokozottabb mértékű lehet. Másrészt az enyhe tél segíti a növényi kórokozók és kártevők áttelelését, ezért a vegetációs periódus folyamán az általuk okozott kár is nagyobb lesz.

Az $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os vagy annál magasabb maximum hőmérsékletű napok számát a 2. táblázat tartalmazza. Látható a táblázatból, hogy a legenyhébb teleken a három hónapból (90–91 nap) két hónapnyi időszak (≤ 60 nap) is $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti lehet. Átlagosan 30 körüli napon voltak ilyen maximum hőmérsékletek, vagyis hozzávetőlegesen egy hónapnyi időszakban. A leghidegebb teleken azonban 5–6 napnál, vagyis egy hétnél kevesebb napon volt csak $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti maximum. Látható, hogy a telek enyhe és hideg jellege széles intervallumban ingadozik.

A területi átlag meghatározása mellett vizsgáltuk azt is, hogy milyen mértékű az átlag körüli szóródás. Az eredmények azt mutatták, hogy ez a hideg teleken volt a legkisebb, s mindössze 2–3 napot tett ki. Érdekes módon az enyhe teleken is csak 4–5 napos szóródások adódtak. A legnagyobb szóródásbeli különbségeket az átlagos teleken tapasztaltuk, amikor a szórás értékei 4 nap és 12 nap között változtak. Az látható tehát az eredményekből, hogy amikor hidegek vagy enyhék voltak a telek, akkor az az ország területén nagyjából hasonló, egyenletes eloszlásban jelentkezett. Az átlagos telek viszont az ország egyes területei között nagyobb változékonyságot alakítottak ki.

Megvizsgáltuk azt is, hogy az egyes évek között milyen változékonyságot mutat az $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti maximumú napok száma. A 4. ábrán látható, hogy az 1950-es és az 1960-as évek között inkább egy csökkenő tendencia érvényesült, ami az 1951-es magas érték és az 1963–65-ös alacsony értékek következménye. Ettől kezdve fokozatos emelkedés volt megfigyelhető. Az 1951 és 2000 közötti 50 év folyamán négy olyan év volt (1951, 1990, 1994 és 1998), amikor az $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti napi maximumok száma a tél folyamán meghaladta az 50-et. Érdekes, hogy a négy évből három az 1990–2000 közötti időszakban fordult elő. Tíz vagy annál kevesebb $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti maximumú nap is négy évben fordult elő. Ebből három, egymásutáni három évben az 1960-as évek közepe felé (1963, 1964 és 1965). A negyedik alacsony előfordulás viszont az 1990-es évtized második felében (1996) volt.

Ami a meglepő, az az ingadozás mértéke. Az 50 év folyamán volt olyan év (1998), amelyben az $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti maximumú napok területi átlaga 59 volt, s volt olyan év (1963), amikor csak 3. Az említett szélső esetek kivételével, az $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti maximumú napok száma 10 és 50 nap között ingadozott, 30 nap körüli átlaggal.

A NYÁRI FÉLÉV MAXIMUM ÉRTÉKEI

Az év meleg időszakában – azaz a gazdasági növények többségének vegetációs periódusa alatt – a magas hőmérsékletek jelenthetnek veszélyt a termésre. A fentiekből látható, hogy hazánkban 40 °C feletti napi maximumok csak ritkán fordulnak elő, de 35–40 °C közötti értékekkel már gyakrabban kell számolni, 30–35 °C közötti hőmérsékletek pedig szinte kivétel nélkül minden évben várhatók. Vannak azonban olyan növények is, amelyek már a 25–30 °C közötti maximumokra is érzékenyek (őszi búza, őszi árpa, rozs).

Mivel az őszi gabonák vegetációs periódusa a nagy melegek előtt már befejeződik, más növények (pl. kukorica, cukorrépa) vegetációs periódusa pedig az őszebe is beletnyúlik, ezért az egyes hónapokat külön-külön is megvizsgáltuk.

Meleg nappalok. A meleg időszak (április-szeptember) 25 °C feletti napi maximum értékeit a 3. táblázat tartalmazza, fokenkénti intervallumokban.

A táblázatban látható, hogy az április-szeptember közötti időszak 183 napjából hány napon volt a hőmérsékleti maximum a megadott értékhatárok között. A 25 °C és 29 °C közötti értékek évi átlagos száma 40 és 50 között van. Ez úgy oszlik meg, hogy átlagban 13 napon van 25–26 °C közötti, 12 napon át 26–27 °C közötti, 11 napon van 27–28 °C közötti és 10 napon át 28–29 °C közötti érték. A 29 °C-nál magasabb maximumok pedig évente, átlagban csak mintegy 25 alkalommal fordulnak elő. Ekkor már (29 és 33 °C között) a fokenkénti magasabb intervallumok mindössze 3 és 8 esettel fordulnak elő. Az említett 25 esetből ebbe az intervallumba hozzávetőlegesen 20 tartozik. A 33 °C feletti értékek már csak 4–5 esetet jelentenek. Látható, hogy 35 °C feletti értékekkel évi átlagban mindössze egy alkalommal kell számolni.

A 3. táblázat adatai szerint tehát az elmúlt 50 évben a növények számára kedvezőtlen,

legmelegebb napi maximumok főként a 25 és 35 °C közötti intervallumban fordultak elő, az április-szeptember közötti meleg időszak 183 napjából mintegy 60–70 napon. A 35 °C feletti értékekkel legfeljebb évi egy alkalommal lehetett számolni.

Meleg éjszakák. Az április-szeptember időszakra vonatkozóan is fokenként határoztuk meg a 15 és 25 °C közötti, kedvezőtlenül magas éjszakai minimumok előfordulásának gyakoriságát, amelyet a 4. táblázat tartalmaz.

A meleg éjszakák – vagyis 16 °C-nál magasabb éjszakai minimumok – az április-szeptember időszak 183 napjából átlagosan 35–40 alkalommal fordulnak elő. Ezeknek az éjszakáknak a többségén 16 és 20 °C közötti minimumok alakulnak ki, s csak nagyon kevés, mindössze 3–5 olyan eset fordult elő, amikor az éjszakai minimumok meghaladták a 20 °C-ot.

Említettük, hogy a hőmérsékleti hatás esetében nemcsak az intenzitás, hanem a tartam is fontos, mert alacsonyabb értékek hosszabb időn át hatva hasonlóan kedvezőtlenek lehetnek, mint a magasabb értékek rövid ideig tartó hatással. Mivel a 16 és 20 °C közötti értékek viszonylag nagyobb gyakorisággal fordulnak elő, számolni kell az általuk okozott kedvezőtlen hatással is.

Az 5. és 6. táblázatok a nyári időszak magas napi hőmérsékleteinek nemcsak az időbeli alakulásáról, hanem a területi eloszlásáról is összefoglaló képet adnak. E táblázatok – az áttekinthetőség miatt – csupán 5, az ország különböző részeit reprezentáló állomás adatait tartalmazzák.

Az 5. táblázat a legmagasabb napi hőmérsékletek előfordulásának átlagait és szélsőségeit mutatja be. A legalacsonyabb maximumok 1956-ban vagy 1980-ban voltak tapasztalhatók, míg a legmagasabb átlagos maximum valamennyi állomás esetén 2000-ben adódott. 16 és 20 °C közötti minimumú (úgynevezett meleg) éjszaka, mely túlzott szerves anyag lebomlást okoz, átlagosan 13–30-szor, maximum 29–55-ször fordult elő hazánkban, de bizonyos években

a Dunántúlon alig lehet ezek megjelenésére számítani. A még jelentősebb szerves anyag veszteséggel járó, 20 °C feletti minimumú éjszaka csak elvétve jelentkezett (bár Pécsen 1994-ben 11 ilyen éjszaka is volt!), azaz hazánkra nem jellemző a magas éjszakai hőmérsékleti stressz. Annál inkább valószínűek a nappali időszak extrém értékei! A nyári nap (25 és 30 °C közötti maximum) átlagos előfordulásáról már a 3. táblázat tartalmazott információt: másfél-két hónapnyi napon várható ez egy átlagos évben, de nyugaton előfordult olyan év is, amikor mindössze 22 alkalommal regisztrálták, az ország jelentős részén pedig 90 körüli is lehetett az esetszám. 30 és 35 °C közötti, úgynevezett hőszegnapból átlagosan 10–22-re lehet számítani; Szombathelyen a legkevesebbre, a Dél-Alföldön a legtöbbre. Szegeden 42 ilyen nap sem elképzelhetetlen, ugyanakkor a Dunántúl nagy részén nem minden évben emelkedik az abszolút maximum 30 °C fölé. A 35 °C fölötti, forró nap megjelenésére évente 1–2-szer lehet számítani, bár az Alföldön 10 körüli értékek is előfordultak már. A magas hőmérsékletű éjszakák és nappalok legnagyobb valószínűséggel a Dél-Alföldön, legkevésbé Nyugat-Magyarországon jelentkeznek.

A 6. táblázat ugyanezen hőmérsékleti szélsőségek átlagos előfordulásának évtize-

denkénti változásait szemlélteti. A vizsgált 5 kategória mindegyikénél (és az összes állomás esetén) hasonló tendencia tapasztalható: a gyakoriságok enyhe csökkenése a 20. század második felének első három évtizedében, majd a 70-es évektől a magas hőmérsékletek egyértelműen gyakoribbá váltak.

A MAXIMUM HŐMÉRSÉKLETEK ÉS A FAGYMENTES IDŐSZAK

Az évi átlagos maximum hőmérsékletek alakulása és a fagymentes időszak közötti összefüggést az 5. ábra mutatja be. A korrelációs hányados 90%-os szinten szignifikáns kapcsolatot jelez.

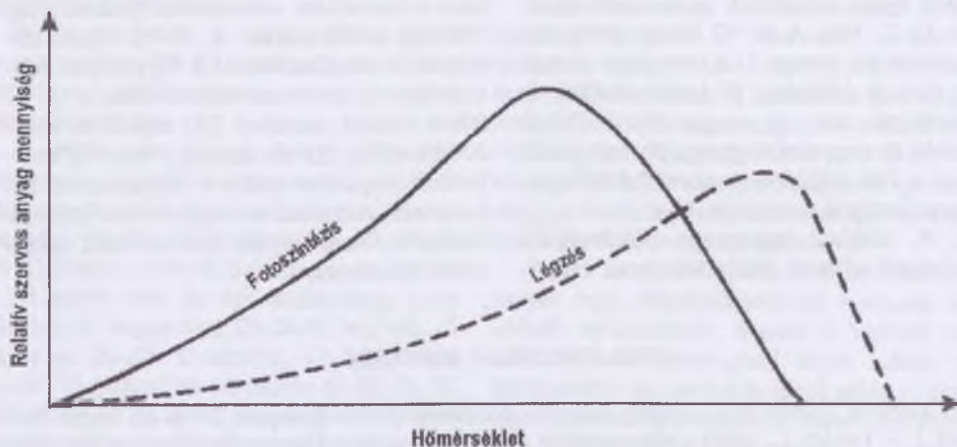
Látható az összefüggésből, hogy ha az évi átlagos területi maximumok 15 °C alatt maradnak, akkor a fagymentes időszak hossza a hőmérséklet változásával gyakorlatilag 190 nap körül marad. A 15 °C feletti hőmérséklet emelkedésével a fagymentes időszak hossza lassan növekedni kezd, s 17 °C feletti értékek esetében 200 napnál is hosszabbá válik. Ez azt mutatja, hogy a nemlineáris kapcsolat miatt a hőmérséklet fokkénti változása a fagymentes időszak hosszában nem ugyanolyan mértékű változást eredményez.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BACSÓ N. (1959): Magyarország éghajlata. Akadémiai Kiadó, Budapest, 302 p. (2) BACSÓ N. – KAKAS J. – TAKÁCS L. (1953): Magyarország éghajlata. Országos Meteorológiai Intézet Hivatalos Kiadványai, XVII. kötet, Budapest, 226 p. (3) BENCZE, S. – VEISZ, O. – BEDÓ, Z. (2004): Effects of high atmospheric CO₂ and heat stress on phytomass, yield and grain quality of winter wheat. *Cereal Research-Communications*, 32: 1, 75–82. pp. (4) BROWN, R. A. – ROSENBERG, N. J. – HAYS, C. J. – EASTERLING, W. E. – MEARN, L. O. (2000): Potential production and environmental effects of switchgrass and traditional crops under current and greenhouse-altered climate in the central United States: a simulation study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78: 1, 31–47. pp. (5) ERICKSON, A. N. – MARKHART, A. H. (2002): Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. *Plant, Cell and Environment*, 25: 1, 123–130. pp. (6) GHOSH, S. C. – ASANUMA, K. – KUSUTANI, A. – TOYOTA, M. (2000): Leaf gas exchange properties of potato under different temperature and soil moisture at different growth stages. *Environment Control in Biology*, 38: 4, 229–239. pp. (7) KEERIO, M. I. – CHANG, S. Y. – MIRJAT, M. A. – LAKHO, M. H. – BHATTI, I. P. (2001): The rate of nitrogen fixation in soybean root nodules after heat stress and recovery period.

