



GeoMetodika

FÖLDRAJZ SZAKMÓDSZERTANI FOLYÓIRAT

3. évfolyam 1. szám
2019

GeoMetodika

FÖLDRAJZ SZAKMÓDSZERTANI FOLYÓIRAT

3. évfolyam 1. szám
2019

GeoMetodika – Földrajz szak módszertani folyóirat

a Magyar Földrajzi Társaság folyóirata

A társaság székhelye: 1142 Budapest, Erzsébet királyné útja 125.

Felelős kiadó: dr. Csorba Péter

Felelős szerkesztő: dr. Makádi Mariann

Főszerkesztő

dr. Makádi Mariann

Szerkesztők

dr. Horváth Gergely, dr. Pál Viktor, Sándor József

Rovatszerkesztők

Tanulmányok – dr. M. Császár Zsuzsa, Módszertani műhely – dr. Makádi Mariann, Kaleidoszkóp – Arday István,

Kitekintő – Ütőné dr. Visi Judit

A szerkesztőbizottság elnöke

dr. Farsang Andrea

A szerkesztőbizottság tagjai

dr. Gábris Gyula, dr. Gherdán Katalin, dr. Karancsi Zoltán, dr. Kern Anikó, dr. Kormány Gyula, dr. Nagyváradai László, dr. Pajtókné dr. Tari Ilona, dr. Probáld Ferenc, dr. Szabó József, dr. Szilassi Péter, dr. Teperics Károly, Guba András, Mácsai Anetta

Technikai szerkesztő

dr. Kőszegi Margit

Szakmai támogatók



A szerkesztőség elérhetőségei

Elektronikus levelezési címünk: szerkesztoseg.geometodika@gmail.com

Postai címünk: ELTE TTK FFI Földrajz szak módszertani csoport GeoMetodika

1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/c. 1-224.

Web: <http://geometodika.elte.hu>

A kéziratokat a következő címre várjuk: szerkesztoseg.geometodika@gmail.com

HU ISSN 2560-0745

A folyóirat DOI azonosítója: <https://doi.org/10.26888/GEOMET>

Megjelenik minden naptári évben három alkalommal.

A folyóiratban megjelenő írások a szerzők véleményét tükrözik, ami nem szükségképpen egyezik a szerkesztőség nézetével.

TANULMÁNYOK

MIKA JÁNOS

Az éghajlatváltozásról 12 tételben 5

PIRKHOFFER ERVIN – CZIGÁNY SZABOLCS – FÁBIÁN SZABOLCS ÁKOS – VALKAY

ALEXANDRA ILONA – VARGA GÁBOR – MÁTÉ ANDREA – BALOGH RICHÁRD – HALMAI ÁKOS

KINECTO-MORPHO-lógia 27

MŰHELY

MÁDLNÉ SZŐNYI JUDIT – MAKÁDI MARIANN

Vízszállító rendszerek a földkéregben 45

DÉKÁNY KRISZTINA

Geoinformatika a közoktatásban – nemzetközi iskolai hálózatok 59

KALEIDOSZKÓP

ARDAY ISTVÁN

A „bajor tenger” és környezetének átalakulása a pleisztocéntól az antropocénig 69

KITEKINTŐ

MAKÁDI MARIANN

Kell-e tankönyv a földrajztanuláshoz? 79



**A Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézete és Neveléstudományi
Doktori Iskolája, valamint az MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport**

tisztelettel meghívja Önt a

XVII. PEDAGÓGIAI ÉRTÉKELÉSI KONFERENCIÁRA (PÉK 2019).

Kérjük, mutassa be új kutatási eredményeit, tájékozódjon a neveléstudomány legújabb kérdéseiről.

A konferencia időpontja: **2019. április 11–13.**

Helyszíne: **Szegedi Tudományegyetem József Attila Tanulmányi és Információs
Központ (Szeged, Ady tér 10.)**

A szakmai anyagok feltöltésének határideje: **2019. január 25.**

A konferenciáról további információkat talál a konferencia honlapján:

<http://www.edu.u-szeged.hu/pek2019>

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSRÓL 12 TÉTEL BEN

ON CLIMATE CHANGE IN 12 SECTIONS

MIKA JÁNOS

Eszterházy Károly Egyetem Földrajz- és Környezettudományi Intézet, Eger
mika.janos@uni-eszterhazy.hu

Abstract

Key aspects of climate change are comprehended for teachers of geography. Scientific background of the paper is the last IPCC Report (IPCC AR5 2013). The sections of the paper are: what the data prove; what the climate models attest; what the scenarios foresee; what to do with all of these.

Keywords: observed changes, forcing factors, projections, adaptation, mitigation

Bevezetés

A tanulmány 4 fejezetben, azokon belül 12 tételben tekinti át az éghajlatváltozás kérdéseit. Kevés tudományos kérdéstről látnak, hallanak és olvasnak annyi (igaz és téves) információt tanítványaink, mint éppen erről. Fontos, hogy az ő tanáraik is tájékozottak legyenek minderről, még ha a média nem is segíti őket ebben. Írásunk ehhez kíván támogatást nyújtani. A leírtak nagyrészt az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület legutóbbi jelentésén (IPCC AR5 2013) alapulnak.

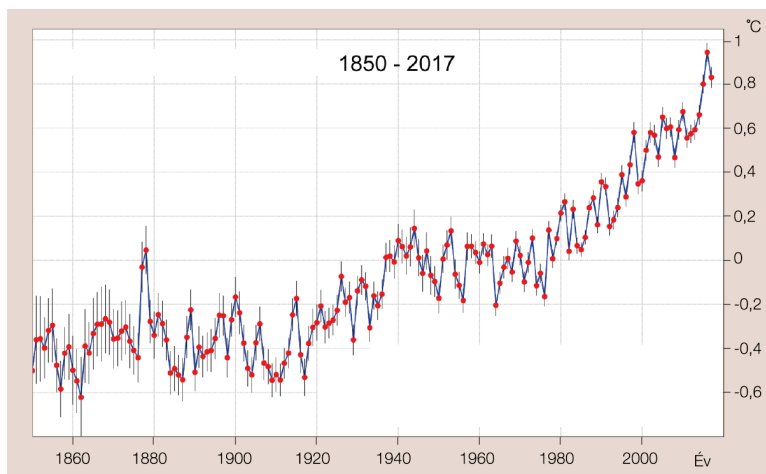
Amit az adatok bizonyítanak

Miben mutatkozik meg a globális felmelegedés?

Az elmúlt mintegy száz esztendőben kb. 1 °C-kal emelkedett a Föld átlaghőmérséklete (1. ábra). A változás nagyobb része az utolsó ötven esztendőre esik, de már az 1910–1940-es évek között is történt mintegy 0,3 °C-nyi melegedés. A két érték között a földi átlaghőmérséklet stagnált, ezen belül az északi félgömb átlaghőmérséklete még egy picit vissza is esett. Sajnos ez a változás nemcsak a felszínközeli léghőmérsékletekben nyilvánul meg, hanem az utóbbi fél évszázadban a légkör alsó 10 km-es rétegének, a troposzférának teljes vastagságában, valamint a 10 km fölötti ún. sztratoszférában is jelentkezik, de ott lehűlésként, ami természetes dolog, mert az a többletenergia, amit az üvegházhatású gázok elnyelnek, nem tudja már melegíteni ezt a réteget.

A tengervíz hőmérséklete is hasonló arányban mutatja e változásokat, nagyjából ugyanolyan mértékben, mint a léghőmérséklet. A szilárd jég (a krioszféra) is változott az elmúlt évtizedek során. A tengeri jég kiterjedése – elsősorban a nyári időszakban – nagyon erősen visszahúzódott. Nagyjából az 1970-es évek eleje óta láthatjuk műholdról, hogy mekkora ez a kiterjedés, és bizony óriási mértékben összehúzódott már eddig is a jégta-
karó: átlagosan 15%-kal, de egy-egy évben akár 40%-kal is. A téli félfvra a jég visszafagy, tehát nem kell tartani a tengeri jég teljes eltűnésétől. A hegyvidéki gleccserek majdnem mindenhol jelentősen zsugorodtak. Csak ott ellentétes irányú a folyamat, ahol a csapadék-többlet erősebben táplálja a gleccsereket, mint ahogyan a meleg csökkenti a tömegüket.

A legalább az 1970-es évek közepétől tapasztalt egyenletes felmelegedést nemrég átmenetileg megszakította az ún. globális melegedési hiány (angolul global warming hiatus). Ezen azt a viszonylag rövid ideig (kb. 2002 és 2013 között) fennállt tapasztalatot értjük, miszerint ekkor a felszín közeli léghőmérséklet alig emelkedett, és bő tíz éven át egyértelműen a várt érték alatt maradt. A melegedés elmaradását elsősorban a déli félgömb óceánjainak a korábbinál sokkal gyorsabb hőelnyelésével, illetve a naptevékenység gyengébb, a vulkánosságnak pedig erősebb jellegével próbálták magyarázni (részletesebben I. MIKA J. 2014). A légkör melegedésének elmaradása nem jelentette azt, hogy ne nőtt volna továbbra is egyenletesen a teljes éghajlati rendszer (légkör, óceán, szárazföld, krioszféra, bioszféra) energiatartalma. Belső ingadozás volt elsősorban a szférák között, amiket azonban a globális klímamodellek nem láttak előre, sőt utólag



1. ábra. A globális átlaghőmérséklet alakulása a globális fedettség kezdetétől 2017-ig (forrás: <http://berkeleyearth.org/global-temperatures-2017/>)

sem szimuláltak megfelelően. A melegedés elmaradása önmagában nem vonja ugyan kétségbe a sok évtizedes felmelegedés tendenciáit és az okok legalább részben emberi eredetét. Ugyanakkor arra figyelmeztet, hogy még nem tudunk mindent az éghajlatváltozás folyamatairól. Érhetnek még bennünket meglepetések a folyamat sebességének a várttól való – akár mindkét irányú – eltérése formájában.

Sajnos – mindent egybevetve – az, hogy bolygónk melegszik, nehezen vonható kétségbe. Az viszont már egy másik kérdés – amire tanulmányunk későbbi részében térünk vissza –, mi bizonyítja azt, hogy ezekért a változásokért valóban az emberi tevékenység a felelős?

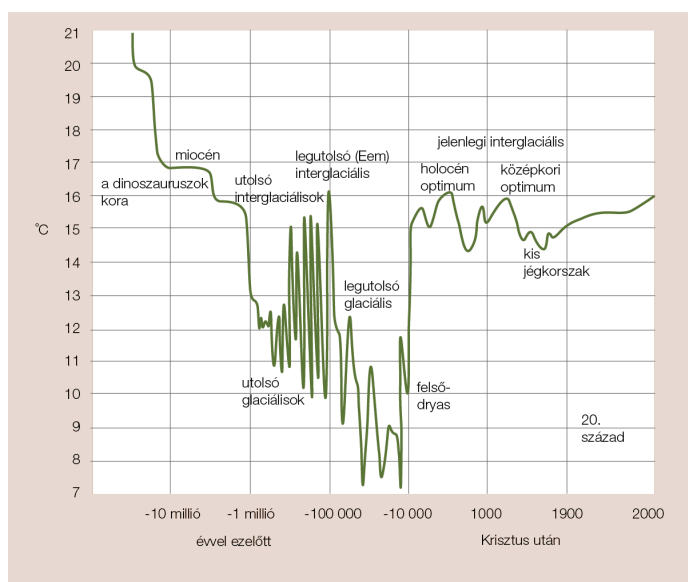
Miben más a mostani, mint a korábbi változások?

Az éghajlatváltozás fontosságát tagadók egyik legfőbb érve az, hogy a földtörténet során máskor is volt lényegesen melegebb a Földön, sőt az 5 milliárd esztendő mintegy 90%-ában nem is borította sohasem jég a felszínt. Voltak azonban jégkorszakok, amikor a Kárpátok vidékén is jég volt télen-nyáron, ilyenkor a Föld átlaghőmérséklete legalább 4–5 °C-kal alacsonyabb volt, mint a mostani érték. Ám ezek a különbségek nem évtizedek vagy néhány évszázad alatt alakultak ki, hanem évtízezrek, esetleg évmilliók alatt. A mostani változások tehát egy-két nagyságrenddel gyorsabbak, mint a korábbiak. A 2. ábrán a (logaritmikus skálán ábrázolt) idő függvényében a Föld felszín közeli átlaghőmérsékletének alakulása látható az elmúlt százmillió évben. Ezen megfigyelhető, hogy a sok tízmillió éves, csillagászati okból kialakult jégkorszakokat leszámítva a Föld hőmérséklete mindvégig egy ± 5 °C-os tartományon belül ingadozott, jelenleg azonban e sáv felső határa felé közelít. Ugyancsak látható az ábráról, hogy az eddig természetes okból végbement változások az utolsó tízezer évben nem haladták meg a ± 1 °C-ot. Tehát az emberi behatás rövidesen meghaladja majd az elmúlt tízezer évben tapasztalt természetes ingadozást és közelíthet a tízmillió éves léptékekhez.

Amit a klímamodellek tanúsítanak

Milyen természetes és antropogén okai lehetnek a változásnak?

Az elmúlt száz esztendő körülbelül 1 °C-os melegedéséért nagy valószínűséggel a légkör üvegházhatásának erősödése a fő felelős. Az üvegházhatás abban áll, hogy a Nap sugarait a légkör összetevői nagyrészt beengedik a felszínre, ami hőátadással melegíti a levegőt.



2. ábra. A Föld becsült átlaghőmérsékletének alakulása az elmúlt 100 millió évben
(forrás: az Ausztrál Meteorológiai Szolgálat oktatási anyaga, 22. ábra: <http://www.bom.gov.au/info/climate/change/gallery/1.shtml>)

Viszont a 4 mikrométernél hosszabb, úgynevezett hosszuhullámú sugarak egy részét ezek az üvegházhatású gázok és a vízgőz elnyelik. Tehát minél több üvegházhatású gáz van a levegőben, annál kisebb arányt tudja kibocsátani a légkör a felszínről kiinduló energiának. Azaz sajátos hőcsapdaként működik, amit a Föld – mint bolygó – csak úgy tud kiegyenlíteni, hogy magasabb hőmérsékleten sugároz ki, és ezáltal tud pontosan annyi energia eltávozni a légkör külső határán keresztül, mint a gázok felszaporodása előtt.

Ilyen üvegházhatású gáz a szén-dioxid (CO_2), a metán (CH_4) és a dinitrogén-oxid (N_2O). A halogénezett szénhidrogének, azaz freonok, halonok (amelyek száma meghaladja a kétszázat) is üvegházhatású gázok. Mindezek mennyisége kimutathatóan nő a légkörben, tehát a szén-dioxidé mintegy 40%-kal, a metáné több mint megkétszereződött a természetes állapotok kezdete óta, a dinitrogén-oxidé pedig mintegy 20%-kal nőtt. A halogénezett szénhidrogének esetében végtelen növekedésről kell szólnunk, mivel természetes forrásai ezeknek az anyagoknak nem ismeretesek.

Az üvegházhatású gázokon kívül éghajlatunkat még több más természetes és mesterséges folyamat is alakítja. A mesterséges hatások közül elsősorban az aeroszol mennyiségének megnövekedését tudjuk említeni. A légkör aeroszolkészlete folyékony

és szilárd alkotórészekből áll, amelyek kisebbek az esőcseppeknél. Elsősorban a szulfát-aeroszolok ilyenek, amelyek mennyisége az 1980-as esztendőig az üvegházhatású gázokkal párhuzamosan emelkedett, azonban ekkor több egyezmény, valamint a fűtési technológia változásának hatására a fejlett országokban visszaesett. Ugyanakkor a Föld fejlődő térségeiben ez a csökkenés még nem tapasztalható. A légkör összetétele úgy alakult ebből a szempontból, hogy az 1960-as és az 1990-es évek között homályosabbá vált a légkör, majd az 1990-es évek óta egy kicsit átlátszóbbá. A homályosabb légkör fékezi az üvegházhatású gázok okozta melegedést, amikor viszont csökken a homályosság, akkor ez a változás erősíti a melegedést. Az aeroszoloknak kétféle hatása van. A fentebb hivatkozott közvetlen hatása abban áll, hogy a napsugarakat szórja, nem engedi le a felszínre, ezáltal nem képes olyan mértékben melegíteni a légkört, az indirekt hatása pedig az, hogy a felhőcseppek vízmennyisége megnő, és kisebb cseppek alakulnak ki, amelyek jobban, erőteljesebben verik vissza a napsugarakat a világűr felé, mint a nagyobb cseppek. Az elmúlt fél évszázad melegedéséért tehát nagy valószínűséggel az üvegházhatású gázok fokozódó légköri aránya a felelős. Az elmúlt 250 évben a szén-dioxid $1,7 \text{ W/m}^2$ -rel növelte a sugárzási mérleget, amihez a többi üvegházgáz további $1,6 \text{ W/m}^2$ -t tett hozzá. Az aeroszol-koncentráció ezt $-1,1 \text{ W/m}^2$ erejéig tudta ellensúlyozni. Így bolygónknak mára $2,3 \text{ W/m}^2$ többlettől kellene megszabadulnia.

A természetes hatások közül a vulkánkitörések és a naptevékenység ingadozása emelhető ki. A kén-dioxidban gazdag erős vulkánkitörések 1–3 éven át csökkenthetik a Föld átlaghőmérsékletét. A naptevékenység nagyon csekély mértékben ingadozik 11, illetve 22 éves ciklusokkal. Ezek a természetes hatások rövidebb ideig tartanak és gyengébbek az emberi eredetűeknél. Egyik természetes tényezőnél sincs tudományos alapunk annak feltételezésére, hogy bármelyikük sokkal erősebbé válna, mint amilyen eddig volt.

Mi bizonyítja, hogy a változásokért az emberi tevékenység a felelős?

Ha a tapasztalt koncentrációváltozást és minden ismert éghajlati kényszert betápláljuk az éghajlati modellekbe, akkor reprodukálni tudjuk a 20. század második felének felmelegedését. Ezek a teljes Föld éghajlati folyamatait szimuláló modellek a tömeg, az energia és az impulzus megmaradását leíró parciális differenciálegyenleteken alapulnak, egy-egy kutatóhelyen 100–200 szakember és informatikus erőfeszítését megtestesítő szuper-számítógépes rendszerekkel (l. IPCC AR5 2013 9. fejezet; MIKA J. 2011 3. fejezet) készülnek. A modellszámítások nyomán 95%-os valószínűséggel állíthatjuk, hogy a 20. század

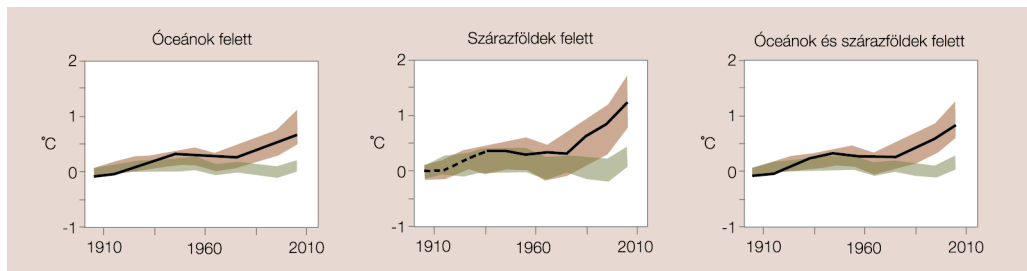
közepén kezdődött melegedés **legalább feléért az emberi tevékenység a felelős**. Ennek fő bizonyítéka az, hogy ha e folyamatokat, valamint az összes többi ismert és előbbiekben felsorolt természetes és antropogén hatást betápláljuk a számítógépes modellekbe, akkor ezekkel a modellekkel reprodukálni tudjuk az elmúlt száz esztendő történéseit (3. ábra); de ha eltávolítjuk a modellekből az antropogén tényezőket és csak a természetes tényezőkkel számolunk, akkor az utóbbi ötven esztendő melegedése egyáltalán nem mutatható ki.

Két óriási hibát kellene a világ tudományosságának elkövetnie ahhoz, hogy ne az legyen a helyes következtetés, hogy az ember okozza a változást. Az egyik hiba az, hogy nagyon túlbecsüljük az üvegházhatású gázok szerepét, és az valójában sokkal kisebb a számítotttnál. A másik hiba ezzel párhuzamosan az, hogy valami mégiscsak okozza a változást, amiről nem vettünk tudomást. Ennek a két nagy hibának a valószínűsége nem nulla, de az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület szakértői becslése szerint kisebb, mint 5%. Tehát több mint 95% annak a valószínűsége, hogy a változásban szerepet játszott az ember hatása.

Amit a forgatókönyvek előre vetítenek

Milyen globális éghajlatváltozás várható, lehetnek-e meglepetések?

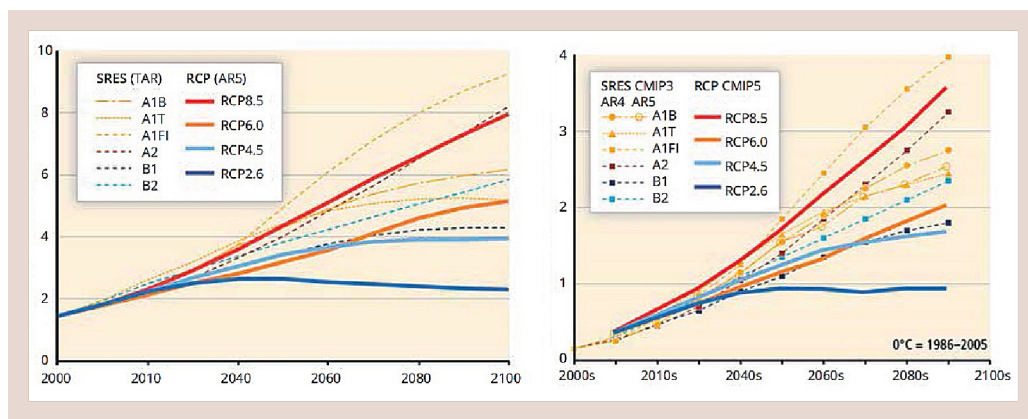
Az üvegházhatás erősödését feltételező reprezentatív koncentrációpályák szerint 2100-ra az eddigi $2,3 \text{ W/m}^2$ -ről $4,5\text{--}8,5 \text{ W/m}^2$ -re nőhet a légköri üvegházhatás mesterséges többlete. A legoptimistább, csak $2,6 \text{ W/m}^2$ többletet feltételező változat esetén 2100-ra csaknem visszaáll a mai állapot. A globális éghajlati modellek tanúsága szerint az első három forgatókönyv megvalósulása esetén a Föld hőmérséklete $1\text{--}5 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal emelkedhet századunk



3. ábra. A megfigyelt simított globális átlagos léghőmérséklet alakulása (fekete vonal), szembeesítve a csak természetes hatásokkal (zöld sáv), illetve az antropogén hatásokat is figyelembe (barna sáv) modellszimulációkkal. (Forrás: IPCC AR5 2013. 10.21 ábra)

végére a 20. század utolsó két évtizedéhez képest. Az optimista forgatókönyvből csak 0,3–1 °C melegedés következik (4. ábra). Megállapíthatjuk, hogy a legmeredekebb RCP8.5 forgatókönyv kissé pesszimistább a korábbi (IPCC 2007) – második legradikálisabb – A1 forgatókönyvnél, míg a közepes RCP6.0 és RCP4.5 forgatókönyvek felülről, illetve alulról közelítik a korábbi legenyhébb B1 forgatókönyvet. A különlegesen optimista RCP2.6 forgatókönyvhöz hasonló lehetőség még nem szerepelt a korábbi IPCC jelentésekben.

A fenti előrejelzések tanúsága szerint – eltekintve az igen optimista RCP2.6 forgatókönyvtől – a Föld átlaghőmérséklete 1 °C és 5 °C közötti mértékben melegedhet századunk végére a 20. század utolsó két évtizedéhez képest. Miből adódik ez a nagy különbség? Az egyik ok az, hogy nem tudjuk pontosan, miképpen alakul az üvegházhatású gázok kibocsátása a jövőben, hiszen ez nagyban függ többek között a népesség változásától, az energiaigények alakulásától, a környezettudatos, vagy éppen azzal ellentétes iparfejlődéstől és a Föld különböző térségei közötti egyenlőség vagy egyenlőtlenség alakulásától. A másik bizonytalansági tényező az éghajlati rendszer érzékenysége, amit ma körülbelül 50%-os hibával tudunk csak becsülni. Azonban, bármekkora is ez a bizonytalanság, arra nincs esély, hogy nulla változás legyen a következmény. Sőt annyira nincsen, hogy ha a holnapi naptól állandó értéken tudnánk tartani a szén-dioxid és egyéb üvegházhatású gázok mennyiségét a légkörben, egy 0,3–0,4 °C-os melegedés, egy úgynevezett „büntető” melegedés akkor is bekövetkezne, mert a korábbi évtizedekben megnövelt üvegházhatású gázok először az óceánt melegítik, és csak utána adja át az óceán ennek egy részét a légkörnek.



4. ábra. Előrejelzett változások a sugárzási kényszerben (balra) és a globális átlaghőmérsékletben (jobbra) a 21. században a különböző reprezentatív forgatókönyvek alapján (forrás: IPCC, 2014. 1.4. ábra)

Biztos-e, hogy ilyen „időben sima” alakulása lehet bolygónk éghajlatának? 2004 elején találkozott a világ az ún. Pentagon-jelentéssel, amelyik azt vette számba, hogy mi történhet a Földön, ha a melegedés egy későbbi pontján jégkorszakba csap át a bolygónk éghajlata. Ha ugyanis az óceáni szállítószalag leáll, akkor nem fog hőt szállítani az északi területekre, és ez a hőhiány ott megnövelheti a jégtakaró kiterjedését. Ennek a félelemnek az az alapja, hogy 10 000 évvel ezelőtől a még korábbi időszakokig, közel százezer éven át nagyon nagy ingadozások voltak tapasztalhatók a tengerfenéki megfigyelések, az óceáni mészházakból rekonstruált hőmérsékletek alapján. Olyankor, amikor hirtelen éghajlatváltozás történt, minőségileg alakult át az **óceáni cirkuláció**.

Nem tudjuk, hogy a hőmérsékletváltozás váltotta-e ki az óceáni cirkuláció változását, vagy esetleg fordítva. Ez utóbbi eset az is nagy probléma, mert ez később is fenyegetheti a Földünket. Újabb számítások szerint annyiban megnyugodhatunk, hogyha le is áll teljes egészében az óceáni cirkuláció, akkor sem lesz ennek jégkorszak a következménye. A sark közeli területeket uraló hideg ellenére a Föld egészét tekintve a szén-dioxid-többlet melegítő hatása erősebb lesz, mint a szállítószalag leállása miatti lehűlés. Tehát a jégkorszakkal, mint várható jövőképpel valószínűleg nem kell számolnunk.

A fenti minőségi ugrás mellett néhány más kritikus billenőpontot is jelez az 1. táblázat adatsora. Kitűnik belőle, hogy 3–5 °C-nyi változás esetén a nyugat-antarktiszi jégtömb olvadása és az óceáni szállítószalag legyengülése drámai tengerszint-emelkedéssel, illetve az időjárás átrendeződésével fenyeget. Az Antarktisz nyugati részén a jégtakaró – ami a kontinentális talapzattal a tengervíz szintje alatt érintkezik – megolvadhat, besodródhat, és ez a folyamat 5 méterrel emelheti a tengervíz szintjét. Látható az is, hogy az északi óceán jegének nyári visszahúzódását már aligha tudjuk megakadályozni. Végül, a grönlandi jégsapka olvadásának perspektívája azt is előrevetíti, hogy nem elég

Érzékeny térség	Globális küszöb	A változás időléptéke	Következmény
Arktikus jégtakaró, nyáron	+0,5 – 2,0 °C	~ 10 év (gyors)	többletmelegedés
Grönlandi jégátsátság	+1,0 – 2,0 °C	~ 300 év (tartós)	2–7 méteres vízszintemelkedés
Nyugat-antarktiszi self-jégtömb	+3,0 – 5,0 °C	~ 300 év (lassú)	5 m-es vízszintemelkedés
Észak-atlanti szállítószalag gyengül	+3,0 – 5,0 °C	~100 év (fokozatos)	az európai időjárás átalakulása, de nem jégkorszak

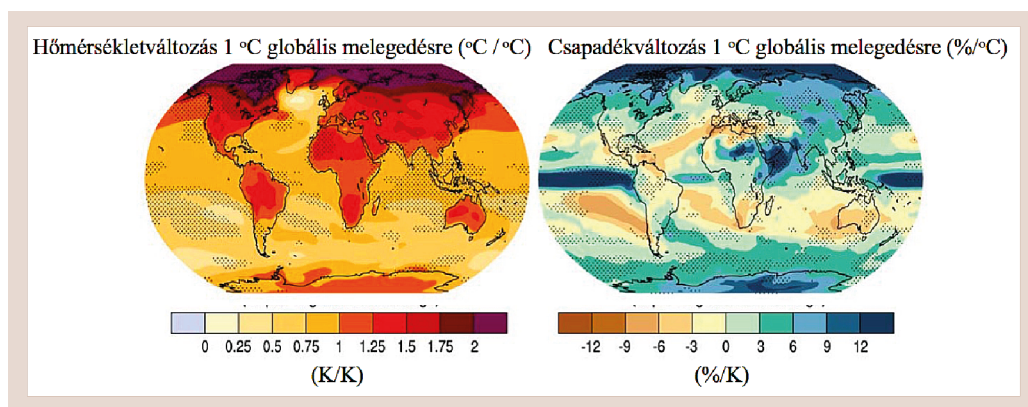
1. táblázat. A földi éghajlat azon kritikus billenőpontjai, amelyet elérve a melegedés már kritikus minőségi ugrást szenvedhet (Lenton et al. 2008 nyomán)

megállítani a változást, hanem később vissza is kell hűteni, mert különben a grönlandi jég makacsul tovább olvad és emeli a tengerszintet. A táblázatban összefoglalt globális ugrások mellett még egy tucat regionális léptékű kritikus ugrást ismerünk, például az El Niño–La Niña oszcillációval kapcsolatban.