International Journal of Agriculture and Biology, 3: 4, 512–514. pp. (8) KERÉKGYÁRTÓ Gy.-né – MUNDRUCZÓ Gy. (1996): Statisztikai módszerek a gazdasági elemzésben. 3. kiadás. Aula Kiadó, Budapest, 571 p. (9) LARCHER, W. (1980): Physiological Plant Ecology. Second edition. Springer Verlag, Berlin, 252 p. (10) LARCHER, W. (2003): Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups. Fourth Edition, Springer Verlag, Berlin, 513 p. (11) MAVI, H. S. – TUPPER, G. J. (2004): Agrometeorology. Principles and Applications of Climate studies in Agriculture. Food Products Press, New York, 364 p. (12) MURIEL, P. – DOWNING, T. – HULME, M. – HARRINGTON, R. – LAWLOR, D. – WURR, D. – ATKINSON, C. J. – COCKSHULL, K. E. – TAYLOR, D. R. – RICHARDS, A. J. – PARSONS, D. J. – HILLERTON, J. E. – PARRY, M. L. – JARVIS, S. C. – WEATHERHEAD, K. – JENKINS, G. (2000): Climate change and agriculture in the United Kingdom. MAFF Publications; London (13) ROSENZWEIG, C. – HILLEL, D. (1998): Climate Change and the Global Harvest. Potential Impact of the Greenhouse Effect on Agriculture. Oxford University Press, Oxford, 324 p. (14) SOUTHWORTH, J. – RANDOLPH, J. C. – HABECK, M. – DOERING, O. C. – PFEIFER, R. A. – RAO, D. G. – JOHNSTON, J. J. (2000): Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the midwestern United States. Special issue: Food and forestry: global change and global challenges. Selected papers from the GCTE Focus 3 Conference, Reading, UK, September 1999. Agriculture, Ecosystems and Environment, 82: 1–3, 139–158. pp. (15) SVÁB J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 557 p. (16) TŐKEI L. (1997): A hőmérséklet hatása a növényre. In: Szász G. – Tőkei L.: Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 390–411. pp.

1. ábra

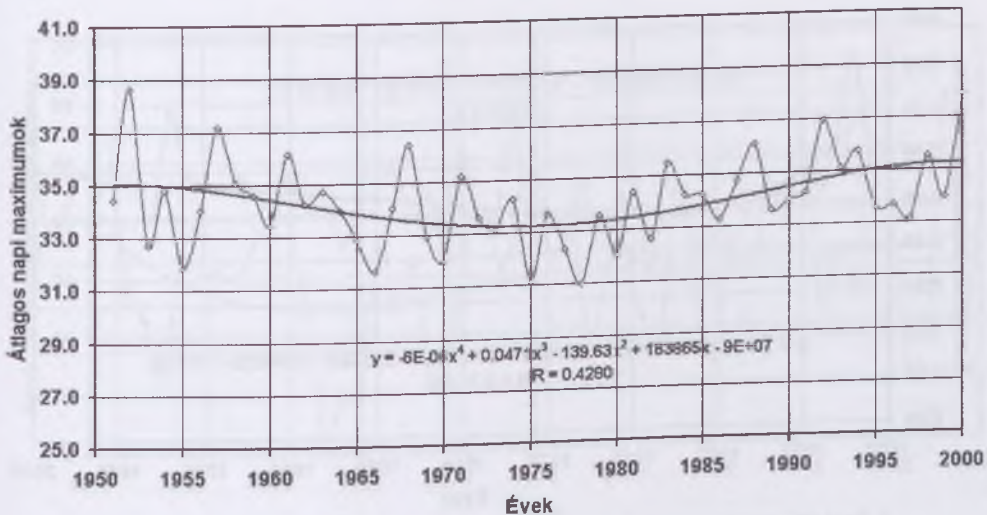


A hőmérséklet hatása a fotoszintézisre és a légzésre

Forrás: Larcher (1980), valamint Mavi és Tupper (2004) munkája alapján átalakítva

2. ábra

Törületi átlag
1961-2000



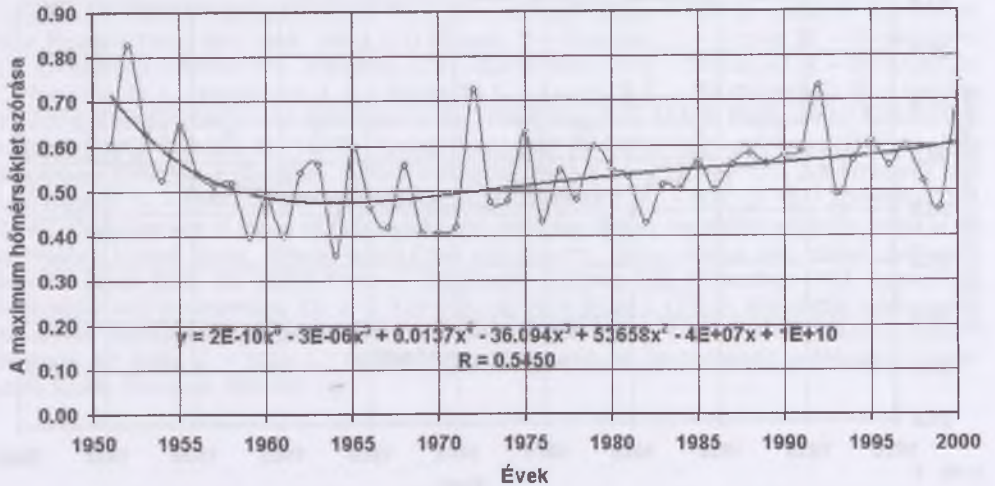
Az évi legmagasabb napi maximumok ingadozásai

1. táblázat

Havi átlagos maximum értékek (1951–2000)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Békéscsaba	1,6	4,6	10,8	16,9	22,1	25,4	27,4	27,2	23,2	17,2	9,3	3,6
Budapest	1,6	4,5	10,0	16,3	21,4	24,8	26,8	26,5	22,1	16,0	8,1	3,3
Debrecen	1,1	3,9	10,1	16,5	21,6	24,9	26,7	26,5	22,3	16,5	8,6	3,0
Győr	2,0	4,7	10,1	16,0	21,1	24,3	26,3	26,0	21,6	15,8	8,3	3,6
Iregszemcse	2,1	4,9	10,2	16,2	21,2	24,5	26,5	26,4	22,2	16,4	8,7	3,7
Kecskemét	1,6	4,7	10,4	16,6	21,7	25,3	27,3	27,0	22,6	16,7	8,7	3,4
Kompolt	0,8	3,7	9,7	16,2	21,2	24,6	26,8	26,4	22,0	15,7	7,6	2,6
Miskolc	0,4	3,5	9,8	16,4	21,4	24,6	26,5	26,2	21,8	15,5	7,3	2,0
Mosonmagy.	1,8	4,4	9,8	15,7	20,8	24,0	26,0	25,7	21,4	15,6	8,0	3,3
Nyíregyháza	0,4	3,2	9,5	16,3	21,5	24,7	26,6	26,1	21,8	15,7	7,8	2,3
Pécs	2,2	5,1	10,4	16,1	21,0	24,3	26,6	26,5	22,4	16,6	8,8	3,8
Szeged	2,0	4,9	10,9	17,0	22,1	25,6	27,6	27,4	23,4	17,4	9,4	3,9
Szolnok	1,5	4,6	10,5	16,7	21,8	25,4	27,5	27,1	22,9	16,8	8,8	3,3
Szombathely	1,9	4,6	9,9	15,5	20,3	23,4	25,6	25,3	21,1	15,3	8,0	3,2
Maximum	2,2	5,1	10,9	17,0	22,1	25,6	27,6	27,4	23,4	17,4	9,4	3,9
Átlag	1,5	4,4	10,2	16,3	21,4	24,7	26,7	26,5	22,2	16,2	8,4	3,2
Minimum	0,4	3,2	9,5	15,5	20,3	23,4	25,6	25,3	21,1	15,3	7,3	2,0

Az évi átlagos maximum hőmérséklet területi szórásának alakulása
1951-2000



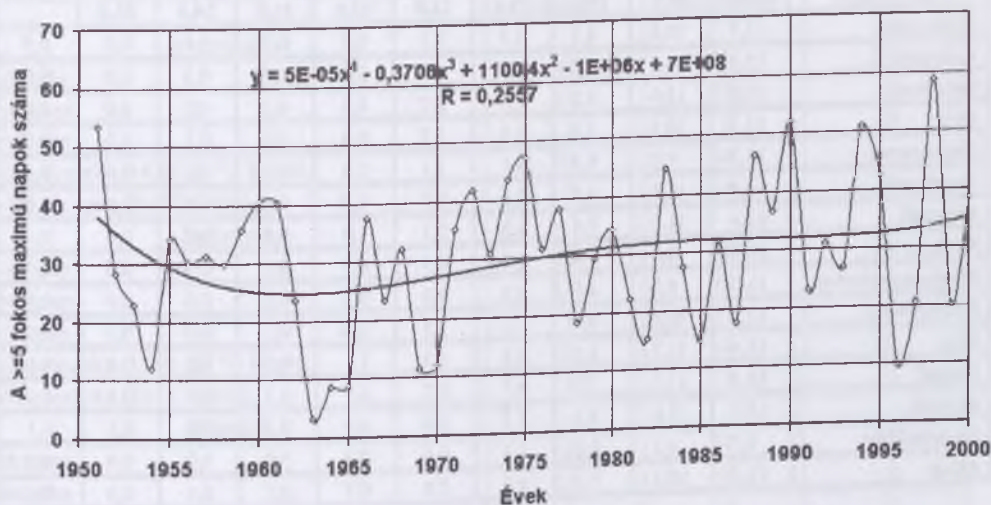
A havi átlagos maximumok területi változékonyságának évenkénti ingadozásai

Az 5 °C-os vagy annál magasabb maximumú napok száma (1951–2000)

	Maximum	Átlag	Minimum
Békéscsaba	64	32	5
Budapest	57	30	3
Debrecen	61	27	3
Győr	60	33	2
Iregszemcse	62	34	4
Kecskemét	63	32	3
Kompolt	60	24	4
Miskolc	51	21	1
Mosonmagyaróvár	57	31	3
Nyíregyháza	52	22	1
Pécs	68	35	4
Szeged	63	35	6
Szolnok	62	32	2
Szombathely	61	31	2
Ter. Átl.	59	30	3

4. ábra

Területi átlag
1951-2000



Téli időszak 5 °C feletti maximumú napjainak száma az 1951–2000-es időszakban

3. táblázat

A 25 °C-nál magasabb maximum hőmérséklet évi előfordulásának átlagos gyakorisága (1951–2000)

	25,1– 26,0	26,1– 27,0	27,1– 28,0	28,1– 29,0	29,1– 30,0	30,1– 31,0	31,1– 32,0	32,1– 33,0	33,1– 34,0	34,1– 35,0	>=35,0
Békéscsaba	13,6	13,4	12,3	10,5	9,2	8,2	5,5	3,7	2,9	1,2	1,6
Budapest	13,3	11,8	11,9	8,5	7,5	6,1	4,1	3,1	1,9	1,3	1,0
Debrecen	12,8	12,5	11,8	10,2	7,4	5,8	4,3	2,9	2,0	0,8	0,8
Győr	11,8	12,0	10,3	8,6	7,5	5,5	3,9	2,7	1,3	0,9	0,7
Iregszemcse	12,3	12,2	10,4	9,5	8,2	5,1	4,0	2,9	1,7	0,8	0,7
Kecskemét	13,4	13,0	12,1	10,6	8,4	6,3	5,0	3,6	2,4	1,3	1,4
Kompolt	12,2	12,1	11,1	9,3	7,4	5,6	4,0	2,8	1,9	1,1	0,7
Miskolc	13,1	12,9	10,7	9,7	7,2	5,2	4,1	2,9	1,4	0,8	0,6
Mosonmagyaróvár	11,7	11,9	9,7	8,1	7,3	4,8	3,7	2,2	1,3	0,4	0,5
Nyíregyháza	13,6	12,6	11,0	8,9	7,6	5,7	3,7	2,9	1,9	0,7	0,8
Pécs	12,6	13,2	11,2	9,4	7,6	5,5	4,3	2,5	1,7	0,7	0,9
Szeged	12,2	12,8	12,9	11,3	9,9	7,7	5,7	4,0	3,0	1,4	1,9
Szolnok	13,3	13,2	11,8	10,5	8,8	7,2	5,3	4,1	2,5	1,5	1,4
Szombathely	12,3	11,1	8,3	7,8	5,7	4,3	2,4	1,6	1,0	0,4	0,5
Átlag	12,7	12,5	11,1	9,5	7,8	5,9	4,3	3,0	1,9	1,0	1,0