Hogyan alakulnak a regionális változások és a szélsőségek?

Természetesen az éghajlatváltozásnak nem a földi átlaghőmérséklet változása a lényege, hanem az, hogy az egyes térségekben hogyan alakulnak a legfontosabb meteorológiai elemek, elsősorban hőmérséklet és a csapadék mennyisége. Az 5. ábra az évi átlaghőmérséklet és az éves csapadékösszeg várható változásait mutatja be 1 °C globális melegedésre vonatkoztatva. Nos, a hőmérséklet változása a poláris térségben a legerősebb, többszörösen meghaladhatja a földi átlag változását, ugyanakkor az egyenlítői területeken sokkal kisebb a változás. A csapadékváltozás még különlegesebb. Az Egyenlítő térségében – ahol eddig is bőséges volt a csapadék – egy kicsit nő a mennyisége, a monszunterületeken is, sőt az 50° földrajzi szélességtől északra ugyancsak nő a csapadék éves hozama. Ugyanakkor mindenhol máshol (így például hazánkban és a tőlünk délebbi területeken) viszont csökken, sokfelé jelentősen csökken a csapadékhozam.

Azt biztosan állíthatjuk, hogy az üvegházhatás erősödése a Föld légkörének melegedésével jár együtt, viszont gyakran szoktuk – helytelenül – azt is említeni, hogy a **szélsőségek** gyakoribbá és intenzívebbé válnak a melegedő éghajlattal párhuzamosan, noha ez



5. ábra. Az évi középhőmérséklet (balra) és a csapadékösszeg (jobbra) megváltozása 42 kapcsolt óceán–légkör modell átlagában, egységnyi (1 °C) globális hőmérsékletváltozásra vetítve. A térképek az 1986–2005 közötti időszak modellbeli átlagaihoz képest értendők a 2081–2100 átlagában (forrás: IPCC 2013 12.41. ábra alsó része)

nem ilyen egyértelmű. Van egy sor olyan szélsőség, amely valóban szaporodik, de vannak olyanok is, amelyek ritkulnak. Szaporodik például az egy-egy nap alatt lehulló csapadék mennyisége a mérsékelt övezet széles sávjában, de egyértelműen ritkul a $-20 - -25\text{ °C}$ -os hidegek gyakorisága. Ugyanakkor a nyári hőmérsékleti maximum gyakrabban éri el a kritikus $35-40\text{ °C}$ -ot. Ezt már a mostanában megfigyelt adatokon is látjuk a világ nagy részén, így Európában is. A csapadék szélsőségei érdekes kettősséget mutatnak. Majdnem mindenhol szaporodnak az eseti, nagymennyiségű csapadékok, tehát a néhány óra, egy nap alatt lehulló 50–100 milliméter értékű csapadékhozamok, de ugyanakkor az aszályok időtartama is növekszik.

Meg kell állapítanunk, hogy a cirkuláció összetevői közül az északi területeken egyre gyakoribbak az erőteljes mérsékelt övezeti ciklonok, amelyek nagy széllel, heves esőzéssel és jelentős borultsággal járnak. A trópusi ciklonok számával és erősségével kapcsolatban úgy tűnik, hogy míg a nagyon erős örvények száma nő, addig a gyengébb trópusi ciklonok száma nem változik. Mindezekkel szemben jó hír, hogy a mérsékelt övezet örvényei, a tornádók gyakorisága nem mutat növekedést, még az ilyen forgószélnek nagyon kitett amerikai kontinensen sem.

A szélsőségek alakulásának megbízható kimutatását nehezíti, hogy az **éghajlati rendszer belső ingásai** jó néhány évig is tarthatnak (mint például az írás elején bemutatott globális melegedési hiány). Ezek a belső ingások – minden külső ok nélkül is – néhány évig az átlagtól eltérő időjárást tudnak okozni. További probléma a megfigyelt adatok inhomogenitása, azaz a mérési körülmények (pl. településen belüli helyszínek, időpontok, műszerek) változása.

Milyen globális következmények várhatók?

A globális felmelegedés legegyszerűbb következménye a **tengervíz szintjének megemelkedése**. Ennek fő oka a **hőtágulás**; a víznek kismértékben bár, de nagyobb a térfogata akkor, ha emelkedik a hőmérséklete. Körülbelül ezredrész arányban, de hát a tengervíz szintje csaknem 4 kilométer mély, még szerencse, hogy csak a teteje melegszik eleinte. Ezidáig körülbelül 300 méter mélységig tudtuk mindenhol megfigyelni a melegedés okozta térfogatváltozást. A másik ok a **szárazföldi jegek olvadása**, itt az antarktiszi, a grönlandi és az egyéb kisebb gleccserek oladásáról lehet szó. Eddig körülbelül 18 centimétert emelkedett a tengervíz szintje, és az előrejelzések szerint legjobb esetben ugyanennyit, rosszabb esetben körülbelül 60 centimétert fog emelkedni a századunk

végére. A tengerszint emelkedésének a fő következménye az, hogy a víz területet nyer a szárazföldről, tehát a tengerparti országok, városok vagy sokkal magasabb gátat kénytelenek építeni, vagy arrébb kell költözniük. A magasabb gát építésének van olyan korlátja is, hogy a felszín alatti vizek akkor is feltörnek, ha a tengertől elbarikádozzuk, hiszen alul a gát alatt összeköttetésben van a belső vizekkel. Hátrányos következménye a tengervíz emelkedésének az is, hogy a sós víz betör az édesvízi torkolatokba és ott átalakítja az élővilágot. A tengerszint emelkedésének következménye sajnos a menekültek nagyszámú növekedése. Ha ilyen ütemben változik az éghajlat, mint eddig, akkor 2050-re az ENSZ Menekültügyi Főbiztossága szerint 250–1000 millió ember lesz kénytelen elhagyni a lakóhelyét, lesz **éghajlati menekült**. Ennek elkerülése érdekében kifejtett tevékenységéért kapott 2007-ben Nobel-békedíjat az ezzel foglalkozó Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC).

Az éghajlatváltozás további következménye a **vízellátottság megváltozása**. Ez a változás különösen a kontinenseken kritikus. A vízmérleg bevételi oldala a csapadék, ami területileg változó módon és mértékben alakul a melegezés során. A kiadási oldal a párolgás, ami a hőmérséklet emelkedése miatt szinte mindenhol emelkedni fog, tehát veszteségesebbé válik. A csapadékhozam az egyenlítői övben, illetőleg körülbelül az 50° földrajzi szélességtől északra növekszik éves átlagban. A két terület közötti részen azonban csökken, így éppen ott, ahol jellemzően amúgy is szárazabb az éghajlat, sajnos még szárazabbá válik, míg az Egyenlítő vidékének nedves éghajlata egy kicsit még nedvesebb lesz. A már most is száraz területeken nagyon nagy hátrány a fokozódó vízhiány.

Az éghajlatváltozás mindenképpen alkalmazkodásra kényszeríti a növényeket is. A természetes növénytakaró igazodási képessége gyengébb, mint amilyen gyorsan a változás végbemegy. 1 °C hőmérsékletemelkedés körülbelül 100 kilométerrel tolja el az övezeteket, és ez az 1 °C-nyi emelkedés még közepes mértékű változás esetén is mintegy 50 év alatt megtörténne. Ilyen gyors alkalmazkodáshoz az erdőségek nem szoktak hozzá; még akkor sem tudnának ilyen gyorsan áthelyeződni, hogy ha korlátlan zöld folyosó állna rendelkezésre, de tudjuk, hogy sok helyen az ember már elgátolta ezeket a zöld folyosókat. Tehát azok az erdőségek, amelyek peremén az éghajlat kedvezőtlenre fordul, el fogják veszíteni eddigi termőképességüket és a versenyben valószínűleg alulmaradnak. A termesztett növények esetében egy kicsit jobb a helyzet, hiszen ezt akár évről évre tudjuk alakítani. A többi élő növénynek nem annyira hosszú az életciklusa, mint mondjuk az erdőségekben élőknek, de egy alapos, átgondolt növényzettervezést ezek is igényelnek, tehát néhány évtizedre előre látni kell a változást.

Városaink, településeink sem maradnak érintetlenek az éghajlatváltozástól. A városi éghajlat sajátossága, hogy gyorsabban elnyeli a nedvességet, tehát egy kicsit szárazabb az éghajlata. A háztetők és az útburkolatok fényvisszaverő képessége kisebb, tehát erősebben melegsenek. A házak korlátozzák az átszellőzést, tehát fülledtebb, szerencsétlen esetben szennyezettebb a levegőjük, mint a kisebb településeké. Ez a városi hőmérséklet-különbség, amit **városi hősziget hatásnak** nevezünk, anticiklonos időjárási helyzetekben a legerőteljesebb. Az éghajlatváltozás folytán bizonyos térségekben az anticiklonosság erősödik, konkrétan Közép- és Dél-Európában minden valószínűség szerint az év téli felében növekedni fog. Már eddig jelentősen több anticiklont tapasztaltunk az utóbbi 50 évben, mint korábban. Tehát azt kell mondanunk, hogy ha egyetlen házzal sem épül több a városainkban, akkor is ez az éghajlati tényező kereszthatásként erősíti a városi hősziget hatást.

Az éghajlatváltozásnak az emberi egészségre is hatása lesz az időjárási helyzetek gyakorisági eloszlásának a megváltozásán keresztül. A legkritikusabb a magas hőmérséklet, ami az elmúlt évtizedekben Európában a legtöbb halálos áldozatot szedte. A nyári hőségriadó már 25 °C-os napi középhőmérsékletnél elrendelhető, a három napon át 27 °C-ot meghaladó értéknél pedig már a harmadfokú készütséget hirdetjük ki. A 2003-as párizsi nagy halálozási epizód – ami egész Európában 70 000 fős többlethalálozást okozott – azt a tanulságot hozta, hogy ilyenkor nemcsak a súlyos betegek korai halálozási valószínűsége növekszik, hanem sokan olyanoké is, akik enélkül még évekig élhettek volna. Erre abból következtettek a szakértők, hogy a hőségriadó elmúltával a következő hónapokban nem esett az átlag alá a halálozás.

Hogyan alakul az éghajlatváltozás hazánkban és milyen következményei lehetnek?

Hazánkban a hőmérséklet emelkedése kicsit gyorsabbnak várható, mint földi átlagban. Ezen belül a nyári időszak melegedése lesz a legerőteljesebb. A téli is jelentős, az átmeneti évszakoké kevésbé meredek. A nyári melegedéshez hozzájárul a mediterrán térségre jellemző, hozzánk is benyúló felhőzetcsökkenés, ami egy cirkulációs változásnak a következménye.

A 2021–2050-es időszakra mintegy 1,5 °C-os az évi középhőmérséklet várható emelkedése 1961–1990-hez képest. A századunk végére 3,5 °C-kal emelkedhet a Kárpát-medence hőmérséklete. A csapadék változása előjelében és hatásaiban is negatív, a négy évszak közül csak az őszi a növekedése mutatkozik a vizsgált időszakban. Ez azért hátrányos, mert főleg a tavaszi és nyári időszakban lenne nagy szükség a csapadéokra.

A globális hőmérséklet emelkedésével párhuzamosan csökken azon időszakok aránya, amikor hó esik a mérsékelt övezet nagy részén, több lesz az esős időszak. A Kárpát-medencében már az elmúlt évtizedekben jelentősen csökkent akár a hótakaró időtartama, akár a havas napok száma. A csapadék és a hőmérséklet összjátékának másik vonatkozása az, hogy a csökkenő vízbevétel és a növekvő párolgás együttesen lecsökkenti a talaj nedvességtartalékát, és jelentősen lecsökkenti a lefolyást is. Tehát kevesebb vízzel számolhatunk akár a folyók vízkészletét, akár talajvizet tekintve, de ugyanez a helyzet a tavak vízkészletével is.

A felmelegedés legnegatívabb következménye tehát Magyarországon elsősorban a **kevesebb víz** lesz. A zöldtömegképződésnek már ma a víz a legfőbb korlátozó tényezője hazánkban, hiszen hőmérséklet és napfénytartam elegendően áll rendelkezésre. Várható továbbá, hogy ritkábban hullik majd csapadék, de amikor esik, akkor nagyobb mennyiségben, ebből következően növekedni fog az úgynevezett villámárvizek száma.

Amit tennünk kell az éghajlat változásával kapcsolatban

Van-e remény a változások csökkentésére és mit kell tennünk ezért?

A világ szén-dioxid-kibocsátását négy tényező határozza meg: a népesség, a jólét, az energiahatékonyság és a szén-dioxid-hatékonyság. (Ehhez hasonlóan más üvegházgázok kibocsátása is ilyen tényezőkre bontható.) A népesség szerepe nyilvánvaló, minél több embert kell ellátni, annál több az összes kibocsátás. A jólétet úgy fogalmazzuk meg, hogy egy ember hány dollárt tud felhasználni. Az energiahatékonyságot úgy fogalmazzuk meg, hogy egy dollár nemzeti össztermék megtermeléséhez mennyi energia szükséges. A szén-dioxid-hatékonyságon pedig azt értjük, hogy egységnyi (pl. 1 MWh) energia mennyi szén-dioxid kibocsátása árán állítható elő. Tehát e négy tényező között kell keresnünk a megoldást. Ebből a világ népességszámát elég nehéz egyértelműen csökkenteni, hiszen jelenleg növekvő tendenciát mutat. A jólétet sem érdemes visszafogni, legfeljebb csak nagyon kevés helyen lehet túlzott pazarlásról szólni, a világ nagy részén jogos további felhasználás elébe kell néznünk. Ahol a megoldást kereshetjük, az az energiahatékonyság és a szén-dioxid-hatékonyság, azaz kevesebb energiával termelni a dollárt és kevesebb szén-dioxiddal az energiát. Az alábbiakban ennek lehetőségeit tekintjük át.

A **kibocsátás mérséklésének** egyik lehetősége az **energiatakarékosság**. Ezen azt értjük, hogy házainkat szigeteljük, gyártmányainkat pedig kevesebb energia

felhasználásával állítjuk elő. A másik lehetőség az, hogy a földgáz használata egy kicsit kevesebb szén-dioxidot jelent ugyanennyi energiatermelés mellett, mint a kőolajé, és még kevesebbet, mint a kőszéné. Tehát a szükséges energia minél nagyobb hányadát nyerjük földgázból a szénnel szemben, annál kevesebb üvegházhatású gázt bocsátunk ki. Következő lehetőség az **erdők telepítése**. Napjainkban sajnos még pusztulnak az erdők, évente elvész egy belgiumnyi terület, de ha ezt sikerül visszafordítanunk, az segít a szén megkötésében. Van egy olyan mesterséges széndioxid-megkötési közelítés is, hogy a kibocsátott szén-dioxidot nem engedjük ki a levegőbe, hanem visszatartjuk, és elhelyezzük valamiképpen a felszín alatt. Kérdés, hogy megoldást jelentenek-e az atomerőművek, mert bár azok kevés szén-dioxidot termelnek, sok egyéb más környezeti problémájuk van. A nukleáris energia termelésének stagnálásából azonban úgy tűnik, hogy az atomenergia sem teljes megoldás.

Az éghajlatváltozás mérséklésében nagy reményt fűzhetünk a **megújuló energiaforrások** (nap-, szél-, víz-, geotermikus energia, földhő, bioenergia és az óceánok hullám- és árapályenergiája) használatához. Ezek nagy része alig bocsát ki szén-dioxidot, legfeljebb az eszközök megtermelése, szállítása jelent üvegházgáz-erősödést. A napenergia mennyisége például néhányszorosán fedezni tudná az egész Föld energiaszükségletét is, de ehhez nagyon nagy területeket kellene napelemekkel borítani, ami végül is nem reális elképzelés. A szélenergia is nagyon sok helyen jelentős mennyiségben rendelkezésre áll. Minél magasabbra helyezzük a lapátot, amit a szél forgat, annál több energiára tehetünk szert. A bioenergia megítélése néha vitatott, ugyanis sajnos bioenergiának számít az is, amikor egyszerűen elégetjük a tűzifát vagy a bútorfát. Másik probléma, hogy élelmiszertermelésre kellene hasznosítanunk a Föld területének nagy részét. A vízenergia számos térségben korlátozott, például Magyarországon a folyók kis esése miatt kevés a kiaknázható vízenergia. Az óceáni energia termelése jelenlegi nagyságrendekkel elmarad más megújuló formákkal szemben, aminek az energia kinyerése és felhasználása közötti távolság a fő oka.

Hogyan tudnánk mi magunk takarékoskodni az energiával? Hogyan tudnánk kevesebb szén-dioxidot kibocsátani? Az energiatakarékosság azt jelenti, hogy kevesebbet fizessünk az energiáért és azt a pénzt másra használjuk fel, egyszersmind segítve a Föld éghajlatának a megkímélését és más környezetszennyező tevékenységek visszaszorítását is. Amikor a lakásban vagyunk, megtehetjük, hogy egy fokkal csökkentjük a hőmérsékletet – pl. nem 24 °C-ra, hanem 23 °C-ra fűtjük fel –, és máris 6%-kal csökkentjük az erre fordított összeget. Ha lefedjük a főzéskor konyhában az edényünket, azzal is néhány

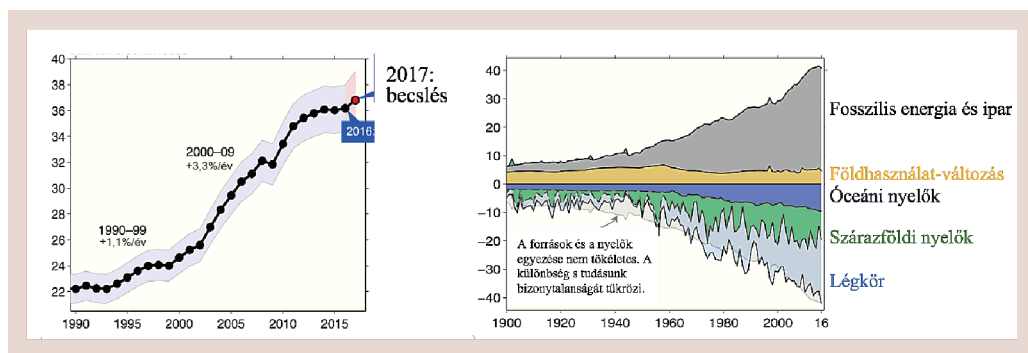
százalékot megtakarítunk. Ha kuktában főzünk, akkor alacsonyabb hőmérsékleten jön létre a forrás, ami az ételt megpuhítja. Amikor a fürdőszobában zuhanyozunk, sokkal kevesebb vízzel meg tudunk fürdeni, mintha teljes kádat megtöltenénk. Érdekes az ablakokat szigetelni és az autóval alacsonyabb sebességgel haladni. Ha megtehetjük, hogy ne siessünk, akkor óránként 80 kilométerrel haladva 30%-kal kevesebb üzemanyagot égetünk el, mintha végig 120 km/h sebességgel haladnánk. A fenti példák mindegyike olyan, ami anyagi haszonnal is jár!

Az alábbiakban két diagramot mutatunk be (6. ábra). Elsőként lássuk, hogyan alakult a szén-dioxid kibocsátása 2016-ig, illetve becsült értékként 2017-ben. Látható, hogy a nem mezőgazdasági kibocsátás néhány évi stagnálás után ismét nőtt 2017-ben, még hozzá évi mintegy 2%-kal. A légköri szén-dioxid-koncentráció növekedése ugyanakkor folyamatos, mivel a stagnáló évek kibocsátása is jelentősen meghaladja azt a szintet, amit az óceánok és a szárazföldek még semlegesíteni tudnak. (Meg kell ugyanakkor jegyeznünk, hogy e szférák semlegesítő képessége a mai kibocsátások mellett ekkora, kisebb kibocsátás esetén szerényebb lehet.) Minél jobban megközelítjük hosszabb távon a nulla kibocsátást, annál biztosabb, hogy a koncentrációk nem nőnek tovább, ezáltal már csak az óceáni hőelnyelés miatti „büntető melegedés” emeli a hőmérsékletet. (Ezen azt értjük, hogy már stagnáló koncentrációk mellett még mindig emelkedni fog a légkör hőmérséklete, mert a megelőző évtizedek növekvő kibocsátása miatt keletkezett hőtöbblet – amely eleinte csak az óceánokat melegítette – egy részét az óceán késleltetve adja át a légkörnek.)

Mit ígér a Párizsi klímamegállapodás és mire elég ez?

A végső feladat a melegedés lefékezése, majd megállítása, amihez a légkör állandó összetétele szükséges. Ez nem kevesebbet követel, mint azt, hogy ne bocsássunk ki több üvegházgázt, mint amennyit a földi szférák, elsősorban az óceánok mélye és a bioszféra el tud nyelni. A szén-dioxid esetében az óceáni mészkőpadozat és a növényi fotoszintézis képes erre. Ez az elnyelő képesség 60–80%-kal kisebb, mint a mai kibocsátás, vagyis ennyivel kell lecsökkenteni a kibocsátást ahhoz, hogy ne növekedjen a gázok koncentrációja!

A klímapolitika régóta a 2 °C-os küszöböt szorgalmazza. Ennek egyik oka, hogy akkor biztosabban sikerül a 3 °C, a másik ok a tengerszint folyamatos emelkedése, mint elkerülendő probléma. A Párizsi megállapodás (2015) lehetőség szerint 1,5 °C-hoz közeli stabilitást tűzne ki célul az ipari forradalom előtti értékhez képest. E cél realizálásának



6. ábra. A fosszilis energiahasználat és a cementgyártás miatti CO₂-kibocsátás (GtCO₂/év: balra), valamint az összes kibocsátás és annak megoszlása a földi szférák között (GtCO₂/év: jobbra) (Le Quéré et al. 2017). A jobb oldali ábrán a nyelők összege nem mindig adja ki a forrásokét, vagyis ismereteink pontossága korlátozott.

megítéléséhez vegyük figyelembe, hogy egyrészt már eddig végbement földi átlagban 1,0 °C-os melegedés, másrészt, hogy a légkör összetételének állandósulása után még 0,3–0,4 °C-os, ún. „büntető melegedés” következik be majd amiatt, hogy a nagy hőkapacitású óceánok, amelyek nem engedték egészében érvényre jutni az üvegházhatás erősödését, később tovább fogják melegíteni a felszínközeli levegőt. E két értéket összeadva már majdnem 1,5 °C-nál tartunk!

A Párizsi megállapodást az egyes országok vezetői számára a Föld napjától, 2016. április 22-től számítva egy évig tartották nyitva az országonkénti ratifikáció (nemzeti jogrendbe iktatás) lebonyolítására, és azt követően aláírásra az ENSZ New York-i székhelyén. A megállapodás az országonként tett felajánlásokkal együtt legkorábban 2020. január 1-jén válik majd érvényessé, amihez legalább 55 ország csatlakozása szükséges, és az, hogy az általuk képviselt együttes kibocsátás is elérje az 55%-ot. Szerencsés módon a számokat 2016. október 5-re elértük, így a Párizsi klímamegállapodás egy hónappal később, 2016. november 4-én életbe lépett.

Az egyes országok eddigi önkéntes vállalásai azonban nem elegendők a globális melegedés 2 °C alatt tartásához. A szerény eredmény fő oka, hogy egyes nagy kibocsátók csekély vállalásokat tettek, pl. Kína csak azt, hogy 2030-tól nem növeli a kibocsátást. Hazánk az EU minden országával azonos, 40%-os csökkentést vállalt 2030-ra. Az Amerikai Egyesült Államok 26–28%-os csökkenést vállalt 2025-re a 2005-ös állapothoz képest. Kína és az Amerikai Egyesült Államok összevetéséhez fontos tudni, hogy bár abszolút mértékben Kína kibocsátása egyértelműen meghaladja az USA-ét, de egy főre

vetítve egy kínai polgár csak felét bocsátja ki az amerikai átlagnak. (Azóta az Amerikai Egyesült Államok elnöke bejelentette, hogy 2020-tól országa kilép a megállapodásból.) A Párizsi megállapodás felülvizsgálatára és lehetőség szerint újabb, a mostaninál még nagyobb vállalások rendezett megtételére 2023-ban nyílik majd lehetőség.

Vannak-e olyan geomérnöki megoldások, amelyekkel tovább enyhíthető a melegedés?

A legutóbbi IPCC Jelentés gyűjtötte össze először azokat a **geomérnöki megoldásokat**, amelyek a kibocsátások szükséges korlátozása mellett további lehetőségeket kínálnak a felmelegedés lassítására. Az elképzelések két nagy csoportja a szén-dioxid elnyelésének erősítése, illetve a bolygó fényvisszaverő képességének az erősítése.

Az első csoportban olyan elképzelések sorakoznak, hogy alkálifémek és vas tengerbe juttatásával erősítsük az óceáni moszatokat, fokozva ezzel fotoszintézisüket, azaz a szén-dioxid-elnyelésüket. Technikailag megoldható a keletkező szén-dioxid kivonása a légkörből, illetve olyan növények előtérbe helyezése, amelyeknek nagyobb a zöldtömege, de máskülönben ugyanazt nyújtják, mint szerényebben fotoszintetizáló társaik. Végül jó megoldás lenne minél nagyobb területek erdősítése.

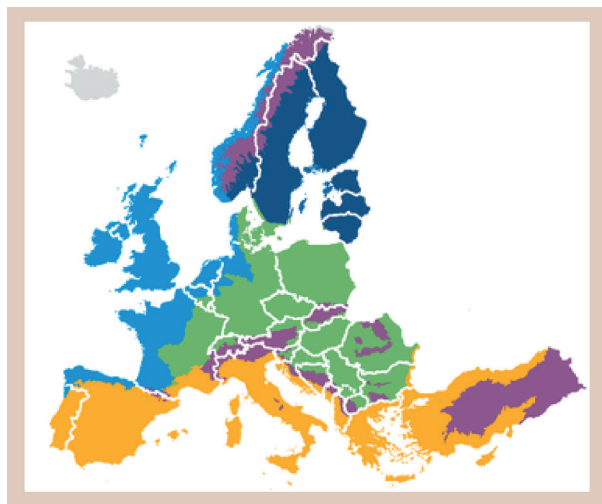
A második csoportba az elvben legegyszerűbb megoldások tartoznak. Például olyan óriási tükrök felszerelése a felszínen vagy a világűrben, amelyek sok napenergiát visszavernek. Felmerülhet a napsugarakat szóró aeroszolok feljuttatása a sztratoszférába (mert lejjebb gyorsan kimosódna), illetve a felhők szerkezetébe való beavatkozás szulfátsók bejuttatásával, hogy így erősítsük a korábban említett közvetett aeroszolhatást. Érdekes ötlet a vízfelszínnek buborékosítása, mert az ilyen felszín több napfényt ver vissza, mint a sima vízfelszín. Itt is érdemes a célhoz alkalmas olyan növényeket előtérbe helyezni, amelyek fényvisszaverő képessége nagyobb a többinél, de egyébként ugyanazt a használati értéket nyújtják (például a lombos erdők jóval több fényt vernek vissza, mint a fenyő-erdők). A sor végén itt is egy már ismert lehetőség, a háztetők és útburkolatok világosabb színű kivitelezése említhető, amit gyakorta javasolnak a városi hőszigetetés tompítására.

Bár egyes fenti megoldásokra már akadnak kísérleti jellegű példák, mégis azt kell mondanunk, egyrészt az egyes elképzelések műszaki és gazdasági kivitelezhetősége terén nincs elegendő ismeretünk ahhoz, hogy ezek lehetőségek felmerüljenek a klímavédelmi tárgyalások során, másrészt jelen előkészítettségében azt sem tudjuk a legtöbb elképzelésről megállapítani, hogy nincsenek-e olyan környezeti következményeik, amiket jobb lenne elkerülni.

Mit jelent az alkalmazkodás és mikor kell hozzákezdeni?

Az **éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás**on azt a tevékenységet értjük, amelynek célja a változából fakadó hátrányok mérséklése és az esetleges előnyök felhasználása. Az alkalmazkodáshoz a legtöbb esetben egy-két évtized elegendő, kivéve talán a hosszú ciklusú erdők telepítését. Az éghajlat változásaihoz való alkalmazkodás lényege, hogy már ma olyan épületek és más műtárgyak szülessenek, amelyek megfelelnek az előrevetített jövőbeli éghajlatnak. A példák közül csak néhányat említve: szárazságtűrő növények, nagy esőt is elvezető csatornák, a csapadék későbbi felhasználását lehetővé tevő tározók, a kevesebb hó- és zúzmaraterhelésnek megfelelő háztetők és elektromos vezetékek, kisebb hőigényre, de fokozottabb hűtésre tervezett fűtő és hűtő alkalmatlanságok stb.

A kibocsátás mérséklésének mindenütt univerzális lehetőségeivel szemben az alkalmazkodás országonként, sőt térségenként, településenként is más-más feladatokat és megvalósítási lehetőségeket jelent. Ehhez ismerni kell az adott térség sajátosságait és az ott valószínűsíthető éghajlatváltozást. Az EEA 2017. évi jelentése minden, a tudományos irodalom által megállapított, tapasztalt és előrejelzett hatást magába foglalt (7. ábra, 2. táblázat). Európa egyes térségeit hét típusba sorolja és összesíti, hogy hol milyen hatásokra kell számítani, azaz mihez érdemes alkalmazkodni. Megjegyezzük, hogy az időjárás szélsőségeihez is fontos alkalmazkodni, de ez csak részben esik egybe az évtizedes éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás feladataival.