4. táblázat

A 16 °C-nál melegebb éjszakák előfordulásának gyakorisága (1951–2000)

	16,1– 17,0	17,1– 18,0	18,1– 19,0	19,1– 20,0	20,1– 21,0	21,1– 22,0	22,1– 23,0	23,1– 24,0	24,1– 25,0	>=25,0
Békéscsaba	13,7	10,6	8,1	4,5	2,2	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0
Budapest	15,9	13,0	10,0	6,5	4,1	2,1	0,7	0,3	0,0	0,0
Debrecen	13,6	12,0	8,2	4,1	2,2	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0
Győr	13,3	10,3	7,8	4,5	1,9	0,8	0,4	0,1	0,0	0,0
Iregszemcse	13,5	9,0	6,1	3,1	1,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Kecskemét	14,4	12,4	9,3	5,5	2,7	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Kompolt	13,6	11,0	7,9	4,2	2,1	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0
Miskolc	10,8	8,0	4,4	1,8	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Mosonmagyaróvár	11,0	8,3	4,9	2,5	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Nyíregyháza	12,8	10,6	6,5	3,3	1,5	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0
Pécs	15,4	11,7	8,3	4,8	3,3	1,1	0,3	0,2	0,0	0,0
Szeged	13,4	11,6	7,7	4,3	2,3	0,7	0,3	0,1	0,0	0,0
Szolnok	14,7	12,0	8,8	5,2	2,8	0,9	0,3	0,0	0,1	0,1
Szombathely	9,7	6,3	3,0	1,3	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Átlag	13,3	10,5	7,2	4,0	2,0	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0

5. táblázat

Magas napi hőmérsékleti értékek évenkénti előfordulásának statisztikája
(1951–2000)

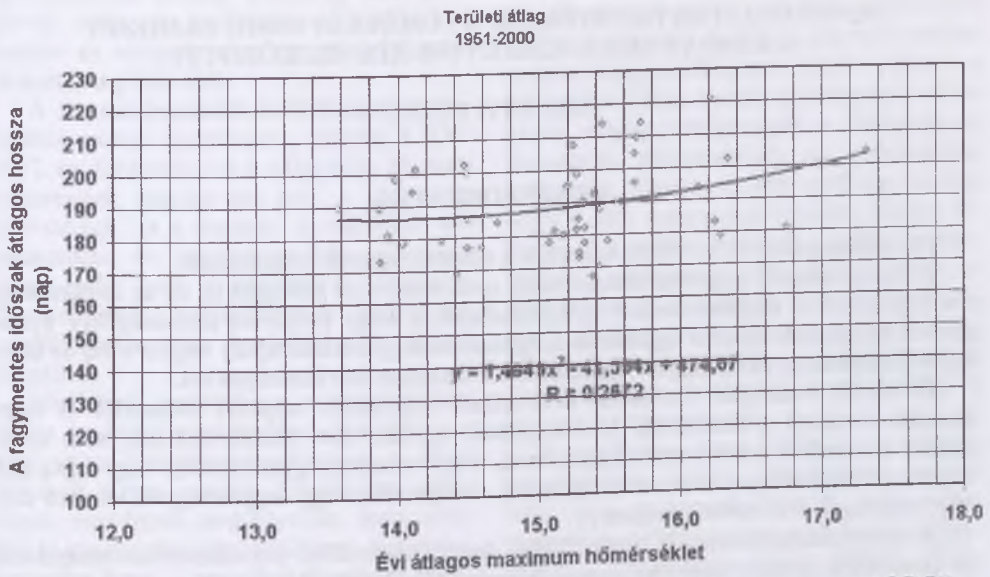
	Átlag	Maximum	Minimum
Iregszemcse			
Nyári nap	53	89	33
Hőségnap	14	35	2
Forró nap	1	6	0
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	19	48	1
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	0	4	0
Debrecen			
Nyári nap	57	88	36
Hőségnap	16	38	2
Forró nap	1	11	0
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	27	48	10
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	1	5	0
Szeged			
Nyári nap	61	91	41
Hőségnap	22	42	5
Forró nap	2	12	0
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	28	43	8
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	1	9	0
Pécs			
Nyári nap	55	85	34
Hőségnap	15	34	0
Forró nap	1	12	0
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	30	55	12
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	2	11	0
Szombathely			
Nyári nap	46	72	22
Hőségnap	10	29	0
Forró nap	1	9	0
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	13	29	1
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	0	1	0

6. táblázat

Magas napi hőmérsékleti értékek évtizedenkénti átlagos előfordulásának statisztikája
(1951–2000)

	1951–60	1961–70	1971–80	1981–90	1991–2000
Iregszemcse					
Nyári nap	54	51	51	52	60
Hőségnap	14	14	10	16	19
Forró nap	1	0	0	1	2
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	18	17	13	20	30
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	1	0	0	0	0
Debrecen					
Nyári nap	59	55	55	53	61
Hőségnap	16	16	11	18	22
Forró nap	1	0	0	0	2
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	28	23	22	24	37
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	1	1	0	0	2
Szeged					
Nyári nap	62	59	63	61	62
Hőségnap	20	22	16	25	27
Forró nap	2	1	0	2	4
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	32	28	23	24	31
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	2	1	0	1	2
Pécs					
Nyári nap	57	54	51	55	59
Hőségnap	16	13	10	16	20
Forró nap	2	0	0	1	1
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	29	30	26	31	36
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	2	1	2	2	5
Szombathely					
Nyári nap	44	43	41	48	52
Hőségnap	6	9	7	11	16
Forró nap	1	0	0	0	2
Meleg éjszaka (16 és 20 °C között)	10	9	9	16	19
Meleg éjszaka (20 °C fölött)	0	0	0	0	0

5. ábra



Összefüggés a területi átlagos maximum hőmérséklet és a fagymentes időszak hossza között

FENOLÓGIAI EXTREMITÁSOK GYÜMÖLCSTERMŐ FAJOKON A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN (VI-XIX. SZ. KÖZÖTT)

SURÁNYI DEZSŐ

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmányban öt kérdésre kerestük a választ, melyek az alábbiak:

(1) Ha az adatok elégtelen száma miatt csak tendencia jelleggel is, de az endemikus, s a legrégebben meghonosodott gyümölcsfajok a nagy időjárási szélsőségekre gyengébben reagálnak, mint a legkésőbb meghonosított gyümölcsfajok; vagyis a faj és ökológiai jelzőszámai összefüggést mutatnak a klimatikus körülményekkel.

(2) Másfél évezreden átívelően a fenofázis anomáliák naptári időpontja is kapcsolatba hozható a rendkívüli jelenségekkel, ugyanis sem január-február, sem szeptember-december között nem megszokott, hogy valamely gyümölcsfaj vagy fajta (pl. Vajalma, Muskotályos körte stb.) ilyenkor virágozzék, vagy hajtásrügyeit lombra cserélje, esetleg 2–3 termést érleljen.

(3) Mivel statisztikusan is bizonyítható, hogy épp lehűlési periódusokban magasabb az anomáliák gyakorisága, ha éppen felmelegedés kezdődik el, csak a nagyon száraz szakaszra lehet várni nagyszámú fenofázisbeli rendellenességet.

(4) Önmagában talán 308 adat a VI-XIX. sz. között nem tűnik soknak, ami azonban a leírt forrás keletkezés és a feldolgozások esetlegességével is kapcsolatban van, de talán épp a Kárpátok képezte védőláncolat pufferhatásának érvényesülését is igazolja, vagyis a nagy változások pusztító ereje feltételezések szerint a Kárpát-medencében mérséklődik.

(5) Nem tekinthető reménytelennek a tudománynak és a gyakorlati nemesítésnek az a feladata, hogy mivel még mindig nem vagyunk elkésve, mielőbb az igényekhez igazított tulajdonságokkal rendelkező fajták kerüljenek a természetbe, s e dinamikus szelekciós munka pedig többé nem hagyhatja figyelmen kívül a diverzitás gazdagításának növelését a kultúrvegetációban. E fajták azonban nem csupán a nagyon tetszetős piaci terményarculatot, hanem azok szárazság és betegség rezisztenciáját, valamint környezeti tűrőképességét a mainál sokkal jobban képviselik.

BEVEZETÉS

Réthy egy életen át tartó adatgyűjtő munkája, Szilágyi szorgossága olyan forrásanyagot adott kezünkbe, amelyet a mostani globális klímaproblémák idején indokolt vizsgálni, elemezni és esetlegesen belőle törvényszerűségeket levonni. Jelen tanulmány Kr. u. 542-től 1900-ig számtalan település, régió, sőt európai nagytérség vonatkozásában, összesen 308 forrásértékű adatot

dolgozott fel. A virágzásra mintegy fele arányban, a termésérés tekintetében 1/3-nál nagyobb arányban, s valamivel 10% feletti volt a lombosodásra kapott anomáliák gyakorisága.

A gyümölcsfajok kultúrevolúciós szintje és származási helye alapján három csoportba sorolt gyümölcsfélék, – a „gyümölcsfák” közé eső nagyszámú adat kérdéses taxonómiai hovatartozása miatt – nem különíthetők el. De a naptári hónapokat véve a télen

átnyúló virágzási események, a tavaszi gyümölcserés és akár szárazság, akár rendkívüli hideg a vegetációs időszakban, a hajtás- és virágrügyeket egyaránt felszabadíthatják a gátlás alól.

A legszembetűnőbb különbségek a szezonális sorban mutatkoztak, aminek a XV–XVI. sz. fordulója volt a választója. Mostani ismereteink szerint ez volt a „kis jégkorszaknak” is a kezdete. A mérsékelt övi endemikus és meghonosodott gyümölcsfajok pedig erre, a megszokott klimatikus folyamatoknál kedvezőtlenebb periódusra, szignifikánsan több fenológiai anomáliával reagáltak.

Mindebből a szerző azt a következtetést vont le, hogy a változóban lévő klíma – még itt a Kárpát-medencében is – miatt indokolt a ma annyira leminősített fenológiai események megfigyelése, mert ezekből jó prognózist lehet felállítani. Amennyiben nem korai a botanikus-fenológus megjegyzése: nagyon kevés anomáliával találkozunk az ültetvényekben, így legalább a kora Árpád-kornak megfelelő mértékű felmelegedés vár ránk...

1986-ban, a berni Nemzetközi Gazdaságtörténeti Kongresszuson egy új diszciplína, a történeti-ökológia alapjait rakták le neves történészek. Nem volt azonban minden előzmény nélkül, hiszen mintegy másfél évszázada bizonyos elemei már megjelentek a tudományban. Valójában olyan tudományág, amelynek vizsgálatait, megállapításait mind a humán, mind a reál tudományok igénylik és egyre inkább figyelembe is veszik (vö. *Rácz, 1989; R. Várkonyi, 1993*). Az ELTE-n előbb *Komoróczy és R. Várkonyi* – mindkét tanszéken *Surányival* együtt – magyar és ókori történettudományi források alapján foglalkoztak e roppant fontos kérdéssel, mégpedig történelmi panelek felhasználásával.

Az „AGRO-21” Füzetek legutolsó számaiban a globális éghajlati változásokkal foglalkoztak a szerzők (főleg a 37., 39. és 45. kötetben). A VAHAVA-programba illeszkedik jelen tanulmány is, amennyiben –

előzményeivel együtt – a histogrammái módszerrel a természettudományos kutatások, s a globális felmelegedés vizsgálati rendszerébe állítja. A történeti-ökológia alapvető kérdése nem az, hogy a környezet miként változik a történelem során, hanem a környezeti változások miként befolyásolják a történelmi és társadalmi folyamatokat; ez minőségbeli különbség. Viszont az sem mellékes kérdés, hogy a SIO (szupraindividuális) szinten lehetséges-e találni indikátor jellegű jelenségeket, amelyek a változások hatását az élővilágban is vizsgálják. Fenológiai jelenségek, a fajok vándorlása és kicserélődése, növény- és állatfajok életmódváltozása, fiziognómiájuk módosulása mind ebbe a vizsgálati körbe tartozik.