7. ábra. Európa hét főbb régiója, ahol az éghajlati változások hatásai megjelennek (2. táblázat)

1. Északi sarkkör

A hőmérséklet emelkedése messze meghaladja a globális átlagot
A tengeri jéggel borított terület csökken
A grönlandi jégtakaró visszahúzódik
Az örökfagy (permafroszt) kiterjedése csökken
A biodiverzitás csökkenésének veszélye nő
Új lehetőség nyílik természetes erőforrások kiaknázására és tengeri szállításra
A helyi lakosok megélhetése veszélybe kerül

2. Tengerparti régiók, tengerek

A tengerszint megemelkedik
A tenger felszíni hőmérséklete megemelkedik
A tengervíz savasodik
A tengeri élővilág északra vándorol
Új kockázatok és némi új lehetőségek nyílnak a halászat számára
Fitoplankton-együttesek megváltoznak
Megnövekedett számú tengeri holtterületek jönnek létre
Vízzel terjedő betegségek veszélye fokozódik

3. Mediterrán régió

Fokozottan szélsőséges hőmérséklet alakul ki
A csapadék- és vízmennyiség csökken
A szárazság veszélye fokozódik
A biodiverzitás csökkenésének veszélye nő
Erdőtüzek veszélye fokozódik
Erősödő verseny alakul ki a vízhasználók között

4. Atlanti-régió

Nagy intenzitású csapadékesemények gyakoribbá válnak
Folyók vízhozama növekszik
A folyami és tengerparti áradások veszélye fokozódik
Súlyosabb károkat okozó téli viharok lépnek fel
A fűtés energiaigénye csökken
Számos éghajlattal kapcsolatos veszély fokozódik

5. Boreális régió

Nagy intenzitású csapadékesemények gyakoribbá válnak
A hó mennyisége, a tavak és folyók jégborítottsága csökken
A csapadék mennyisége és folyók vízhozama nő
Az erdősülés fokozódik, az erdei kártevők elszaporodnak
Súlyosabb károkat okozó téli viharok lépnek fel
A terméshozamok nőnek

5. Boreális régió (folytatás)

A fűtés energiaigénye csökken
 A potenciális vízenergia nő
 A nyári turizmus megnő
 A mezőgazdaság vízigénye fokozódik
 A terméshozamok csökkennek
 Az állattenyésztés kockázatosabbá válik
 Nő a halálozási ráta a hóhullámok idején
 A járványok élettere megnövekszik
 Az energiatermelés lehetőségei szűkülnek
 A hűtési energia iránti igények növekednek

6. Hegységi régiók

Az európai átlagnál erősebben melegednek
 A gleccserek kiterjedése és térfogata csökken
 A növények és állatok magasabb régiókba vándorolnak
 Fajok kihalásának veszélye fokozódik
 Az erdei kártevők elszaporodnak
 Hegyomlások, földcsuszamlások veszélye nő
 A vízenergia adottságai változnak
 A síturizmus csökken

7. Kontinentális régió

A hőmérsékleti szélsőségek gyakoribbá válnak
 A nyári csapadék csökken
 A folyók áradásának veszélye fokozódik
 Erdőtüzek veszélye fokozódik
 Erdők gazdasági értéke csökken
 A hűtéstechológia energiaigénye megnövekszik
 A nyári turizmus csökken, a turizmus más évszakokban potenciálisan nő
 Számos éghajlati veszély fokozódik
 A legtöbb iparágat negatív hatások érik
 Az Európán kívüli éghajlatváltozás káros hatásai fokozott veszélyt jelentenek

2. táblázat. A legfontosabb éghajlati változások és hatások Európa hét főbb régiójában (EEA, 2017: MAP ES1)

Irodalom

EEA 2017: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. – European Environment Agency. 419 p.

FIELD, C. B. – BARROS, V. R. – DOKKEN, D. J. – MACH, K. J. – MASTRANDREA, M. D. – BILIR, T. E. – CHATTERJEE, M. – EBI, K. L. – ESTRADA, Y. O. – GENOVA, R. C. – GIRMA, B. – KISSEL, E. S. – LEVY,

- A. N. – MACCRACKEN, S. – MASTRANDREA, P. R. – WHITE, L. L. (szerk): IPCC 2014 – Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, Cambridge & New York. 1132 p.
- LENTON, T. M. – HELD, H. – KRIEGLER, E. – HALL, J. W. – LUCHT, W. – RAHMSTORF, S. – SCHELLNHUBER, H. J. 2008.: Inaugural article: Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105. 6. 1786 p. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>
- LE QUÉRÉ, C. et al. (76 társszerzővel) 2017: Global carbon budget 2017. – *Earth Syst. Sci. Data Discuss.* <https://doi.org/10.5194/essd-2017-123>.
- MIKA J. 2011: Éghajlatváltozás, hatások, válaszadás. Főiskolai jegyzet. Eger, 128 p. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_MikaJanos-eghajlat-HU/ch01.html
- MIKA J. 2014: Szünetelő melegedés – kihívások és következtetések az IPCC jelentéseiben (2013–2014). – In: Sansumné Molnár J.–Siskáné Szilasi B.–Dobos E. (szerk.): VII. Magyar Földrajzi Konferencia. pp. 421–428. http://www.uni-miskolc.hu/~foldrajz/Foldrajzikonferencia/magyar_foldrajzi_konferencia.html
- Párizsi Megállapodás 2015. http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf
- SOLOMON, S. – QIN, D. – MANNING, M. – CHEN, Z. – MARQUIS, M. – AVERYT, K. B. – TIGNOR, M. – MILLER, H. L. (szerk.): IPCC 2007 – Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, Cambridge & New York.
- STOCKER, T. F. – QIN, D. – PLATTNER, G.-K. – TIGNOR, M. – ALLEN, S. K. – BOSCHUNG, J. – NAUELS, A. – XIA, Y. – BEX, V. – MIDGLEY P. M. (szerk.): IPCC 2013 – Climate Change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, Cambridge & New York. 1535 p. <http://berkeleyearth.org/global-temperatures-2017/>
<http://www.bom.gov.au/info/climate/change/gallery/1.shtml>

FELHÍVÁS A VII. NEVELÉSTUDOMÁNYI ÉS SZAKMÓDSZERTANI KONFERENCIÁRA

Az International Research Institute s.r.o. 2019. január 22–24. között a szlovákiai Párkányban rendezi a magyar nyelvű VII. Neveléstudományi és Szakmódszertani Konferenciát.

A tervezett témák, szekciók felölelik a pedagógia széles területét, melyek közül földrajz-tanárok számára az alábbiak lehetnek érdekesek:

- szakmódszertanok, szaktárgyi didaktikák, oktatási módszerek;
- alternatív pedagógiák, reformpedagógiák;
- hátrányos helyzet, halmozottan hátrányos helyzet, gyermekvédelem;
- info-kommunikációs technológiák az oktatásban, e-learning;
- környezetpedagógia;
- pedagógiai értékelés;
- pedagógusképzés, tanárképzés;
- személyiségfejlődés, személyiségfejlesztés, szociális képességek, szociális tanulás;
- tankönyv, taneszköz, iskolai eszközök és felszerelések;
- természettudományi oktatás, képzés, nevelés;
- felsőoktatás didaktikája és szakmódszertana.

Helyszín: **Kultúrny dom, Hasičská 25, 943 01 Štúrovo, Szlovákia**

További információk: <http://www.irisro.org/Felhivas7NSZK2019.pdf>

A konferencia e-mail-címe: educatio@irisro.org (vagy eduscience.hu@gmail.com)

KINECTO-MORPHO-LÓGIA

A FELSZÍNFORMÁK TANULÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A KITERJESZTETT VALÓSÁG SEGÍTSÉGÉVEL

KINECTOMORPHOLOGY – A NEW ASPECT IN TEACHING AND LEARNING OF GEOMORPHOLOGICAL FEATURES

PIRKHOFFER ERVIN^{1a} – CZIGÁNY SZABOLCS^{1b} – FÁBIÁN SZABOLCS ÁKOS^{1c} – VALKAY ALEXANDRA ILONA^{1d} – VARGA GÁBOR^{1e} – MÁTÉ ANDREA^{2f} – BALOGH RICHÁRD^{1g} – HALMAI ÁKOS^{1h}

¹Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet

²Pécsi Tudományegyetem Kultúratudományi Pedagógusképző és Vidékfejlesztési Kar

^apirkhoff@gamma.ttk.pte.hu, ^bsczigany@gamma.ttk.pte.hu, ^csmafu@gamma.ttk.pte.hu, ^dvalkays2@gamma.ttk.pte.hu,

^egazi@gamma.ttk.pte.hu, ^fandrea@igyk.pte.hu, ^gbrichard@gamma.ttk.pte.hu, ^hhalmaia@gamma.ttk.pte.hu

Abstract

One of the major challenges of elementary and high school geography education is the mapping of real 3D morphological features and their visualization in 2D environments. Similarly, for students of the X-generation, it is rather difficult to understand how map symbols and tools of conventional maps represent real 3D morphological features. In the current study a novel method was elaborated at the Institute of Geography and Earth Sciences of University of Pécs which facilitates the learning and perception of geographical mapping and visualization by employing Artificial Reality methods. The AR system is a coupled sandbox-GIS system connected to a Kinect™ device with which the process of visualization is achieved through gamification and via easily acquirable and playful practices.

Keywords: Kinect™, gamification, geomorphology, visualization

Bevezetés

Az iskolás gyermekek életkori sajátosságaihoz illeszkedve egyre jobban tárgul a megismerendő környezet: az iskola, a közvetlen lakóhely világából fokozatosan kitekintünk a tágabb földrajzi környezet felé. Így ismerkednek meg a felszíninformák egyre összetettebb világával, fejlődésükkel és ezek térképi ábrázolásával. A térbeli tájékozódás fejlesztése és a térképhasználat kompetenciájának fejlesztése folyamatos elvárás a környezet- és a természetismeret, valamint a földrajz tantárgyaknál. A mai iskolai generációk még inkább igénylik a vizuális szemléltetést, az interaktivitást.

A tanulók a természettudományi ismeretekhez nemcsak az iskola nyújtotta keretek között jutnak hozzá. Számukra az információs és kommunikációs technológiák (IKT) alkalmazása a mindennapi élet része. Az oktatóval ellentétben a 6–18 éves korosztály számára az AR, VR, MR (Augmented Reality, Virtual Reality, Mixed Reality) rövidítések nem egy elvont világ részei, hanem a mindennapi realitásé. Esetünkben két másik megközelítés, az oktatási módszerek legújabb irányai, a gamification (játékosítás) (FROMANN R. – DAMSA A. 2016, RIGÓCZKI Cs. 2016) és az edutainment (szórakoztatva tanítás) nem egy megtanulandó, nehezen elsajátítható, idegennek érzett eszköz használata (mint a tanárok nagy része esetében), hanem a mindennapi gyakorlatban alkalmazott eszközök egy más irányú, de felhasználását tekintve játékalapú megismerése.

Jelenleg a társadalom elvárása és a tanuló egyéni érdeke a digitális kompetenciák fejlesztése (FERRARI, A. 2012), amelynek lehetőségét a földrajz a digitális térképek vagy térképszerű ábrázolások megismertetésén és bemutatásán keresztül is nyújthatja. A **földrajzi tér digitális értelmezése**, felhasználása és a hozzájuk kapcsolódó technológiák alkalmazása része a digitális írástudásnak, tehát olyan alapvető képesség, amelynek hiánya esetén a tanuló hátrányokkal indul például a munkaerőpiaci versenyben.

A fiatalok teljes egészében az ‘N’ (Network) vagy a ‘D’ (Digital) generáció tagjai, avagy még pontosabb kifejezés rájuk, hogy ők a **digitális bennszülöttek** (Digital Natives; PRENSKY, M. 2001), akik beleszülettek a digitális világba, míg a tanárok jó része inkább csak digitális bevándorlónak tekinthető. Azonban be kell látnunk, hogy a digitális bennszülöttek nem fognak visszalépni és egy analóg rendszer – számukra érthetetlen, kényelmetlen, avagy meghaladott – részeit alkalmazni. Ez azért sem valószínű, mert a kutatások alapján az agyuk – a digitális világgal történő más típusú interakciók miatt – másfajta felépítésűvé válik (PRENSKY, M. 2001). A földrajzi tér megélésének, vizsgálatának és értelmezésének képére lefordítva a digitális bennszülöttek és a digitális bevándorlók ezek között a megoldások között választanak: GPS vagy térkép; Google® Maps vagy atlasz; Viamichelin.com vagy görgős távolságmérő; virtuális 3D vagy felülnézeti ábrázolás; mobiltelefonos iránytű alkalmazás vagy tájoló.

A térképek publikálásának legfőbb színterei a digitális eszközök, valamint az online felületek (a legtöbb térképet már nem az asztali számítógépekre optimalizált „térképnézegetők” szolgáltatják, hanem a WebMap és WebGIS rendszerek). A tanulók sokkal hamarabb találkoznak a Google® Maps vagy a Here® rendszerével, minthogy a kezükbe vegyenek egy térképet tájokozódás céljából. Gyorsabban töltenek le OSM

(OpenStreetMap®) térképi alapot és készítenek rajta útvonaltervet, minthogy papíralapú térképen nézegessék a lehetséges útvonalakat. Amikor információra van szükségük, akkor nem könyvtári anyagot, kézzel fogható papíralapú információkat keresnek, hanem az internetet hívják segítségül, hiszen az ő „anyanyelvük” az internet, ahol az **azonnaliságnak** és nem a késleltetett tudás megszerzésének van relevanciája.

Digitális terepasztalok

A tanulók számára kiemelten fontos, hogy az új információs tartalmak ne szöveggözpontúak legyenek, hanem kép–hang–videó megjelenítésével, lehetőleg mindegyik együttes használatával jussanak el hozzájuk. Ennek a lehetőségét kell megadnunk, amikor a digitális terepasztal segítségével szeretnénk ismereteket átadni.

A **digitális terepasztalok** fejlesztésének előzményei mind a nemzetközi, mind a magyar oktatási rendszerben még gyerekcipőben járnak. Az első, teljes funkcióval ellátott AR terepasztalt vagy **AR homokozót** (Augmented Reality Sandbox) 2012-ben a Kaliforniai Egyetem davis-i kampuszán hozták létre (REED, S. et al. 2014, 2016) önálló, kiterjesztett valóság rendszerként, amely egyesíti a fizikai homokfelületet annak virtuális topográfiai modelljével. Amikor a felhasználók módosítják a homokfelszínt, azt a 3D-s szkennel felismeri, majd az aktuális topográfiát a felszín virtuális terepmodelljébe táplálja. Létrehoz egy színezett topográfiai térképet szintvonalakkal, virtuális víz áramlását szimulálja, és az eredményeket szinte valós időben a homokra vetíti vagy egy monitoron jeleníti meg, ezzel életre keltve a felszínt (IF. 4). A kísérlet egy világméretű folyamatot indított el, amelyet talán a legjobban az szemléltet, hogy jelenleg több mint 150 AR terepasztal működik. Hazánkban, hivatalosan öt egyetemen (Budapest, Debrecen, Győr, Miskolc, Pécs) üzemel valamilyen formában digitális homokozó (SÍKI Z. 2014, BERTALAN L. et al. 2016b, IF. 1, IF. 3), sőt több közép- és általános iskolában is kialakítottak hasonló szemléltetőeszközt (IF. 2).

Célkitűzés

A technikai fejlesztés célja, hogy létrehozzunk egy olyan **kiterjesztett valóság rendszert**, amely alkalmas a természeti térben előforduló felszíni formakincs valódi, háromdimenziós megismertetésére. Ezt a formakincset a tanulók aktív közreműködésével, a térképi megjelenítés eszköztárának segítségével egy térinformatikai megoldáson keresztül lefordítjuk sík, térképi felületre. Ezek alapján a kiterjesztett valóság inkább egy **átalakított**

valósággá válik (TR – Transformed Reality), ahol a tanulók problémaorientált, közvetlenül megtapasztalható megközelítésben, csoportos, projektalapú megvalósításban lesznek képesek megismerni a morfológiai formákat, valamint játékos módon elsajátíthatják a térképekben tárolt információk megszerzésének, dekódolásának képességét. Ez természetesen az életkori sajátosságok figyelembevételével történik, hiszen az általános iskola alsó tagozatának követelményeihez igazodva még csak az alapvető formák felismerése és megnevezése, a térbeli tájékozódás, valamint a térképhasználat előkészítése a cél. A felső tagozattól – pl. a homokasztalon modellezett terepi domborzati formák (valóság) és azok térképi ábrázolásának együttláttatásával – a szemléleti térképolvasási jártaság (5–6. évfolyam) kialakítása a cél. Később (7–8. évfolyam) ez vezetheti el őket a logikai térképolvasás jártasság szintű elsajátításához, miközben készség szintjére fejlődik a szemléleti térképolvasás. Ezek birtokában valósulhat meg a térképolvasás legmagasabb szintje, az összehasonlító elemzésekre képes komplex térképolvasás (MAKÁDI M. – RÓKA A. 2015, VICTOR A. – MAKÁDI M. 2015).

Különösen fontosnak tartjuk, hogy a kiterjesztettvalóság-rendszerünket egy olyan játékevezérlővel oldjuk meg, amely a tanulók nagy része számára már ismert, használata megszokott, így azonnal egy olyan környezet részeseivé válnak, amely a saját játékvilágukat alkalmazza az új ismeretek mélyebb megismerésének eszközeként.

A terepasztal megvalósításához kialakítottunk egy átfogó **szoftveres keretrendszert**, ami alkalmas az érzékelőből jövő térbeli információk leképezésére, valamint a kiterjesztett, 3D valóság létrehozására a valós morfológiai felületen. Az AR keretrendszer alapját egy Kinect™v2 érzékelő adja. Az érzékelőben a távolság meghatározása az infravörös szenzor mellett elhelyezett, aktív érzékelősorral történik. A mérés alapelve, hogy a fényforrás által kibocsátott modulált nyaláb a vizsgálati terület egy adott pontjáról visszaverődik. A visszaverődő jelnek az út megtételéhez időre van szüksége, amely mérhető, így a távolság a fénysebesség ismeretében meghatározható.

A kutatást az inspirálta, hogy a Kinect™-hez ugyan több vizualizációs, a domborzati formakincs tanulmányozását segítő szoftver készült (IF. 4), de ezen alkalmazások mind egy típusú vizualizációs célt szolgáltak ki (lefolysmodellezés, színfokozatos domborzatárnyékolás). A Kinect™-ből származó távolságtérkép azonban domborzatmodellként is értelmezhető. Ha ez a modell leképezhető egy térinformatikai szoftverben, akkor a lehetőségek megsokszorozódnak, és a kapott „domborzaton” több – az általános iskolai (környezet-, természetismeret és földrajz) és középiskolai földrajzoktatásban is fontos

– térképi vagy térképszerű ábrázolás, leképezés készíthető. Végezhetünk szoláris besugárzási számításokat, meghatározhatjuk a dőlésszöget, a kitettséget, az összelátási lehetőségeket (adott pontból vagy pontokból látható felszín), lefolyás- és vízgyűjtő-, valamint zonális statisztikai számításokat, és természetesen automatikusan rajzolhatunk szintvonalakat, domborzatárnyékolt, színfokozatos vagy rétegszínezett ábrázolásokat egyaránt.

A tanulókkal közös munka során létrehozunk egy olyan virtuális 3D VR könyvtárat (3DGeoMorphometry), ahonnan a tanulók megismerhetik a legalapvetőbb formakincsek virtuális megjelenítését és a hozzájuk kapcsolódó, valóságban is létező felszínformákat. Hasonló megoldást már több helyen is alkalmaznak (IF. 5), azonban a mi keretrendszerünk a virtualitáson és vizuális élményen túl egy valódi földrajzi ismeretanyagot is felsorakoztat a képi információ mögé.

Eszközök és módszerek

A fejlesztésünk alapját egyrészt egy Kinect™ alapú AR homokozó jelenti (1. ábra), amihez egy térinformatikával támogatott megjelenítő felület is kapcsolódik, ahol a morfológiai formák összetettebb leképezési és lekérdezési problémái is megoldhatók. Az AR egyik legmeghatározóbb előnye, hogy numerikus szimulációt (számítógépen végzett műveletek összessége) végezve az adatokat valós időben, valós háttérben jeleníti meg (HUANG, J. M. et al. 2015).

A kutatás műszaki alapját egy Microsoft Kinect™ for Windows v2 szenzor adta. Az eszköz elődjét a Microsoft Xbox 360 játékvezérlőjének szánták, de távolságérzékelési képességeit kihasználva később változtatás, a videojátékoktól távol eső felhasználási területen is megjelent. Bár a Kinect™-re gyakran „szenzorként” hivatkoznak, az eszköz valójában egy „szenzorcsomagot” takar, amely egy képi és egy akusztikus csoportra bontható. Az akusztikus csoport egy, a hangforrás irányának meghatározására képes sztereó mikrofonpárból áll, míg a képi csoport egy 1920 x 1080 (FullHD, 30 Hz) felbontású RGB kamerából, egy 512 x 424 pixel felbontású 30 Hz-es infravörös kamerából és egy szintén 512 x 424 pixel felbontású, 30 Hz-es távolságérzékelő szenzorból áll. Kutatásunk során a rendelkezésre álló eszközkészletből kizárólag a távolságmérő rendszert használtuk.

Vizsgálatunkban a Kinect™ mélység szenzorát ArcGIS® Pro 2.2.3 térinformatikai szoftverrel kapcsoltuk össze. Az összekapcsolás lehetőségét az adta, hogy a Microsoft 2014 októberében kiadott egy szoftverfejlesztői készletet (SDK) amellyel a Kinect™ for Windows v2 szenzoradatai programozottan kiolvashatók. Az SDK egy .NET x64 felületet



1. ábra. A médiából származó minta három főág szerinti megoszlása (%)

biztosít, ahol a „távolságpixelek” sorfolytonosan, 16 bites egész számok formájában kiolvashatók. A Microsoft Visual Studio 15.8.7 Community Edition-ben, C#7.3 nyelven általunk fejlesztett alkalmazás ezen adatforrást alakítja át térinformatikailag feldolgozható 2,5 dimenziós raszterré. A szoftvert ArcGIS® Pro beépülő modulként valósítottuk meg. A térinformatikai raszteres adatfeldolgozás (a tér adatok képi formában való megjelenítése és adatainak elemzése) azonban gyakran lassú, így nem használható olyan környezetben, ahol másodperces vagy annál rövidebb képfrissítésre van szükség. Az ArcGIS® Pro-ban azonban készítettek egy „Raster Functions” nevű funkciót, amelynek célja kezdetektől fogva a gyors raszteres adatmegjelenítés volt. Ezek a raszteres függvények igen gyorsan végrehajthatók a Kinect™-ből származó „domborzatmodelleken”, és önállóan vagy akár kombináltan is alkalmazhatók. A színezett, projektált ábrák több, a funkciók választásából adódó, raszteres függvény egymás után történő futtatásából jönnek létre:

1. újraosztályozzuk a képet és eltávolítjuk a hibás vagy null értékű pixeleket;
2. az összes pixel értékét kivonjuk nullából (mivel a Kinect™ távolságot mér, ezért a domborzat „kifordítva” érkezik);

3. eltávolítjuk a pontatlan mérésből származó fluktuációkat;
4. elkészül az adott funkciókat tartalmazó színezett felülnézeti kép (pl. rétegszínezés, domborzatárnyékolás, dőlés, kitettség stb.);
5. a rajz egy szintvonalas felülnyomást kap.

A fenti pontokba szedett „híd” megírásával egy olyan lehetőséget adtunk meg, amelylyel a Kinect™-ből érkező modellen elméletileg az ArcGIS® Pro mind a 175 beépített raszter függvénye közvetlenül használható és szabadon kombinálható. Ezzel a Kinect™ vizualizációs, oktatási felhasználásának lehetőségei nagyban megnövekedtek.

A kísérletek megkezdése előtt általános és középiskolai tanárok bevonásával elkészítettünk egy ismerettárlistát. Ez azokat a domborzati és formakincs-elemeket tartalmazza, melyeknek a megismerése kiemelten fontos, valamint amelyeknek a létrehozása egy tanórán belül vagy az óra előtt, rövid előkészítéssel lehetséges. Későbbiekben tervezzük, hogy a terepasztalos vizsgálatokhoz ezt a listát elektronikus és foglalkoztató füzet formájában is közreadjuk.

A hardveres és szoftveres környezet kialakítása után megkezdtuk a rendszer tantermi órákon is alkalmazható módszerének a kialakítását. Az oktatásban való alkalmazhatóság elősegítésére tervezzük a programhoz és a terepasztalhoz egy használati utasítást is mellékelni, ami segíti az tanárokat abban, hogy a leghatékosabb formában tudják kihasználni a rendszer előnyeit. A módszert több célcsoporton is teszteltük. Első lépésként a modellteret feltöltöttük a hófehér márványörleménnyel, hogy a Kinect™ adta vizualizációs lehetőségeket a projektorok minél jobban kihasználhassák. (Korábban szürkésbarna homokot alkalmaztunk, azonban a márvány sokkal plasztikusabb és élesebb kép kialakítását teszi lehetővé.) Kalibráltuk a szenzort, majd a levilágító projektorral és a síkfelületi ábrázolásért felelős monitorral megkezdtuk a kísérleteket.

Első alkalommal egyetemi hallgatók próbálták ki a terepasztalt. A geomorfológia kurzus keretében csoportbontásban felszíninformákat kellett építeniük, amit a többi csoportnak ki kellett találni. A térképi megjelenítésnek itt még nem volt szerepe. Általános és középiskolásokkal is kipróbáltuk a terepasztalt. Az alsó tagozatos iskolásokkal a monitoron megjelenített szintvonalas térkép használata nélkül dolgoztunk. Helyette Magyarország domborzatát és vizeit mutató térképlapnál kinyitott papír alapú atlaszt használtuk. Ebben az esetben még csak az volt a cél, hogy az alföld, a dombság és a hegység formáinak kialakításával a terepasztalra vetített térképi színeket megjelenítsük,

gyakoroltatással rögzítsük. Kiindulási formaként egy piramist alkalmaztunk. Felső tagozatosok és középiskolások esetében már a terepasztal teljes digitális eszköztárát fel tudtuk vonultatni. A formák kialakítása során a magassági változásokat követő színezésű szintvonalas megvilágítás mellett, hagyományos, de szintén azonnal frissülő térképi ábrázolásként monitoron is követni lehetett a tevékenységet. Összességében még a tapasztalatszerzés elején, a módszertani lehetőségek kidolgozásának a kezdetén vagyunk, így a közvetlen, hallgatókkal és tanulókkal végzett munkatapasztalatai mellett saját próbálkozási élményeink eredményéről tudunk beszámolni.

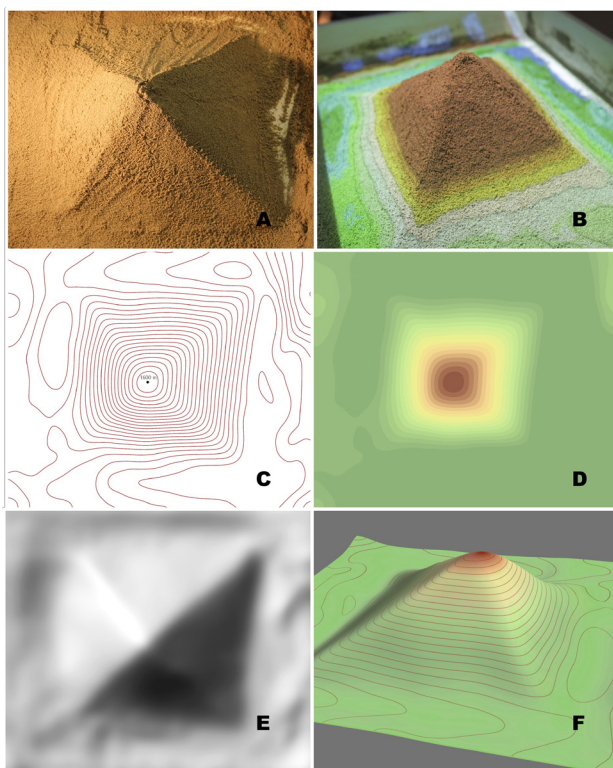
Eredmények

A keretrendszer lehetőségeit egy mesterséges forma kialakításán keresztül mutatjuk be. Elsőként a létrehoztuk egy piramis formát, amelyről egy felülnézeti fotót is készítettünk (1. ábra A). A piramisra azért esett a választásunk, mert a szigorúan monoton emelkedő felszín lehetőséget ad a színezési skála teljességének a bemutatására, valamint a négy oldallal könnyen leképezhetők és megismertethetők a fő égtájak. A piramis nagy előnye, hogy a tanulók könnyen létrehozták, mivel nem kell hozzá semmiféle morfológiai ismeret. A kialakított formára a szoftver létrehozott egy magasság szerint színezett és szintvonalakkal ellátott modellt, amit a projektor „onthefly” leképezett a felszínre. A legfontosabb ábrázolási technika itt a színfokozatos domborzatábrázolás alkalmazása volt. Ezt követően a kiterjesztett valóság segítségével, a valós felszínen jött létre egy leképezett, vetített felület. Sőt, esetünkben túl is léptünk az AR adta lehetőségeken, egy a valóságot átalakító (TR) folyamat segítségével játékszerűen értik meg a tanulók a magasság és a színezés térképi összekapcsolódását.