A tanulmány arra is példa, hogy a történeti-ökológia egyre nehezebben vándorolhat meg a szenzációkereső katasztrófátörténet és a földrajzi determinizmus bélyegével. A munkában *Réthly (1962, 1970, 1998–1999)* országos, és *Szilágyi (1993, 1999)* főleg Duna–Tisza közére vonatkozó, nagy jelentőségű időjárási adatgyűjtésének dokumentációját használtuk. Az igen korai és kései fenofázis események, ismétlődő virágzás, termésérés és újbóli lombosodás felettébb megragadta régen az emberek figyelmét, ezért a rendellenességeket leírták, főleg azokban az évszázadokban, amikor még a mai értelemben nem működtek rendszeres időjárási megfigyelő állomások. A növények életműködésében bekövetkező zavarokat elsődlegesen klimatikus tényezők (extrém hőmérsékleti és csapadékviszonyok, fényellátottság változások – vö. vulkánkitörések okozta, akár több hónapos elsötétéssel is!), gyors és pusztító természeti csapások (jégverés, vulkanikus kö- és hamuhullás, szélvihar) miatti lomb- és terméspusztulás követi. Részben-egészben új vegetációra készítették ezek a növényeket, mint egy katasztrófális kórokozó vagy kártevő okozta lombvesztés (vö. *Tóth – Surányi, 1980; Nyujtó – Surányi, 1981; Surányi, 2003, 2004*). A fák természetesen akár lombelőzően, akár lombkövetően is virágoznak.

Hazánkban főleg Rácz (1989, 1996, 1999, 2000a, 2000b, 2005) széles körű kutatásai alapján ismerhetők meg a klímaváltozások történeti korszakai, de annak következményei (pl. gabona- és borárok alakulása, emberi és állati járványok, éhínségek, nagy népességmozgások, valamint a természetes és mesterséges flóra és fauna sajátos változásai) még nagyon sok kutatási feladatot kínálnak. Ezek a dokumentumok annak dacára is fontosak, hogy a források esetlegessége területi és műveltségi diszlokáltságot tükröz, az egyes források fizikai biztonsága (tűz- és árvíz, háborúk) és esetlegessége, a levéltárak feltártságának mértéke, mind befolyásolja a hozzáférhetőségüket. Nyilvánvaló, hogy egy lecsontolt körtefa szoborrá alakítása, majd annak kivirágzása figyelmet keltett 1011-ben, Fraknóban, s ha 1225-ben a barackfák kivirágoztak Erdélyben, vagy hogy a kolozsvári kofák dohogtak az ikergyümölcsök tömegessége miatt (1604 őszén), könnyen lejegyzésre készítette a krónikásokat.

A következő kérdésekre kerestük a választ az elmúlt másfél évezred, számunkra elérhető adatai alapján:

1. Van-e taxonómiai összefüggés az időjárás rendellenességek és a szabálytalan fenológiai események között?

2. Kimutatható-e az évszázadok során a naptári sajátságok és extrém fenofázisok közötti kapcsolat?

3. Amennyiben az okok és az általuk kiváltott jelenségek bizonyíthatók, alkalmasak lehetnek-e a mostani globális klímaváltozás indikálására?

4. Van-e lehetőség a közismerten védett fekvésű Kárpát-medencében (vö. *Bulla – Mendöl, 1947*), ami a nagy klimatikus hatásokat pufferolja, a nagy változások igazolására, egyes gyümölcsfajok fenofázis rendellenességei alapján?

5. Amennyiben igaz, hogy az egykori tisztázatlan genetikai anyagú, gyümölcs-termő növények egyedeiből az emberek képesek voltak a megváltozott körülményekhez jobban illő fajtákat, módszereket és

termesztő körzeteket kiválasztani (vö. *Rapaics, 1940, 1943; Mándy, 1970; Roach, 1985; Surányi, 1985*), az nyilvánvalóan ma sincs másként. Van-e lehetőség ma a dinamikus szelekcióra, s a diverzitást szolgáló termesztői-tenyésztői útra lépni.

AZ ADATBÁZIS

Réthly (1962, 1970, 1998–1999) és *Szilágyi (1993, 1999)* anyagát használtuk bázisnak, de 1968 után, a ceglédi fajtagyűjteményi fenológiai megfigyelésekben is számos érdekes eseményt rögzítettek, a szokatlanul enyhe téllal, a hosszú és meleg ősszel kapcsolatban, vagy jégverés és több hónapos szárazság után. Az elmúlt évezred rendkívüli fenofázis adatai alapján már közreadtunk előzetes eredményeket (*Surányi, 2003, 2004*), de most a teljesség igényével lezárjuk és értékeljük azokat. A dokumentációban 50 település (de Budapest: Buda, Óbuda, Pest – négyféle módon alakultak az adatai) és 12, különféle jellegű közgazgatási és természeti régió szerepelt, melyek a dátumokkal együtt a következők:

Akli, *Klínovoje* (UKR): 1791.

Bereg vm.(UKR): 1797. nov.

Beszterce, *Bistrița* (RO): 1586. tele

Brassó, *Brasov* (RO) (2): 1420. ápr., 1424. dec.

Buda (3): 1791. febr. 7., 1846. okt. vége, 1846.

ősze

Budapest: 1893. nov. 28.

Dabas (4): 1821. febr., 1840. ősz, 1841. szept.,

1843. febr. 8.

D-DUNÁNTÚL: 1524. dec. 25.

Debrecen (2): 1768. márc. 12., 1794. szept.-okt.

DÉLVIDÉK (YU): 1890. jan.

Dohó, *Doh* (RO): 1893. nov.

Eger: 1794. okt.

Eperjes, *Presov* (SK) (2): 1718. aug., 1718. ősz

ERDÉLY (RO) (3): 1225. dec. 6., 1585. tele,

1597. nov. 17.

EURÓPA (3): 542., 1302. jan., 1425. jan. 6.

FELSŐ-MAGYARORSZÁG: 1722. okt.

Fraknó, *Forchtenau* (A): 1011. nyara

Gyöngyös (2): 1617. jan., 1839. dec.

Haraszt, *Chrasi nad Hornádcom* (SK): 1718. jún.

- Háromszék (RO): 1796. febr.
 Kalocsa: 1834. jan.
 Kapud, *Căpuđ* (RO): 1846. ősze
 Kecskemét (21): 1182. febr. 2., 1421. márc.,
 1617. jan., 1722. júl., 1759. febr., 1775.
 ősze, 1778. ápr. 24., 1778. máj. eleje,
 1788. márc., 1853. febr. 20., 1872. dec.
 vége, 1872. nov. 24., 1882. nov. 12.,
 1882. okt., 1885. ősze, 1886. nov. 1.,
 1886. nov. 16., 1886. okt. vége, 1890.
 szept., 1893. ősze, 1894. ősze
 Kémer, *Camăr* (RO): 1779. ősze
 Kenderes: 1796. febr.
 Késmárk, *Kežmarok* (SK): 1722. márc.
 Kismarton, *Eisenstadt* (A) (2): 1795. okt., 1796.
 febr.
 Kolozsvár, *Cluj-Napoca* (RO) (4): 1604. ősze,
 1707. febr., 1792. máj., 1870. dec. 25.
 Korpona, *Krupina* (SK): 1794. szept.
 KRAJNA (HR): 1187.
 Lippa, *Lipova* (RO): 1616. máj. 17.
 Máramarossziget, *Sighetu Marmajii* (RO): 1793.
 okt. 12.
 Mihálcfalva, *Boarta* (RO): 1639. máj. 17.
 Miskolc (6): 1788. febr., 1790. szept., 1794. nov.,
 1795. júl., 1795. szept., 1878. szept.
 Nagyenyed, *Aiud* (RO) (2): 1724. febr., 1788.
 márc. 29.
 Nagyszeben, *Sibiu* (RO): 1603. tele
 Nagyszentmiklós, *Sfinnicolau Mare* (RO): 1886.
 dec. 9.
 Nagyszombat, *Trnava* (SK) (2): 1750. ősze, 1775.
 ősze
 Nemcsény, *Nemčianyn* (SK): 1779. okt. 5.
 Óbuda (2): 1841. júl. 17., 1843. febr. 27.
 MAGYARORSZÁG (31): 1126. jan., 1182. febr.
 2., 1186. jan., 1288/89. dec.-jan., 1328.
 jan., 1420. márc., 1420., 1473. okt.,
 1494. jan., 1507. jan., 1529/30. tele,
 1538/39. tele, 1571. jan., 1586. ősze,
 1607. febr., 1607. jan., 1608. febr.,
 1610. nov., 1661. jan., 1718. aug. 5.,
 1722. tavasza, 1759. febr., 1778. márc.
 2., 1779. ősze, 1787. dec., 1788. ta-
 vaszelő, 1792. tele, 1793. febr. 21.,
 1796. febr., 1821. febr. 2., 1899. nov.
 Pánd: 1841. júl.
 Pest (4): 1791. febr. 7., 1822. nov., 1822. szept.,
 1841. szept.
 Pozsony, *Bratislava* (SK) (2): 1728. szept., 1788.
 febr.-márc.
 Rézbánya, *Nucet* (RO): 1825. dec.
 Ruszt, *Rust* (A): 1783. dec.
 Sárvár: 1550. szept. 24.
 Segesvár, *Sighișoara* (RO) (2): 1650. okt., 1652.
 aug.
 Selmecebánya, *B. Stianvica* (SK): 1791. nov.
 Sepsiszentgyörgy, *Sfintu Gheorge* (RO): 1887.
 jan.
 Sopron (17): 1420. máj. 15., 1426. dec. 6., 1494.
 jan., 1661. ősze, 1665. tele, 1680. ápr.
 29., 1689. eleje, 1713. febr., 1716. ősze,
 1718. júl. 17., 1718. júl., 1718. márc.,
 1718. ősze, 1772. ápr. 2., 1811. nov.
 11., 1818. ápr. 11., 1862. ápr. 3.
 Szabadszállás: 1792. okt. 18.
 Szalacs, *Sălacea* (RO): 1787. ősze
 Szatmár vm. (RO): 1797. okt. 28.
 Szatmárnémeti, *Satu Mare* (RO): 1788. jan.
 Szécsény: 1866. nov. 1.
 Szeged (2): 1836. febr., 1836. okt.
 Szepesség (SK): 1792. máj. 25.
 Szilágy (RO): 1779. ősze
 Tata: 1843. febr.
 Tokaj-Hegyalja: 1723. dec.
 Trencsén, *Trenčín* (SK) (2): 1822. febr., 1822.
 szept.
 Vajdahunyad, *Hunedoara* (RO): 1846. ősze
 Versec, *Vršac* (YU): 1833. ősze
 Völgyfalva, *Zillingtal* (A): 1796. jan.

Célszerűnek látszott a virágzási, termésérési és lombosodási anomáliák adatait közölni (1–2. táblázat), ugyanis ezek olykor olyannyira meglepők, hogy kétségeket támaszthatnának az olvasókban. A forrásokban használt kifejezéseket, a nyelvi stíluson túli sajátosságokat megtartva, nem könnyen ugyan, de interpretációk nélkül foglaltuk táblázatokba az adatokat. Meghagytuk a taxonómialag értelmezhetetlen „gyümölcsfák” kifejezést, amit a táblázatban rövidebben „fák”-nak írtunk le. Hasonlóan nem lehetett eldönteni, hogy a barack név alatt milyen fajra is gondolhatott a krónikás, mert ha a nyelvtörténeti emlékekre alapozzuk a sejtésünket, tengeribarackról van szó. Szintén a források megbecsülése okán, ha 2–3-szori virágzás után hasonló, ismételt gyümölcsérés is feltételezhető, feltevésekre nem hagyatkoztunk a termésképződés dolgában, kivételnek számít, ha a forrás erre konkrétan

utalt. Semmiképpen sem tartottuk helyesnek mai biológiai ismereteink alapján kiegészíteni az adatokat, így interpolációval sem éltünk.

A 3. táblázat 308 adat taxonómiai jellegét tekintve, s az emberi figyelem sajátosságai szerint főleg a virágzás szokatlan időpontjára figyel(het)tek fel az emberek, olykor ezekben jeleket véltek találni. Viszont a XIX. század derekától a mérhető meteorológiai adatok megfigyelése és regisztrációja lett jellemző, ezért a fenofázis rendellenességeket egyre ritkábban találjuk meg a korabeli forrásokban, ami előfordulásukat nem zárja azért ki. Mint látható, az adatok több mint a fele virágzásra, természetesen fákra, s nem cserjékre és a szamócára vonatkozik, de az adatok több mint harmadát az éresi adatok képviselik, a lombosodási rendellenességek aránya pedig 10% alatt maradt. Az esetszámoknál mindig számításba veendő, hogy a megfigyelő személyek felkészültsége, érdeklődése, tárgyi ismerete nagyban befolyásolta, hogy mi került feljegyzésre.

Az endemikus, honosított, vagy átmeneti jellegűnek tartott fajok körében nincs szignifikáns különbség az egyes csoportok fenofázis rendellenességeinek gyakorisága között; de a kultúrevolúciós csoportok virágzási adatainak átlaga sem igazolt szignifikanciát. Másfél évezred sporadikus adataiból a látszik, hogy a korábbi virágzás mindig január-február hónapokra vonatkozik, bizonyára azért is, mert a későbbiekben a lombos fák virágzása – annak volta és tömegessége – kevésbé számíthatott figyelemfelkeltőnek. A későbbi virágzási esetek aránya csekély, viszont igen magas az ismételten virágzó fajok, fajták s egyedek aránya. A 4. táblázat szerint így az őszi hónapok meglepően magas extrém virágzási adatai is szembetűnőek.