A kerettanterv alapján (51/2012. [XII. 21.] számú EMMI rendelet 1. melléklete) a föld-felszín formakincsének elemeit már az általános iskola 3–4. osztályában megismerik a diákok, amelyekhez már társítják a térképeken alkalmazott színkódokat (zöld, sárga, barna, kék) is. A piramison látott alapszínek jól értelmezhetők a korosztály számára. A módszerünk alkalmazásával könnyen összekapcsolják a domborzat magasságát és a hozzá tartozó színkódot, amit már gyakorlati tapasztalatként állapíthatunk meg. Alsó tagozatos osztály esetében akár tíz tanuló is körülállhatja a terepasztalt, tehát két-három csoportban lehet egy osztályt foglalkoztatni.

A konkrét foglalkozás egyetemi helyszínen valósult meg, tehát a diákok érkeztek a terepasztalhoz. A tanóra szimulációja két csoportban zajlott. A „munka” során az első feladat a piramis kialakítása volt. A piramis formát ki kellett találniuk a foglalkoztató

pedagógus egymás után megadott információi alapján (a második-harmadik információnál már volt jó megoldással jelentkező tanuló). A piramist a terepasztalt körülálló tanulók egyéni munkával, a piramis oldalainak kialakításával egymás után hajtották végre. A forma tökéletesítése után alulról felfelé felsorolták a piramisra vetített színeket. Ezt követően az atlasz korábban említett domborzati térképén megnéztük a színek elhelyezkedését. Összefüggést kerestünk a térképi és a vetített színek, valamint a domborzati formák jellege között. A következőkben a piramis elsimítása után sík felszín kialakítása volt a cél, amit a projektor zöld színnel világított meg. Ebből dombsági, majd hegységi domborzatot alakítottak ki a tanulók közösen, csoportmunkával. Az alacsonyabb felszínből kiemelkedő formákat a projektor – követve a magasságváltozást – vetítette sárga, illetve barna színűre. A terepasztal aljáig kimélyített részeket már kékre színezte a projektor, mintha az vízfelszín lenne. A tanulók lelkesen, élvezettel végezték az egyéni és csoportos feladatokat is. A program végére kivétel nélkül tudták, hogy milyen domborzati formákat jelölnek a térképi színekódok.



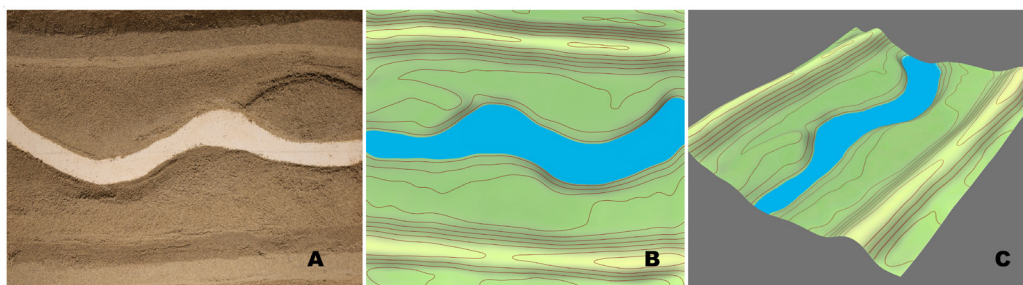
2. ábra. A keretrendszer vizualizációs lehetőségei (a szerzők felvétele)

Az általános iskola felső tagozatosaival végzett munka során a folyamat közben a szoftveres keretrendszer már leképezte a monitorra is a tanulók számára a megtanulandó térképi ismeretek alapjait. A képernyőn megjelenik a szintvonalrajz (2. ábra C.), amivel először 5. osztályban a „Tájékozódás a térképen és a természetben” témakörben foglalkoznak, és vezetik be a domborzat magasságának ilyen típusú megadását. A szintvonalak lépésköze a szoftverben állítható annak függvényében, hogy a leképezés mekkora méretarányban történik meg. A szintvonalrajz mellett (vagy vele egyidejűleg) a monitoron lekérhető a 2D rétegszínezett domborzat megjelenítés (2. ábra D.) síkba történő leképezése. Így a tanulók a színek, színárnyalatok jelentését összekapcsolják a jelkulccsal, és társítják a domborzat alkotóelemeit a magasságuk szerinti színkategóriákkal.

A következő funkciók már túlmutatnak a konvencionális térképi megjelenítések lehetőségein, és elvezetnek a térinformatikai (GIS – Geographical Information System) kultúra általános iskolai és középiskolai bevezetésének lehetőségéhez. A keretrendszer segítségével a beállítottuk az adott napálláshoz (évi és napi beállításokkal) tartozó domborzatárnyékolt felszínt (2. ábra E.). Ez egyrészt plasztikusabbá tette a domborzatot, és ezáltal bemutatótt egy újabb térképen alkalmazott megjelenítési technikát, másrészt a beállítások változtatásával könnyebben megérthetők a Nap napi vagy évi járásából származó különbségek.

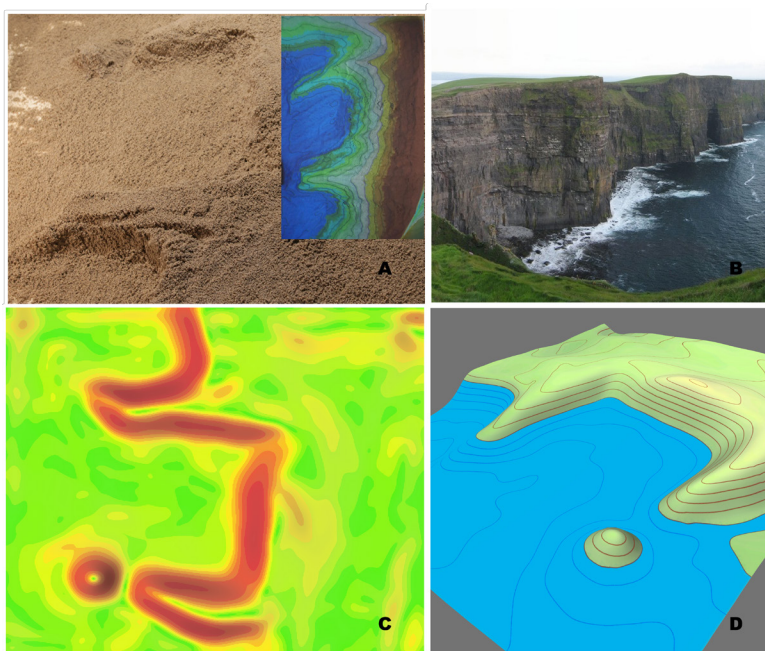
A terepasztalon végzett feladatok után a szoftver segítségével átléptünk a VR szintérbe, ahol a síkba leképezett felszíninformát egy virtuális 3D felszínként is megvizsgáltuk a monitoron keresztül (2. ábra F.). A kapott formát megforgathatjuk, változtathatunk a rálátás szögén, körbejárhatjuk, valójában a tanulók úgy kezelhetik, mint egy virtualizált környezetet, amit a későbbi fejlesztések során egy VR szemüveg segítségével is bejárhatunk. Így ebben a folyamatban a tanulók önmaguk hoztak létre egy valóságos felszínt, amit az AR technológia felruházott elvont, a valóságban nem létező tulajdonságokkal (színek, vonalak stb.). Ezt követően ez a forma mint egy térképezett felszín megjelent a képernyőn, és ez fordult át egy virtuális környezetbe, mint egy 3D játék, amiben aktív résztvevőként sétálhatunk.

A program segítségével a megjelenítést torzíthatjuk. Alkalmazhatunk túlmagasítást, hogy a nehezebben értelmezhető felszíninformák sokkal karakteresebben és érthetőbben jelenjenek meg. Ilyen lehetőség a belvíz és az árvíz tárgyalásánál az „ártér” fogalma (3. ábra). Ennek részét képezik a hullámtér és a folyó két oldalán az árvíz ellen emelt védőgátak, az emberi beavatkozás típuspéldái, amelyek a túlmagasítás eszközével még nagyobb súlyt kaphatnak az ismeretszerzésben.



3. ábra. Túlmagasított felszín: ártér gáttal (a szerzők felvétele)

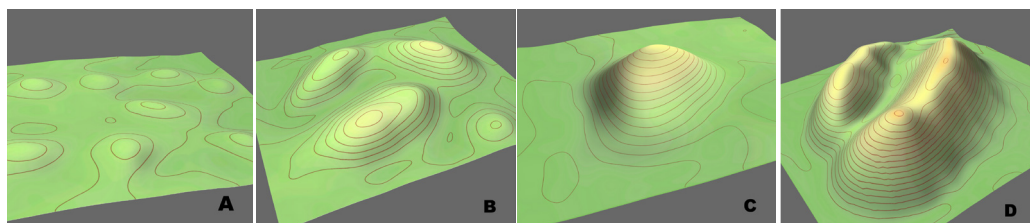
A térinformatikai megoldások közül a leginkább alkalmazható a lejtők meredekségét leíró dőlés, valamint az irányultságukat bemutató kitétség használata. A lejtők meredekség szerinti színezése (4. ábra C.), valamint a 3D megjelenítés (4. ábra D.) együttes alkalmazásával (miközben aktívan változtat a felszínen és közben vizsgálja a változásokat, mind a projektált felszínen, mind a monitoron látható sík leképezésén) a tanuló könnyebben megérti a sűrűbben elhelyezkedő szintvonalak és a lejtő meredekségének emelkedése közötti összefüggéseket, jelen esetben egy abráziós part megjelenítésével (4. ábra A–D.).



4. ábra. Abráziós part (a szerzők felvétele)

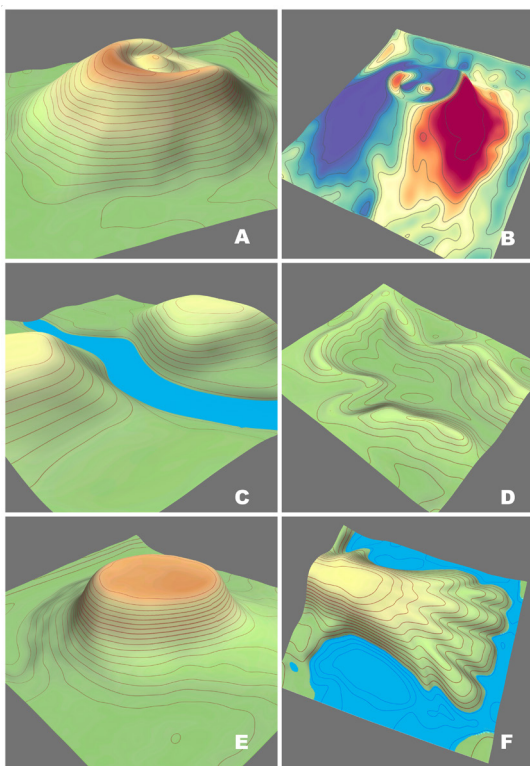
A megszerzett ismeretek jobb elmélyülését az is segíti, hogy a megjelenített felszínformákat, morfológiai egységeket (domborzatot) valamilyen a valóságban is létező, esetleg jól ismert földi megjelenési ponthoz kötjük. Ezek alapján a későbbiekben tervezzük, hogy a kerettanterv alapján készült tankönyvek legfontosabb felszíninformái egy fotókönyvtárból választhatóan lekérhetőek legyenek, és ezek is hozzákapcsolódnak a megjelenítési felülethez (4. ábra B). Az alkalmazás lehetőséget biztosít az egyes állományok (szintvonalrajz, 3D ábrázolás stb.) elmentésére és későbbi felhasználásra, így a tananyagba történő beillesztésére is. Az elmentett ábrák segítségével a tanulók önmaguk is reprodukálni tudják a formákat a terepasztalon, valamint az ismétlések során megkönnyítik a gyorsabb felidézhetőséget. A mentett állományok segítenek a formakincs elemeinek egymáshoz viszonyított magassági vagy formai eltéréseinek bemutatására. Az 5. ábra egy ilyen összehasonlítási sort mutat be a halom, a dombság, a hegy, valamint a hegység modellezésének példáján, amit tanulók irányított csoportmunka keretében önállóan hoztak létre.

A halom (5. ábra A.), a mindössze néhány méter magas kiemelkedésként definiált domborzati forma a 3–4. évfolyamon jelenhet meg, bár nem kötelező elem. Az Alföld jellemzésénél találkozhatnak vele a diákok. A Kiskunságban a szél hajtotta homokból felépülő homokbuckákat azonosítjuk a halmokkal, a Nagyunságban pedig az emberkéz alkotta kunhalmok jelentenek rá példát, de többek között a százhalmbattai halomsírokat is ide sorolhatjuk. Később ez a fogalom, illetve forma már egyáltalán nem jelenik meg a tanulmányok során, ezért érdemes röviden írunk róla. Az 5. ábra B képen a dombság látható, ami az alsó tagozatos környezetismeret tankönyvekben a dombokból álló összetett felszínformaként szerepel. Magassági kategória (200–500 m tszf.) és térképi színkód (sárgásbarna) is megnevezésre kerül. A többi alapformaelemmel együtt a későbbiekben többször ismétlődik a dombság jellemzőinek meghatározása példákkal együtt, a hazai tájak jellemzésénél is foglalkoznak vele a felső tagozatban.



5. ábra. Domborzati alapformák (a szerzők felvétele)

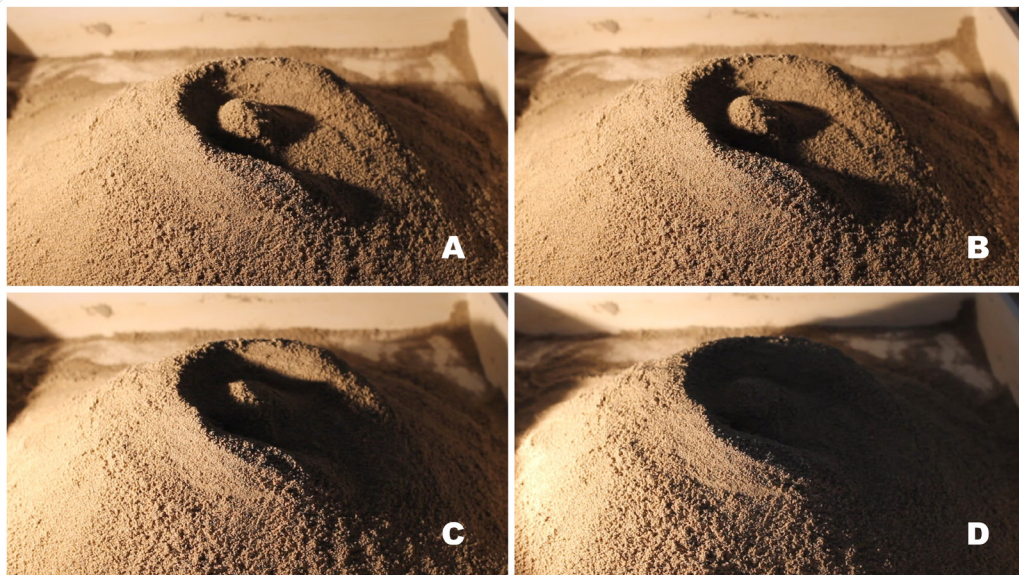
Az 5. ábra C része egy hegyet jelenít meg. A hegy és hegység, mint domborzati forma – hasonlóan a dombsághoz – a kerettanterv szerint az alsó tagozatban (51/2012. [XII. 21.] számú EMMI rendelet 1. melléklete) jelenik meg az ismeretek között. Tengerszint feletti magasság tekintetében, ha a kiemelkedés meghaladja az 500 méteres magasságot, akkor hegyről vagy hegységről (5. ábra D.) beszélünk. Ennek jelölése barna színnel történik a térképen. A hegy részei (hegyláb, hegyoldal, hegytető, hegycsúcs) is megnevezésre kerülnek. Ez a forma is megjelenik újra a felső tagozatban a hazai nagytájak és a kontinensek feldolgozásánál, de még a 9–10. évfolyamos ismeretanyagban is (pl. tanúhegy, vulkáni vagy mészkőhegység) szerepel (51/2012. [XII. 21.] számú EMMI rendelet 2. és 3. melléklete). Minél magasabb a hegy vagy a hegység, annál sötétebb barna szín jelöli a térképen. A hegység esetében már magassági értékkategóriák szerinti bontásban az ismeretanyag megkülönböztet középhegységet (500–1500 méter között) és magashegységet (1500 méter felett). Az erre vonatkozó ábrázolás jó példája a 6. ábra E része, ahol egy tanúhegy-formát vizsgáltunk, aminek a Badacsony a tankönyvben említett típuspéldája.