Február-március hónapok – az Árpád-kori melegebb periódus következtében – az éresi időpont miatt is érdekesek, akárcsak a szeptember-december közti időszak (55%); viszont voltak rendellenességtől mentes időszakok is. Összességében a rendellenes

virágzási adatok száma nagyobb volt, mint a termésérés alapján (5. táblázat), a gyümölcs-termesztés alapvető törekvése miatt azonban a termésérés adatokat tekintjük lényegesnek. Íme néhány érdekes adalék a gyűjtésből. Kolozsvár, 1604. ősze: „...soha ember annyi kettős gyümölcsöt nem látott, mint az esztendőben az fákon termett öszve, mind szilva, alma, és minden egyéb gyümölcs, úgyannya, hogy egy jól termett fárúl egy véka almát leszettenek, mely öszveragadva volt, szilvában és körtvényben azonképen.” Majdnem kétszáz évvel később egy kis falu, Akli csodálatos almafáját említi az egyik forrás (1791): „Ugyan-is az ott lévő Áronnak almája háromszor virágzott és termett, – első terhével ugyan 6, a másodikkal 12 és a harmadikkal számtalan még pedig mindannyiszor megért és ehető gyümölcsöket. Én magától az Isten emberétől hallottam.” Viszont Pesten, 1822 novemberében, a híres Vörösmarthy prédikátor udvarában az eperfa másodsorra termett, sőt Szécsényben Mindenszentek táján második termést kínáltak almából.

1988. június 8-án, Jászkarajenőn mindent letarolt a jégverés, de e csapás képes volt egy újabb tavaszi vegetációt elindítani. Akkor, az említett községben a gyümölcsfák is újra virágoztak augusztus-szeptember folyamán, de a kötődött gyümölcsök már nem tudták kompenzálni a kiesést. Viszont a kedvező időben, az augusztus eleji szőlővirágzásból fejlődött billing fürtöket fel tudták használni. Szadán, a hosszú meleg és száraz időjárás következtében, 1981. szeptember 22-én a Parker pepin fákról származó, ún. sarjúgyümölcsök fogyaszthatók is voltak.

A lombosodási anomáliák ugyancsak figyelmet érdemelnek, hiszen sokszor a fagytól leállt és így befejezetlen vegetáció legyöngíti a fákat, vagy esetleg egy második növedék levelei kedvező őszei időben a fákon maradhatnak, ami ugyancsak fiziológiai zavart okoz. A 6. táblázat szerint az őszi és a téli időszakban bekövetkező anomáliák száma csak némileg különbözik,

aminek okát a sokféle fajra vonatkozó adat kiegyenlítő szerepében látjuk.

A fenofázis anomáliák földrajzi helynek tekintett eseményszámában a XVI. század kezdetéig, s a XIX. sz. végéig tartó periódus markánsan különbözik mindhárom fenofázis tekintetében. Ezt ilyen határozottan azért nem minősíthetjük a két periódus határának, mert lehet, hogy az emberek netán figyelme-sebbek voltak, mint az előtte való századokban, az írásbeliség nem volt olyan széles körű stb., s talán kevesebbet is foglalkoztak a gyümölcsstermő növényekkel (7. táblázat). Viszont a rendkívüli események szaporodása épp arra a korszakra lett jellemző, amikor a monostorokon kívül oktatási intézményekben, közigazgatási központokban és meteorológiai obszervatóriumokban egyre gyakrabban mérték a hőmérsékletet, a csapadékmennyiséget, megfigyelték a felhőzet sajátosságait, a napsütéses órák számát, valamint a levegő páratartalmát vizsgálták. A talajt érintő meteorológiai adatok gyűjtését is elkezdték, mivel a mezőgazdasági termelés gyors fejlődése indokolta azt.

Amennyiben a fajok (és fajták) szerinti súlyozott adatszámával végzünk hasonló számításokat, csak látszólag lesznek különbözők az arányok, a matematikai biztonság hasonló különbséget adott a két csoport közti összehasonlításban (8. táblázat). A XVIII. sz.-beli magas anomália gyakoriság arra enged következtetni, hogy mivel abban az évszázadban nem történt alapvető fajtaváltás a gyümölcsstermesztésben, az okok csak klimatikus tényezőkben keresendők.

A XVI. sz.-ig tartó meleg periódus, majd az azt követő hideg korszak – amit „kis jégkorszak”-nak is neveznek (Rácz, 1995, 1999, 2005) – virágzási, termésérési és lombosodási adatainak átlaga legalább 1%-os szinten szignifikáns eltérést mutat. Ebből viszont az következik, hogy az adatgyűjtés körébe vont, szinte kizárólag fás termetű endemikus, meghonosított és átmeneti jellegű fajok és fajták reagálása e nagy klímaperiódus-változásra értelmezhető és magyarázható, azaz a változásokat nemcsak model-

lezni, hanem bekövetkeztüket prognosztizálni is lehet – egy hasonló időszakban, mint ami valószínűleg vár ránk. A lombosodási rendellenességeket nem számítva, a két csoport között 7–9-szeres az átlagos különbség a hideg periódus javára.

A magyarázat a genotípus és a fenotípusos jelleg kapcsolatában keresendő. Évezredek során, pontosabban a neolitikum után olyan környezeti tényezők s körülmények uralkodtak a Kárpát-medencében, amelyek a gyümölcsstermő növények életfeltételeit – bár kisebb-nagyobb hőmérsékleti hullámzások valóban voltak (+3 és –3 °C tartományban) –, a biztonságosan természetfajok körét alapvetően meghatározták (Rapaics, 1940, 1943; Mándy, 1970; Surányi, 1985). A jellegzetes flóra és fauna erre vonatkozóan ugyancsak további „biztosítékot” szolgáltat. Viszont a mérsékelt övi fás növényeknek a Kárpát-medencében meghatározott életritmusa alakult ki, s a felmelegedési periódus első felében a gyümölcsstermő növények, kellő csapadék mellett, elég jól elviselték a változásokat. A száraz időszak ennél sokkal kritikusabb szerepet tölthet be.

Ennek eredménye lett, hogy fenológiai anomáliák kevésbé jelentkeznek felmelegedési szakaszokban. Ugyanakkor ha erősödő lehülési periódus következik be, nagyon sokáig a szélsőséges hőmérsékleti és évszaki sajátosságok a jellemzők. Viszont ezt kevésbé jól tűrik a növények, illetve ahol léteznek a természetes vegetációban relatíve melegebb vagy hidegebb részek, sajátos refúgiumok alakulnak ki, ott jobban elviselik, mint esetleg egy agrártájban. De az évelő fajok így számtalan furcsa fenológiai anomáliával reagálhatnak a „megszokott” környezeti állapottól eltérő körülményekre. A kis jégkorszaknak nevezett periódusban a megnövekedett fenofázis zavarok számát ezzel magyarázzuk.

Rácz (2000b) egy korábbi gondolata ide illik, és egyet is tudunk érteni vele: „A jelenkori felmelegedés veszélyességét növeli, előre jelezhetőségét pedig nehezíti, hogy létrejöttében eddig mind az öntörvényű ter-

mészeti-környezeti folyamatoknak, mind pedig az ember ipari tevékenységének szerepe volt, ráadásul a két »szereplő« által előidézett hatások egymást erősítik. Feltételezésem szerint az utóbbi kétezer év évszázados léptékű éghajlati változásait számba véve megkockáztatható, hogy a jelenkori felmelegedés természeti-környezeti okokra visszavezethető folyamata várhatóan 300–600 évig tart (amiből közel 140 év már eltelt), hiszen a »római optimumtól« a »kis jégkorszakig« az utóbbi két évezred klímaváltozásai egyaránt ilyen időhatárok között váltották egymást, a jelenkori felmelegedés illeszkedik a hosszú távú éghajlati ciklusok sorába. Ám jelenlegi ismereteink szerint nem lehet pontosan felmérni és prognosztizálni a klímaváltozás forgatókönyvét meghatározó környezeti és az antropogén folyamatok kölcsönhatásait.»

Hajdu (2000) a környezet „használatának” s átalakításának öt korszakát különböztette meg. A Kr.e. 6. évezredtől Kr.e. II. századig, vagyis a kelták beözönléséig tartott a természet-elcsávázás. A természeti erőforrás-gazdálkodás korszaka a késő népvándorlás korában zárult le (Kr.u. VIII. sz.-ig), ami a pannóniai római kort is magába foglalta. A harmadik korszak a kora Árpád-kortól a török kiűzéséig tartott, majd a betelepítések és a gazdaság újjászervezése után elindult a nagy térségek kultúrtájja alakítása. Mára a korrekciós természetföldrajzi környezetváltozás jellemző, s épp ez a korszak amiatt kritikus, mert a bioszféra világszerte „túlterhelt”, s visszafordíthatatlan folyamatok kezdődhetnek vagy kezdődtek is el. A fenológiai indikátorok alkalmazása egy példa, s lehetséges eszköz, amely a környezeti állapot átalakulásának valószínűsíthető következményeit dokumentálta.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BULLA B. – MENDÖL T. (1947): A Kárpát-medence földrajza. Orsz. Köznev. Tan., Budapest (2) HAJDÚ Z. (2000): A természetátalakítás történeti szakaszai az Alföldön. In: Frisnyák S. (szerk.): Az Alföld történeti földrajza. Nyíregyháza 35–42. pp. (3) KAYS, D. (2000): Catastrophe. Random House Group Ltd., London (4) MANDY GY. (1970): Hogyan jöttek létre kultúrnövényeink? Mezőgazd. Kiadó, Budapest (5) NYUTRÓ F. – SURÁNYI D. (1981): Kajszi. Mezőgazd. Kiadó, Budapest (6) RÁCZ L. (1989): Éghajlatingadozások a Kárpát-medencében 1540–1779 között. Egy történeti ökológiai modell alapvonalai. Doktori értekezés, kézirat, JATE, Szeged (7) RÁCZ L. (1995): A Kárpát-medence éghajlat-története a kora újkor elején. Tört. Szemle 129: 487–508. pp. (8) RÁCZ L. (1996): A Kárpát-medence történeti ökológiája a kora újkor idején. In: Frisnyák S. (szerk.): A Kárpát-medence történeti földrajza. Nyíregyháza, 31–48. pp. (9) RÁCZ L. (1999): Magyarország éghajlattörténete a 16. századtól napjainkig. Magyar Tud. 44: (9): 1127–1139. pp. (10) RÁCZ L. (2000a): A Kárpát-medence éghajlatának hosszú távú változásai a 16. századtól napjainkig. In: Frisnyák S. (szerk.): Az Alföld történeti földrajza. Nyíregyháza, 25–34. pp. (11) RÁCZ L. (2000b): Éghajlatváltozások a Kárpát-medencében. In: R. Várkonyi Á. (szerk.): Táj és történelem. Osiris Kiadó, Budapest, 287–304. pp. (12) RÁCZ L. (2005): A „kis jégkorszak” telei Magyarországon 14–19. század. História 37 (10): 3–7. pp. (13) RAPAICS R. (1940): Magyar gyümölcs. KMTT, Budapest (14) RAPAICS R. (1943): Termesztett növényeink eredete. Magyar Szemle Társaság, Budapest (15) RÉTHLY A. (1962): Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig. I. Akadémiai Kiadó, Budapest (16) RÉTHLY A. (1970): Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1701–1800-ig. II. Akadémiai Kiadó, Budapest (17) RÉTHLY A. (1998–1999): Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1801–1900-ig. III/1–2. köt. OMSZ, Budapest (18) ROACH, F. A. (1985): Cultivated fruits of Britain. Their origin and history. B. Blackwell Publ. Ltd., Oxford.–New York (19) R. VÁRKONYI Á. (1989): Pelikán fiaival. Liget Műhely, Budapest (20) R. VÁRKONYI Á. (1993): Történeti ökológia és a művelődés története. In: R. Várkonyi Á. – Kósa L. (szerk.): Európa híres kertjében. Orpheusz Kiadó, Budapest, 258–282. pp. (21) SURÁNYI D. (1985): Kerti növények regénye. Mezőgazd. Kiadó, Budapest (22) SURÁNYI D. (2003): A gyümölcsfák rend-

ellenes virágzásáról a Kárpát-medencében (példák az elmúlt évezredből). III. Kárpát-medencei Biol. Szimp. (Bp.) 79–92. pp. (23) SURÁNYI D. (2004): Fenológiai és teratológiai rendellenességek szekuláris trendjei gyümölcsfákon a Kárpát-medence elmúlt ezer évében. Regionális klíma konferencia, Cegléd, 2004. nov. 11. (24) SZÁNTÓ R. (2005): Természeti katasztrófák és éhínség 1315–1317-ben. Világtörténet Tavasz/Nyár: 50–63. pp. (25) SZILÁGYI T. (1993): Szélsőségek Kecskemét időjárásában. Levéltári Füz. 10. Kecskemét (26) SZILÁGYI T. (1999): Időjárási események Kecskeméten a XVII–XIX. században. Kecskeméti Füz., Kecskemét (27) TÓTH E. – SURÁNYI D. (1980): Szilva. Mezőgazd. Kiadó, Budapest.

1. táblázat

Rendkívüli időpontban és ismételten jelentkező virágzási és termésérési adatok gyümölcsfajoknál (VI–XIX. sz.)

TELEPÜLÉS	DATUM	VIRÁGZÁSI ADATOK	TERMÉSÉRÉSI ADATOK	
EURÓPA	542.		fák és szőlő (2x !)	R I/27.
Fraknó	1011. nyara	Szüzanya körtefa szobra kivirágzott!		R I/30.
ORSZÁG	1126. jan.	fák	cseresznye (ápr.), szőlő (aug.)	R I/33.
Kecskemét	1182. febr. 2.		alma: diónyi gyümölcsök a fákon (!)	R IIIb/1195.
ORSZÁG	1182. febr. 2.		fák	R I/35.
ORSZÁG	1186. jan.	fák	fák (febr.), szőlő (aug.)	R I/35.
KRAJNA	1187.		fák (későn), szőlő (dec.)	R I/35.
ERDÉLY	1225. dec. 6.	barack		R I/36.
ORSZÁG	1288/89. dec.-jan.	fák és szőlő (ápr.)	eper (febr.)	R I/40.
EUROPA	1302. jan.	fák	fák (igen korán)	R I/40.
ORSZÁG	1328. jan	fák; szőlő (ápr. eleje)		R I/41.
ORSZÁG	1420. márc.	fák (2x), szőlő (ápr.)	(2x): első cseresznye (ápr. 25.), szőlő (máj.)	R I/47.
ORSZÁG	1420. ápr. 25.	fák (2x)	cseresznye (ápr.), szőlő (máj.)	R I/47.
Brassó	1420. ápr.		eper, cseresznye; szőlő (máj.)	R I/47.
Sopron	1420. máj. 15.	fák és szőlő (2x)	fák (2x), szőlő (2. termés: gyenge)	R I/47.
Kecskemét	1421. márc.		cseresznye (ápr.), szőlő (máj.)	R IIIb/1196.
Brassó	1424. dec.	fák		R I/47.
EURÓPA	1425. jan. 6.	fák		R IIIb/1196.
Sopron	1426. dec. 6.	fák		R I/47.
ORSZÁG	1473. okt.	fák (okt.: 2x!)	cseresznye (okt.: 2x!)	R I/53.
Sopron	1494. jan.	fák		R I/57.
ORSZÁG	1494. jan.	cseresznye		R I/57.
ORSZÁG	1507. jan.	cseresznye		R I/59.
DÉL-DUNÁNTÚL	1524. dec. 25	fák		R I/63.
ORSZÁG	1529/30. tele	fák		R I/66.
ORSZÁG	1538/39. tele	fák		R I/70.
Sárvár	1550. szept. 24.		barack	R I/77.
ORSZÁG	1571. jan.	fák		R I/91.
ERDÉLY	1585. tele	fák („alkalmatlan időben”)		R I/99.
ORSZÁG	1586. ősze	fák (2x)		R I/100.
Beszterce	1586. tele	fák	fák (nincs belőle termés)	R I/99.
ERDÉLY	1597. nov. 17.		szőlő	R I/108.
Nagyszében	1603. tele		borbolya (csak ez termett!)	R I/120.

1. táblázat folytatása

TELEPÜLES	DATUM	VIRAGZASI ADATOK	TERMESERESI ADATOK	
Kolozsvár	1604. ősze		ikergyümölcs (!) szilva, alma, körte	R I/121.
ORSZÁG	1607. jan.	fák		Sz II/21.
ORSZÁG	1607. febr.	fák (kései virágzásúak is)		R I/124.
ORSZÁG	1608. febr.	fák	fák (2. termés!)	Sz I/10.
ORSZÁG	1610. nov.		cseresznye (nov.)	R I/128.
Lippa	1616. máj. 17.		cseresznye	R I/135.
Gyöngyös	1617. jan.	fák		R I/136.
Kecskemét	1617. jan.	fák		R I/136.
Mihálcfalva	1639. máj. 17.		cseresznye	R I/160.
Segesvár	1650. okt.	fák		R I/179.
Segesvár	1652. aug.		cseresznye és eper! (nagyon későn)	R I/180.
ORSZÁG	1661. jan.	fák		R I/191.
Sopron	1661. ősze	fák (újból)	szőlő (billing)	R I/192.
Sopron	1665. tele	fák (szórványosan)		R I/194.
Sopron	1680. ápr. 29.		eper	R I/222.
Sopron	1689. eleje	fák, szőlő (igen korán)		R I/222.
Kolozsvár	1707. febr.	fák		R II/39.
Sopron	1713. febr.	fák, szőlő (ápr.)	fák és szőlő (nincs termés)	R II/59.
Sopron	1716. ősze		fák (nagyon későn)	R II/66.
Sopron	1718. márc.	szőlő	eper, cseresznye	R II/78.
Haraszt	1718. jún.	alma és körte (később)		R II/75.
Sopron	1718. júl. 17.		szőlő	R II/73.
Sopron	1718. júl.		fák (igen korai)	R II/78.
ORSZÁG	1718. aug. 15.		szőlő (késeitek)	R II/75.
Eperjes	1718. aug.	fák (2x)		R II/74.
Eperjes	1718. ősze		őszi és téli almafajták (korai)	R II/74.
Sopron	1718. ősze		szőlő (mazsola)	R II/77.
Késmárk	1722. márc.	fák		R II/74.
ORSZÁG	1722. tavasza	fák (igen nagy, meddő virágok!)		R IIIb/1235.
Kecskemét	1722. júl.		szőlő (aszú!)	Sz II/29.
FELSO-M.ORSZÁG	1722. okt.		szőlő (aszús)	R II/97.
Tokaj-Hegyalja	1723. dec.		szőlő	R II/101.
Nagyenyed	1724. febr.	fák		R II/102.
Pozsony	1728. szept.	dió (2x)	dió (kis diók 2. termésként)	R II/130.
Nagyszombat	1750. ősze	fák (2x)		R II/185.
Kecskemét	1759. febr.	fák		Sz I/13.
ORSZÁG	1759. febr.	szilva		R II/197.
Debrecen	1768. márc. 12.		cseresznye	R II/227.
Sopron	1772. ápr. 2.		szőlő (bogyók!)	R II/233.
Kecskemét	1775. ősze		'Szentiványi' alma (jégvert, 2x)	Sz II/38.
Nagyszombat	1775. ősze	fák (2x)		R II/243.
ORSZÁG	1778. márc. 2.		sokfelé cseresznyefajta	R II/250.
Kecskemét	1778. ápr. 24.		cseresznye	Sz I/13.
Kecskemét	1778. máj. eleje		cseresznye	Sz II/38.
Kémer	1779. ősze	fák, főleg szilva	fák (3x: Somlyai-hegy!)	R II/260.
Szilágy	1779. ősze	alma (3x: : Somlyai-hegy)	fák (2x), szilva (3x)	R II/260.

1. táblázat folytatása

TELEPÜLES	DÁTUM	VIRÁGZÁSI ADATOK	TERMÉSERÉSI ADATOK	
ORSZÁG	1779. ősze		szilva (2x)	R II/259.
Nemcsény	1779. okt. 5.		szilva (2x)	R II/259.
Ruszt	1783. dec.		szőlő (későn!)	R II/308.
Szalacs	1787. őszi	fák (2x)	fák (2x)	R II/347.
ORSZÁG	1787. dec.	fák		Sz I/14.
Szatmárnémeti	1788. jan.	szilva		R II/351.
Miskolc	1788. febr.	barack	szőlő	R II/352.
Pozsony	1788. febr.-márc.	mandula, barack, szőlő		R IIIb/1243.
ORSZÁG	1788. tavasz-elő	fák		Sz I/14.
Nagyenyed	1788. márc. 29.	tengeribarack (szőlőkben!)		R II/352.
Kecskemét	1788. márc.		mandula, barack, szőlő	R II/352.
Miskolc	1790. szept.	meggy (többször)		R II/372.
Buda	1791. febr. 7.	bodza, körte	körte	R II/378.
Pest	1791. febr. 7.	bodza, körte	körte	R II/378.
Akli	1791. őszi	Áron almája (3x)	alma (2x)	R II/386.
Selmecbánya	1791. nov.	fák		R II/386.
Szepesség	1792. máj. 25.	fák (2x)		R IIb/1245.
Kolozsvár	1792. máj.	fák (2x)		R II/392.
Szabadszállás	1792. okt. 18.		fák (2. termés: diónyi gyümölcsök)	R II/434.
ORSZÁG	1792. tele	bodza, eperfa		R II/388.
ORSZÁG	1793. febr. 21.	fák (nagy méhjárás)		R II/403.
Máramaros-sziget	1793. okt. 12.		alma és meggy (2x)	R II/409.
Korpona	1794. szept.	szilva, őszi- és sárgabarack (hernyók!)	szilva, őszi- és sárgabarack (2. termés nincs)	R II/411.
Debrecen	1794. szept.-okt.	meggy		R II/417.
Eger	1794. okt.		cseresznye, szőlő (júl.)	R II/418.
Miskolc	1794. nov.		fák (2. termés)	R II/417.
Miskolc	1795. júl.	nemes szilva a fajták (2x)		R II/432.
Miskolc	1795. szept.	cseresznye (2x)		R II/432.
Kismarton	1795. okt.	alma	alma (jan.)	R II/434.
Kenderes	1796. febr.	som, mandula és barack		R II/434.
Kismarton	1796. febr.	som, mandula és barack		R II/434.
Háromszék	1796. febr.	fák		R II/434.
ORSZÁG	1796. febr.	som, mandula, barack		R II/433.
Völgyfalva	1796/97. okt.-nov.	téli alma (okt. is)	téli alma (okt.: 2. termés), (jan.)	R II/434.
Szatmár vm.	1797. okt. 28.	fák (újra)	alma	R II/441.
Bereg vm.	1797. nov.	alma (2x)	alma (2x)	R II/442.
Sopron	1811. nov. 11.	fák (dec.), szőlő (újból)	szőlő (újból)	R IIa/90.
Sopron	1818. ápr. 11.		fák (korai!)	R IIIa/197.
ORSZÁG	1821. febr. 2.	barack és mandula		R IIIb/1223.
Dabas	1821. febr.	mandula és barack		R IIIb/1225.
Trencsén	1822. febr.	alma, körte és cseresznye		R IIIb/1213.
Pest	1822. szept.		eper (2. termés)	R IIIb/1213.
Trencsén	1822. szept.	cseresznye, alma, körte (2. virágzás)		R IIIb/1213.
Pest	1822. nov.	dió	eperfa (2. termés)	R IIIa/232.

1. táblázat folytatása

TELEPÜLES	DATUM	VIRÁGZÁSI ADATOK	TERMESERESI ADATOK	
Rézbánya	1825. dec.	fák (újból)		R IIIa/257.
Versec	1833. ősze	fák (rendkívüli)		R IIIa/345.
Kalocsa	1834. jan.	mandula, barack		R IIIa/336.
Szeged	1836. febr.	alma, barack (kései érésű)	alma, barack (kései érésű)	R IIIa/372.
Szeged	1836. okt.	alma, barack és egyéb fajok	alma, barack és egyéb fajok	R IIIa/362.
Gyöngyös	1839. dec.	fák		R IIIa/416.
Dabas	1840. ősze	őszi-és kajsziabarack, man-		R IIIb/1229.
Óbuda	1841. júl. 17.		szőlő	R IIIb/1295.
Pánd	1841. júl.		alma (megsült a fán)	R IIIa/429.
Dabas	1841. szept.	fák (újból)	alma (diónyiak)	R IIIb/686.
Pest	1841. szept.		eperfa (2x)	R IIIb/685.
Dabas	1843. febr. 8.	barack, mandula		R IIIa/416.
Óbuda	1843. febr. 27.	mandula, szőlő		R IIIa/445.
Tata	1843. febr.	fák		R IIIa/440.
Buda	1846. ősze		málna és cseresznye (2x)	R IIIa/465.
Kapud (Maros)	1846. ősze		'Édes alma' (2. termés)	R IIIa/465.
Vajdahunyad	1846. ősze	fák (2x)	alma, málna és eper (2. termés)	R IIIa/465.
Buda	1846. okt.		cseresznye és eper (2. termés)	R IIIa/465.
Kecskemét	1853. febr. 20.	cseresznye, őszi- és kajszi-		Sz II/174.
Sopron	1862. ápr. 3.		szőlő (fejlett bogyók)	R IIIa/506.
Szécsény	1866. nov. 1.	alma (2x)	alma (2. termés)	R IIIa/524.
Kolozsvár	1870. dec. 25.	fák		R IIIa/534.
Kecskemét	1872. nov. 24.		Vajalma, Török Bálint és Selymes alma (2x)	Sz II/256.
Kecskemét	1872. dec. vége	fák		Sz II/256.
Miskolc	1878. szept.	almafák (újból)		R IIIa/548.
Kecskemét	1882. okt.	körte (2x)		Sz II/293.
Kecskemét	1882. nov. 12.		'Muskotályos körte' (újból)	Sz II/293.
Kecskemét	1885. ősze	fák („város körül”)		Sz II/299.
Kecskemét	1886. okt.	'Vajalma' (új: aug. 10.)	'Vajalma' (újból)	Sz II/301.
Kecskemét	1886. nov. 1.		alma (2. termés)	Sz II/302.
Kecskemét	1886. nov. 16.	meggy (újból)		Sz II/301.
Nagyszentmiklós	1886. dec. 9.	alma (ágak a szőlőhegyről)		R IIIa/556.
Sepsiszentgyörgy	1887. jan.	alma		Sz II/309.
DÉLVIDEK	1890. jan.	mandula		Sz II/309.
Kecskemét	1890. szept.	naspolya és más fák (újból)		Sz II/309.
Kecskemét	1893. ősze	meggy és más fák (újból)		Sz II/324.
Budapest	1893. nov. 28.	almafa (3x)	alma (3. termés megfagyott)	R IIIa/567.
Dohó	1893. nov.	som (újból)		R IIIa/567.
Kecskemét	1894. ősze	alma, és körte és szőlő (újra)		Sz II/329.
ORSZÁG	1899. nov.	cseresznye, szőlő	cseresznye és szőlő (2x) + 2. termés)	Sz II/379.

Forrás: Réthly A. 1962. Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig. I. köt. Akadémiai Kiadó, Bp. = R I/; Réthly A. 1970. Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1701-1800-ig. II. köt. Akadémiai Kiadó, Bp. = R II/; Réthly A. 1998-1999. Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1801-1900-ig. III/1-2. köt. OMSZ, Bp. = R IIIa-IIIb/; Szilágyi T. 1993. Szélsőségek Kecskemét időjárásában. Levéltári Füz. 10. (Kecskemét). = Sz I/; Szilágyi T. 1999. Időjárás események Kecskeméten a XVII-XIX. században. Kecskeméti Füz. (Kecskemét) = Sz II/

Megjegyzés: 1. fák = gyümölcsfák; 2. eper (gyűjtött és termesztett *Fragaria*)

2. táblázat

A normális vegetációtól eltérő lombosodási jelenségek (XVI–XIX. sz.)

TELEPÜLÉS	DÁTUM	LOMBOSODÁSI ADATOK	
ORSZÁG	1571. jan.	fák	R I/91.
Kolozsvár	1604. ősze	alma, körte és szilva	R I/121.
ORSZÁG	1606. tele	fák (későn fakadók is)	R I/191.
Segesvár	1651. okt.	fák	R I/179.
ORSZÁG	1660. jan.	fák	R I/191.
Sopron	1661. ősze	fák (újból)	R I/192.
Sopron	1665. tele	fák (szórványosan)	R I/194.
Kecskemét	1759. febr.	fák	Sz I/13.
Kecskemét	1775. nyara	'Szentiványi alma' (jégverés után)	R II/38.
Kémer	1779. ősze	szilva (Somlyai-hegy)	R II/260.
Szilágy	1779. ősze	fák	R II/260.
Szatmárnémeti	1788. jan.	szilva	R II/352.
Miskolc	1788. febr.	szőlő	R II/352.
Kecskemét	1788. márc.	szőlő	Sz I/14.
ORSZÁG	1788. márc.	szőlő	R II/386.
Selmecbánya	1791. nov.	fák	R II/388.
ORSZÁG	1792. tele	bodza, eperfa	R IIIb/1245.
Szepesség	1792. máj.	fák	R II/411.
Korpona	1794. szept.	szilva, őszi- és sárgabarack (hernyók!)	R I/432.
Miskolc	1795. júl.	nemes szilva	R I/442.
Bereg vm.	1797. nov.	alma	R IIIa/90.
Sopron	1811. nov. 11.	szőlő (újból)	R IIIb/1213.
Pest	1822. szept.	eperfa	R IIIa/232.
Pest	1822. nov.	dió és eperfa	R IIIa/257.
Rézbánya	1825. dec.	fák (újból)	R IIIa/345.
Versec	1833. ősze	fák (nem hull a lombjuk)	R IIIa/416.
Gvöngvös	1839. dec.	fák	R IIIa/416.
Dabas	1843. febr. 8.	bodza	R IIIa/440.
Tata	1843. febr.	fák és szőlő	R IIIa/445.
Óbuda	1843. okt.	szőlő (újból)	Sz II/309.
Kecskemét	1890. szept.	naszolva és más fák (újból)	R IIIa/567.
Budapest	1893. nov. 28.	alma (3x, a 2. vegetáció elfagyott)	

Forrás:

- Réthy A. 1962. Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig. I. köt. Akadémiai Kiadó, Bp. = **R I/**
- Réthy A. 1970. Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1701–1800-ig. II. köt. Akadémiai Kiadó, Bp. = **R II/**
- Réthy A. 1998–1999. Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1801–1900. ig. III/1–2. köt. OMSZ, Bp. = **R IIIa–IIIb/**
- Szilágyi T. 1993. Szélsőségek Kecskemét időjárásában. Levéltári Füzet. 10. (Kecskemét). = **Sz I/**
- Szilágyi T. 1999. Időjárás események Kecskeméten a XVII–XIX. században. Kecskeméti Füzet. (Kecskemét) = **Sz II/**

Megjegyzés: 1. fák=gyümölcsfák.

3. táblázat

Az elmúlt évezred rendkívüli fenológiai eseményei gyümölcsfáknál

Faj	Virágzás	Termésérés	Lombosodás	Összes
(Gyümölcs),„fák” (B)	62	16	16	94
Bodza (E)	3	0	2	5
Borbolya (E)	0	1	0	1
Dió (E)	2	1	1	4
Eper (szamóca) (E)	0	9	0	9
Húsos som (E)	4	0	0	4
Málna (E)	0	2	0	2
Szilva (E)	6	3	4	13
„Barack” (H)	11	4	0	15
Cseresznye (H)	7	19	0	26
Eperfa (H)	1	2	3	6
Mandula (H)	11	1	0	12
Naspolya (H)	1	0	1	2
Őszibarack (H)	3	0	1	4
Sárgabarack (H)	4	0	1	5
Alma (EH)	16	23	5	44
Körte (EH)	9	4	1	14
Meggy (EH)	4	1	0	5
Szőlő (EH)	12	25	6	43
Összes	156	111	41	308

Megjegyzés: B= bizonytalan; E=endemikus; H=honosított; EH=meghonosodott

4. táblázat

Virágzási anomáliák gyümölcsfákon a forrásokban

Hónap	Virágzás			Összes
	Korábbi	Későbbi	Ismételt (2–3x)	
Január	26	0	3	29
Február	27	0	0	27
Március	0	5	0	5
Április	0	2	0	2
Május	0	0	0	0
Június	0	1	0	1
Július	0	0	3	3
Augusztus	0	0	3	3
Szeptember	0	0	17	17
Október	0	0	7	7
November	0	1	9	10
December	0	3	6	9
Összes	53	12	48	113

5. táblázat

Termésérési anomáliák gyümölcsfákon a forrásokban

Hónap	TERMÉSÉRÉS			Összes
	Korább	Később	Ismételten (2-3x)	
Január	0	0	0	0
Február	4	0	0	4
Március	11	0	0	11
Április	8	0	0	8
Május	3	0	0	3
Június	0	0	0	0
Július	5	0	2	7
Augusztus	2	0	2	4
Szeptember	2	0	15	17
Október	1	0	12	13
November	0	0	13	13
December	0	2	1	3
Összes	36	2	45	83

6. táblázat

Lombosodási anomáliák gyümölcsfákon a forrásokban

Hónap	LOMBOSODÁS			Összes
	Korábban	Később	Újból	
Január	3	1	0	4
Február	4	0	0	4
Március	2	0	0	2
Április	0	0	0	0
Május	0	0	1	1
Június	0	0	0	0
Július	0	0	2	2
Augusztus	0	0	0	0
Szeptember	0	0	7	7
Október	0	0	5	5
November	0	1	3	4
December	0	1	2	3
Összes	9	3	20	32

7. táblázat

A fenofázis anomáliák szekuláris sajátosságai

Időpont	Virágzás	Termésérés	Lombosodás	Összes
<i>FÖLDRAJZI HELY SZERINT</i>				
XI. sz.-ig	1	1	0	2
XII. sz.	2	5	0	7
XIII. sz.	2	1	0	3
XIV. sz.	2	1	0	3
XV. sz.	9	6	0	15
XVI. sz.	8	2	1	11
XVII. sz.	10	9	6	25
XVIII. sz.	43	36	14	93
XIX. sz.	36	22	11	69
Összes	113	83	32	228
<i>FAJ SZERINTI SÚLYOZOTT</i>				
XI. sz.-ig	1	2	0	3
XII. sz.	2	8	0	10
XIII. sz.	3	1	0	4
XIV. sz.	3	1	0	4
XV. sz.	11	12	0	23
XVI. sz.	8	2	1	11
XVII. sz.	11	12	8	31
XVIII. sz.	58	43	18	119
XIX. sz.	59	30	14	103
Összes	156	111	41	308

8. táblázat

A rendellenes fenofázisok gyakorisága két nagy klimatikus korszakban

Szempont	MELEG PERIÓDUS XVI. sz.-ig	HIDEG PERIÓDUS XVII–XIX. sz.	SzD5%
<i>Földrajzi hely szerint</i>			
Virágzás	4,0	29,7*	16,35
Termésérés	2,7	29,7*	16,35
Lombosodás	0,2	11,3**	4,18
<i>Faj szerinti súlyozott</i>			
Virágzás	4,7	42,7*	25,19
Termésérés	4,3	28,3*	15,39
Lombosodás	0,2	13,3**	4,55

* p = 1%; ** p = 0,1%

CLIMATIC ELEMENTS IN STRATEGIC ENVIRONMENTAL INVESTIGATIONS

By
PÁLVÖLGYI, TAMÁS

The side effect of nearly all activities of civilisation is the production of greenhouse gases and a peculiar characteristic of climatic phenomena is that changing climate conditions affect the socio-economic activities that have damaged climate in the first place. A fundamental question is how the various long-term programs, plans and developments of today will affect future climate and how will the resultant climate change affect the outcome and efficiency of these developments. The main aim of the present project is to assess the variables relating climate change to the proposed developments within the framework of strategic environment investigations (SEI).

The most important conclusions are the following:

1. The involvement of branches (technologies, sub-branches, measures) is highly variable from the point of view of climate change. By taking into account the direct and indirect emissions of greenhouse gases by the development elements as well as the rebound effects of climate change on development it is possible to assess objectively the significance of developments to climate change. On the basis of 7 branches and 33 development elements we have classed developments into three categories. We propose that category 1 developments (e.g. power station construction, changes of fuel, transport development, intensive agricultural production) should be unconditionally subjected to impact assessment concerning climate change.

2. Impact assessment fits well into strategic environment investigations (SEI). The legal and methodological framework of SEI can be applied to impact assessments, which can form an integral part of a strategic environmental investigation. As a first step in developing a methodology for assessing impact on climate change we propose a scale of sustainability concerning climate protection requiring the fulfilment of 14 comparable criteria or conditions of any new development. We have assigned concrete, sector specific climate protection indicators in the DPSIR model of the above mentioned seven branches and their 33 development elements. We have formed the proposals that can be concluded from an impact assessment for enforcing climate protection measures and the indicators that can be monitored for following up the effectiveness of such measures. Finally we have drawn up a number of suggestions for social participation focussing on developments related climate protection.

3. A possible direction of further research is the development of "quick tests for environment protection" that enables the assessment of alternative approaches from the point of

view of environmental protection in the early, planning phase of development. The central element of this technique would be the construction of a single macro-indicator (similarly to the ecological footprint concept by Pálvölgyi et al., 2005) that would, on the basis of climate protection relevance of a branch and some chosen markers, indicate the adequacy of climate protection in new developments by a single performance index (Climate Change Performance Index).

THE EFFECTS OF TRAFFIC ON CLIMATE CHANGE WITH SPECIAL REFERENCE TO THE SYSTEM OF TRANSPORT PRICING

By
TÁNCZOS, LÁSZLÓNÉ – BOKOR, ZOLTÁN

With this country's EU accession the Hungarian transport system has become an integral part of the European network still under integration. The aim of the Common Transport Policy is the gradual development and application of pricing according to social costs throughout Europe on unified conceptual and technological basis. At the same time it is not enough to adopt only the accepted pricing principles based on broad consensus, but we have to develop and gradually employ a pricing, collection and accounting system that takes into account domestic characteristics and is compatible between the various sub-branches of domestic transport, but still fulfilling international requirements.

The introduction of a pricing system for transport usage based on the new principle requires the dismantling of technological, regulatory/institutional and acceptance related limits and the satisfaction of certain conditions. According to the conclusions of research described in the study, the most important of the above conditions is to get the new principles socially accepted. Indirectly this also helps the formation of political will for setting up the adequate regulatory/institutional framework. Once commitment and the above mention framework is in place, it is easier for decision makers to allocate further resources for developing fully the appropriate (experimentally already existing) accounting and technological systems.

INTERACTION BETWEEN CLIMATE CHANGE AND TRANSPORT

By
TÖRÖK, ÁDÁM

Motorisation and traffic increase burdens the environment, the signs of which are displayed both locally and globally. The management of public transport based on costs may be used as a mean for satisfying social demand for reducing environmental damage due to public transport. The determination and monetisation of external costs may lead to an appreciation of the entire and pure use of public transport.

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON ROAD SURFACES

By
GÁSPÁR, LÁSZLÓ

The direct effects of climate change (global warming, extreme weather conditions) on road surfaces arise out of the fact that roads are situated outdoors and are fully exposed to the elements.

One of the main problems is exposure to the huge quantities of water (rainfall, floods, surface waters, ground waters) that weakens the earthwork and leads to quick deterioration of road structure.

A consequence of global warming is a particularly hot summer temperature that can cause the deformation of asphalt road surfaces bonded by thermoplastic adhesives. The ensuing corrugations and wheel-tracks in road surfaces are not only a discomfort to driving but also a serious hazard to the traffic especially on busy roads (e.g. motorways). Although asphalt surfacing resistant to high temperature is being increasingly applied worldwide, the construction of concrete surfaces is the more effective approach.

Another manifestation of extreme weather is the bleak snowy winter, which produces slippery, dangerous road surfaces with accumulated snow forming physical obstacles. An appropriate approach for alleviating such conditions is the employment of efficient rotary snowploughs, snow barriers and de-icing equipment built into road surfaces (using possibly solar panels).

Damage at the end of winter, beginning of spring due to melting snow and ice consists of cracks and potholes in road surfaces due to drenched earthwork and weakened road structure. Good drainage and sufficiently thick road structure can be the remedy to this problem.

Wet road surfaces due to wet weather conditions can be a serious hazard to traffic if they do not have appropriate skid resistance. Therefore it is important to construct roads with suitable “micro-coarse” surface or use stones with appropriate micro-structure for building road surfaces.

Finally we present here a number of foreign approaches aimed at alleviating problems in traffic control due to unfavourable weather condition:

- In Kuala Lumpur, the capital of Malaysia, a 2.5km long, double-decked road tunnel under the city centre is closed to traffic during tropical storms and used for diverting huge quantities of rain water to a nearby reservoir. This prevents the flooding of city centre that frequently happened in the past.

- In Holland at the Delft DWW Institute asphalt mats of 4cm in thickness, 2.5m in width and 50m in length have been developed, that can be rolled up, transported to location and fixed to road foundation by an electromagnetic process. In this way a road surface of even quality is obtained that can be quickly laid and if necessary (perhaps due to unfavourable weather conditions) equally quickly and efficiently lifted, transported and laid elsewhere.

- In many West-European countries “hanging roads” or viaducts are constructed that to bridge economically over both temporal water courses and flooded areas.

In conclusion domestic road builders have to be aware of the effects of climate change on road surfaces and prepare with care for the solution of problems as they occur.

THE INDIRECT EFFECTS OF ATMOSPHERIC AEROSOLS ON CLIMATE

By
GERESDI, ISTVÁN

Aerosol particles occurring in the atmosphere affect significantly the radiation balance of the Earth-atmosphere system. Their effect may be direct as they may reflect or absorb solar radiation depending on their size and chemical composition. Aerosol particles may also indirectly affect the radiation balance by influencing the processes of precipitation in clouds that is the formation and growth rate of rain droplets and ice particles. This affects the optical characteristics and persistence of clouds. We have investigated how changes in size distribution and concentration of atmospheric aerosols during the last thirty years affected the optical characteristics of stratocumulus clouds formed in the Central European region. In our calculations we have used size distributions measured well away from polluted large cities and industrial regions. Our calculations show that a 10% decline in aerosol concentrations is associated with a 1% decline in cloud albedo. These findings agree with satellite observations.

PREVENTION OF FROST DAMAGE IN VEGETABLE PRODUCTION

By
SLEZÁK, KATALIN

Producers of vegetables on arable land face increasing risks of frost damage to crops due to cold spells in late spring and/or early autumn. Marketing fresh products early in the season can produce greater income than mass production therefore more and more producers opt for the risky business of early planting. Certain techniques in intensive technologies producing high yields expose the crops to increased probability of damage due to cold spells. Such a technique is plastic mulching used increasingly frequently in melon and paprika cultivation.

The use of plant varieties in arable land cultivation has changed significantly in the past decades. The constant (or synthesised) strains hybridised under local conditions and even regional varieties were replaced in most cases by hybrids, which were not developed to suit local conditions.

Various techniques are available for alleviating frost damage but their feasibility (readiness and costs) vary a great deal from vegetable to vegetable.

Techniques for preventing spring frost damage include: temporary cover, smoking, frost preventing irrigation, seeding or planting at a later time in the season, planting seasoned seedlings, selecting suitable strains or species, moving cultivation to more southerly location, relocation of cultivation within the same district, energy saving approaches in spring layering.

Techniques for preventing autumn frost damage include: selecting suitable strains and varieties, earlier harvesting by the use of varieties with shorter vegetative period, hastening

maturation, proper selection of the time and method for fertilization, enhancing stress tolerance, prevention of any stress that weaken the plants, enhancing the efficiency of harvesting (use of machines), energy saving approaches in autumn layering.

THE AGROCLIMATOLOGICAL ANALYSES OF TEMPERATURE MAXIMA DURING THE PERIOD BETWEEN 1951 AND 2000

By

VARGA-HASZONITS, ZOLTÁN –
VARGA, ZOLTÁN – LANTOS, ZSUZSANNA –
ENZSÖLNÉ GERENCSÉR, ERZSÉBET

During warm periods plants are exposed primarily to heat stress. In this country temperatures adverse to plants occur most frequently between 25 °C and 35 °C. Maxima above 35 °C are rare and values above 40°C occurred during the second 50 years of the last century only on two occasions.

Maximum temperatures above 5 °C during cold periods are significant from the point of view of plant physiology. During the second half of the 20th Century maxima above 5 °C occurred on average a third of days and in extreme cases in two thirds of days of the winter months. As expected cold spells following above 5 °C periods caused increased damage to plants. Furthermore pests and pathogens survived at an increased rate due to favourable wintering and presented an intensified danger during the vegetation period that followed.

In warm seasons not only high maximum temperatures but also high minimum temperatures during night can be adverse. Data from the second half of the 20th Century indicated that minimum nightly temperatures between 16 °C and 20 °C were the more frequent and temperature values above 20 °C were relatively less frequent.

Warming due to climate change can alter the present temperature conditions to ones that are less favourable from several points of view. Increases in the concentration of greenhouse gases are expected to lower the rate of radiation during winter and during nights and therefore increase maximum temperature values during cold seasons and during nights in warm seasons.

EFFECTS OF PHENOLOGIC EXTREMES ON FRUIT BEARING TREES IN THE CARPATHIAN BASIN (6TH–19TH CENTURIES)

By

SURÁNYI, DEZSŐ

Réthly's data collection and Szilágyi's hard work yielded source material, which in these days of global climate problems is well worth to investigate, analyse and possibly draw from it conclusions. The present study covered 308 source data collected from numerous settlements, domestic and even European regions between 542 and 1900a.d. The frequency ratio

of anomalies was about half for flowering, greater than a third for crop ripening and somewhat greater than 10% for frondescence.

Great many data on fruit trees of fruit bearing species classed into three groups on the basis of culture evolution and place of origin could not be found because of questionable taxonomic classifications. Based on calendar months however sprouts and flower buds could be freed from blockage due to flowering events stretching over the winter, spring fruit ripening and even drought or cold spells during the vegetation period.

The most obvious differences showed in secular rows, of which the 15th and 16th Centuries were the divider. According to our present understanding this was also the beginning of the “mini ice age”. Fruit species endemic or acclimatised to temperate climes reacted to these periods less favourably than to usual conditions and displayed significantly more phenologic anomalies.

From all this the author concludes that because of changing climate it is justifiable to observe (even in the Carpathian basin) phenologic events that, though are downgraded in these days, can lead to the making of a good prognosis.

In case it is not too early a botanical-phenologist's note is: there are few anomalies found on plantations, therefore we may expect climate warming not dissimilar to that during age of Árpád (10th Century).

CONTENTS

<i>Pálvölgyi, Tamás</i> : Climatic elements in strategic environmental investigations	3
<i>Tánczos, Lászlóné – Bokor, Zoltán</i> : The effects of traffic on climate change with special reference to the system of transport pricing	16
<i>Török, Ádám</i> : Interaction between climate change and transport	27
<i>Gáspár, László</i> : The effects of climate change on road surfaces	31
<i>Geresdi, István</i> : The indirect effects of atmospheric aerosols on climate	40
<i>Slezák, Katalin</i> : Prevention of frost damage in vegetable production	47
<i>Varga-Haszonits, Zoltán – Varga, Zoltán – Lantos, Zsuzsanna – Enzsölné Gerencsér, Erzsébet</i> : The agroclimatological analyses of temperature maxima during the period between 1951 and 2000	55
<i>Surányi, Dezső</i> : Effects of phenologic extremes on fruit bearing trees in the Carpathian basin (6th–19th centuries)	70
Summary	85

SZÁMUNK SZERZŐI

Bokor Zoltán, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésgazdasági Tanszék egyetemi docense (1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 2., Tel.: 463-1008, Fax: 463-3267, E-mail: zbokor@kgazd.bme.hu)

Enzsölné Gerencsér Erzsébet, az NyME Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar Matematika-Fizika Tanszék egyetemi tanársegéde (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-677, Fax: 96/566-610, E-mail: enzsolne@mtk.nyme.hu)

Gáspár László, a Közlekedéstudományi Intézet Kht. kutatóprofesszora (1116 Budapest, Than Károly u. 3-5., Tel.: 204-7986, Fax: 204-7979, E-mail: gaspar@kti.hu)

Geresdi István, a Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajzi Intézet egyetemi docense (7626 Pécs, Ifjúság útja 6., Tel.: 72/503-600/4825, Fax: 72/503-600/4118, E-mail: geresdi@gamma.ttk.pte.hu)

Lantos Zsuzsanna, az NyME Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar Matematika-Fizika Tanszék egyetemi docense (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-677, Fax: 96/566-610, E-mail: lantos@mtk.nyme.hu)

Pálvölgyi Tamás, az Env-in-Cent Környezetvédelmi Tanácsadó Iroda igazgatója (1126 Budapest, Böszörményi út 20-22., Tel.: 457-0788, Fax: 457-0787, E-mail: tpalvolgyi@mail.datanet.hu)

Slezák Katalin, a BCE Kertészettudományi Kar Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék egyetemi adjunktusa (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6105, Fax: 482-6397, E-mail: katalin.slezak@uni-corvinus.hu)

Surányi Dezső, a Ceglédi Gyümölcstermesztési Kutató-Fejlesztő Intézet Kht. tudományos főmunkatársa (2700 Cegléd, Szolnoki u. 52., Pf. 33., Tel.: 53/505-388, Fax: 53/505-3969, E-mail: suranyi.dezso@cefrucht.hu)

Tánczos Lászlóné, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésgazdasági Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 2., Tel.: 463-3265, Fax: 463-3267, E-mail: ktanczos@kgazd.bme.hu)

Török Ádám, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésgazdasági Tanszék PhD hallgatója (1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 2., Tel.: 463-1061, Fax: 463-3267, E-mail: atorok@kgazd.bme.hu)

Varga-Haszonits Zoltán, az NyME Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar Matematika-Fizika Tanszék professor emeritusa (1181 Budapest, Margó T. u. 82., Tel.: 292-2101, E-mail: vargahz@mtk.nyme.hu)

Varga Zoltán, az NyME Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar Matematika-Fizika Tanszék egyetemi adjunktusa (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-677, Fax: 96/566-610, E-mail: varzol@mtk.nyme.hu)