6. ábra. Összetett vagy érdekes felszínformák (a szerzők felvétele)

A megoldás lehetőséget ad arra is, hogy összetettebb formakincset vagy olyan jelenségeket mutasson be, amelyek a síkban nehezen érthetőek meg az adott korosztályban. Ilyen például a vízválasztó fogalma, amely egy AR környezetben jól látható és modellezhető. A vízválasztó és a hozzá kapcsolódó vízgyűjtő fogalma 5. osztályban a felszíni vizek témakörben kerül bemutatásra. A terepasztalon megjelenő forma (6. ábra D) pontosan mutatja be a definícióban szereplő meghatározásokat: a vízválasztó a vízgyűjtő területek határvonala, határoló kiemelkedések, melyek a hegységek és a dombságok legmagasabb részei. A legmagasabb pontokat összekötő vonalként középiskolában találkozunk vele. A program segítségével lehetőségük van a tanulóknak csak egy bizonyos magassági zónát színezní, így ténylegesen bemutatni, hogy esetünkben ez a legmagasabb tereppontokat összekötő vonal.

Az AR terepasztal másik nagy előnye, hogy olyan földtani folyamatok gyors bemutatására is képes (a valós térben, nem csak egy szemléltető videó segítségével), amelynek ma már csak a végeredménye tekinthető meg a valóságban. Jól leképezhető többek között pl. a robbanásos kalderák kialakulása (6. ábra A), hiszen pl. a 7. osztályos tananyagban Amerika jellemzésénél a vulkáni hegyre a Mount St. Helens a példa, de a középiskolai ismeretanyag vulkánossággal foglalkozó részében is megemlíti. A terepasztalon lehetőséget adhatunk AR-TR funkciók nélküli kísérletekre is. Erre mutat be példát a 7. ábra,



7. ábra. Árnyékhatások a vulkáni kúpon (a szerzők felvétele)

ahol egy naplemente során lejártszódó árnyékhátások vizsgálhatók a Mount St. Helens kalderájában. Részletesen elemezhetünk olyan alakzatokat, amelyeknek korlátozott a megfigyelhetősége az elhelyezkedésük miatt. Vizsgálhatjuk a folyóvizek deltatorokolatát (6. ábra F). Változtathatjuk a környezeti feltételeket, például megvizsgálhatjuk, hogy mi történik a folyó áthelyeződésével, hogyan alakul át a formakincs a hordalékszállítás megváltozásával, illetve, hogy mit láthatunk akkor, ha megemelkedik vagy lecsökken a tenger szintje, milyen formakincs bukkan a felszínre.

Összefoglalás

Vizsgálati eredményeink szerint az AR-VR terepasztal alábbi módokon járul hozzá a hatékonyabb és eredményesebb általános iskolai és középiskolai földrajztanításhoz:

- a tanulók könnyebben megértik a domborzati formák, a szintvonalas leképezés és a felszínformák térképi ábrázolása közötti kapcsolatot;
- a megoldás lehetőséget ad arra, hogy összetettebb formakincset vagy olyan jelenségeket mutasson be, amelyek a síkban ábrázolva nehezen érthetők meg az adott korosztályban;
- a rendszer segítségével bemutathatunk és modellezhetünk jól ismert képződményeket, amelyek a legtöbb tanuló számára a személyes látogatások által is ismertek;
- a rendszer felhasználásával olyan többletinformációkat is közölhetünk, amelyek tovább mélyítik a már megszerzett tapasztalatokat vagy ismereteket;
- felhasználhatjuk a rendszer adta lehetőségeket egy tervezett osztálykirándulás, tanulmányi út, terepgyakorlat előtti ismerkedésre, virtuális sétára;
- bevezethetjük a tanulók számára a térinformatika fogalmát, majd a szoftver eszközkészletén keresztül bemutathatjuk annak hasznosságát, a mindennapi életben történő használhatóságát;
- a tanulók a terepasztal használatával játékkörnyezetben szereznek ismereteket;
- a tanulók maguk formálják az előttük látható, körbejárható és egyben tapintható felszínt, több érzékszervüket is használják a megismeréshez, és azonnali visszacsatolást kapnak az általuk keltett változásokról.

A módszer alkalmazásával tehát a tanítás-tanulás folyamatában a tanulók aktív munkájára épülő tudásszerzésre, a problémamegoldó és kondicionális tanulásra kerül a hangsúly.

A bemutató projektek már igazolták, hogy a módszer lehetőséget ad egyéni, csoportos

és frontális munkaformák alkalmazására. A tanári bemutatók szolgálhatják az érdeklődés felkeltését, azonban a módszer akkor átütő erejű, ha maguk a diákok tevékenykedhetnek vele. Az alsó tagozatban a megfigyelés, a felismerés és a megnevezés, a gyakorlás, a tapasztalatok egyszerűbb megfogalmazása lehet a meghatározó módszer. Felső tagozattól már a tapasztalatok pontosabb megfogalmazása, rögzítése és rendszerezése, az összefüggések keresése a természetben, majd a problémafelvetés és az önálló probléma-megoldás lehet a stratégia.

További fejlesztésként tervezzük, hogy ellenőrzési funkciókkal is ellátjuk a keretrendszert. Ennek során a tanuló az ellenőrzés során létrehozza a korábban már tanult formát (pl. kontinensek partvonala, vulkán stb.), míg a Kinect™ a szoftveres kiértékelés segítségével ellenőrzi, hogy mennyire egyezik az elvárt formával (IF. 6).

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a 20765/3/2018/FEKUTSTRAT számú és „Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program” című projekt „Innovációval a fenntartható életért, környezetért” tématerület, valamint a GINOP-2.3.2-15-2016-00055 számú és „Légszennyezettség-előrejelző rendszer kifejlesztése légköri víz–aeroszol kölcsönhatások figyelembevételével” című projektek támogatásával készült.

Irodalom

- BERTALAN L. – TÓTH Cs. A. – SZABÓ G. – NAGY G. – KUDA F. – SZABÓ Sz. 2016a: Confirmation of a theory: reconstruction of an alluvial plain development in a flume experiment. *Erdkunde* 70. 3. pp. 271–285.
- BERTALAN L. – SZEGHALMY Sz. – BARKÓCZI N. – SZABÓ G. 2016b: Xbox Kinect szenzor alkalmazási lehetőségei a felszínmodellezésben. – In: Balázs B. (szerk.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: VI. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás*, Debrecen. VII., 542 p.
- FERRARI, A. 2012: Digital competence in practice: an analysis of frameworks. JRC Technical report. Letöltés: http://jiscdesignstudio.pbworks.com/w/file/55823162/FinalCSReport_PDFFPARAWEB.pdf (2018.10.12)
- FROMANN R. – DAMSA A. 2016: A gamifikáció (játékosítás) motivációs eszköztára az oktatásban. – *Új pedagógiai szemle*. 66. 3–4. pp. 69–76.
- HUANG, J. M. – ONG, S. K. – NEE, A. Y. C. 2015: Real-time finite element structural analysis in augmented reality. – *Advances in Engineering Software* 87. pp. 43–56.
- MAKÁDI M. – RÓKA A. 2015: A tér- és az időszemlélet alakításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései. – In: Makádi M. (szerk.): *A természetismeret tanítása és tanulása*. Szak módszertani tankönyv. ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Földrajztudományi Központ, Budapest, pp. 153–212.

- PRENSKY, M. 2001: Digital natives, digital immigrants 1. – On the Horizon 9. 5, pp. 1–6.
- RIGÓCZKI Cs. 2016: Gyönyörűségnek társa legyen a hasznosság – Gamifikáció és pedagógia. – Új pedagógiai szemle. 66. 3–4. pp. 76–82.
- REED, S. – KREYLOS, O. – HSI, S. – KELLOGG, L. – SCHLADOW, G. – YIKILMAZ, M. B. – SEGALE, H. – SILVERMAN, J. – YALOWITZ, S. – SATO, E. 2014: Shaping watersheds exhibit: an interactive, augmented reality sandbox for advancing earth science education. – American Geophysical Union Fall Meeting 2014, Abstract no. ED34A-01.
- REED, S. – HSI, S. – KREYLOS, O. – YIKILMAZ, M. B. – KELLOGG, L. H. – SCHLADOW, S. G. – SEGALE, H. – CHAN, L. 2016: Augmented reality turns a sandbox into a geoscience lesson. EOS 97. <https://doi.org/10.1029/2016EO056135> (2016)
- SÍKI Z. 2017: Kiterjesztett valóság alkalmazása az oktatásban avagy térinformatikai homokozó nem csak kicsiknek. 6. Nyílt forráskódú térinformatikai munkaértekezlet. Letöltés: <http://www.agt.bme.hu/gis/workshop6/eloadasok/siki2017.pdf> (2018.10.10)
- VICTOR A. – MAKÁDI M. 2015: Készség- és kompetenciafejlesztés a természetismeret tanításában. – In: Makádi M. (szerk.) 2015: A természetismeret tanítása és tanulása. Szak módszertani tankönyv. ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Földrajztudományi Központ, Budapest, pp. 313–334.
- IF.1: <https://epito.bme.hu/geod/digitalis-homokozo>. Letöltés: 2018. 09. 20.
- IF. 2: <https://moderniskola.hu/2016/06/digitalis-homokozo-epitese-sajat-kezuleg-jakyban-tamas-ferenc-irasa/>. Letöltés: 2018. 09. 20.
- IF. 3: http://megazin.uni-miskolc.hu/aktualitasok/1202/innovacio_a_foldrajzoktatasban. Letöltés: 2018. 09. 20.
- IF. 4: Kreylos, O. 2018: Oliver Kreylos' Homepage. <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/>. Letöltés: 2018. 09. 25.
- IF. 5: Sketchfab 2018: <https://sketchfab.com/>. Letöltés: 2018. 08. 10.
- IF. 6: http://megazin.uni-miskolc.hu/campus/1202/innovacio_a_foldrajzoktatasban. Letöltés: 2018. 09. 20.
- 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet mellékletei:
1. melléklet – Kerettanterv az általános iskola 1–4. évfolyamára
 2. melléklet – Kerettanterv az általános iskola 5–8. évfolyamára
 3. melléklet – Kerettanterv a gimnáziumok 9–12. évfolyama számára



MAGYAR FÖLDRAJZI TÁRSASÁG

TAGTOBORZÓ FELHÍVÁS

A 145 éve alapított Magyar Földrajzi Társaság egyike Európa legrégebbi tudományos társaságainak. Társaságunk célja a földrajz- és a többi földtudomány népszerűsítése mellett a földrajzoktatás színvonalának, a köznevelésben elfoglalt helyének javítása. E célok eléréséhez szükség van az Ön aktivitására, hatékony közreműködésére, támogatására.

Kérjük az Ön közreműködését, ha

- fontos Önnek, hogy a földrajzoktatás és a földrajztudomány ügyét a Magyar Földrajzi Társaság hatékonyabban tudja képviselni;
- szeretne tagja lenni a földrajztanárok, földrajztudósok, geográfusok 600 fős közösségnek;
- szeretné földrajzoktatással kapcsolatos véleményét, tapasztalatait elmondani, megosztani másokkal;
- szeretne rendszeresen hírlevélben tájékozódni a Magyar Földrajzi Társaság előadásairól, programjairól, tanártovábbképzéseiről, tanári fórumairól;
- szeretné illetménylapként kézhez kapni a Földgömb magazint és a Földrajzi Közleményeket;
- szeretne részesülni a Magyar Földrajzi Társaság tagjait illető kedvezményekben, díjakban (amelyeknek a körét a jövőben folyamatosan bővíteni szeretnénk);
- szeretne részt venni a Magyar Földrajzi Társaság szakosztályainak munkájában, intéző szerveinek megválasztásában, illetve munkájában.

VÁRJUK TAGJAINK SORÁBA!

Bővebb információ: <https://www.foldrajzitarsasag.hu/rolunk/alapszabaly>

Belépési nyilatkozat: <https://www.foldrajzitarsasag.hu/rolunk/belepes>

VÍZSZÁLLÍTÓ RENDSZEREK A FÖLDKÉREGBEN

A FELSZÍN ALATTI VIZEKKEL KAPCSOLATOS ÚJ ISMERETEK ÉS TANÍTÁSUK
LEHETŐSÉGEI

GROUNDWATER FLOW SYSTEMS – NEW KNOWLEDGE REGARDING THE GROUNDWATER AND
POSSIBILITIES OF ITS TEACHING

MÁDLNÉ SZŐNYI JUDIT^{1a} – MAKÁDI MARIANN^{2b}

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia
Professzúra, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

²Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Földrajz szakmódszertani csoport

^aszjudit@ludens.elte.hu, ^bmakadim@caesar.elte.hu

Abstract

Understanding the dynamic systems of the Earth requires new approach in geography teaching. Also the knowledge regarding the groundwater has to be taught for students by system approach, focusing on its movement and relationship. This is important for the environmentally conscious interpretation of the connected terms and processes. The paper displays the changes of terms and approaches and the scientific background which can help the geography teachers to keep up with the evolution of science in their teaching practice. The presented modelling experiments try to help students in research based teaching process.

Keywords: groundwater, flow system, water cycle, recharge area, discharge area, water table system approach, mineral water, healing water, thermal water, inland water, artesian well; research learning strategy, modelling, environment-conscious approach

Bevezetés

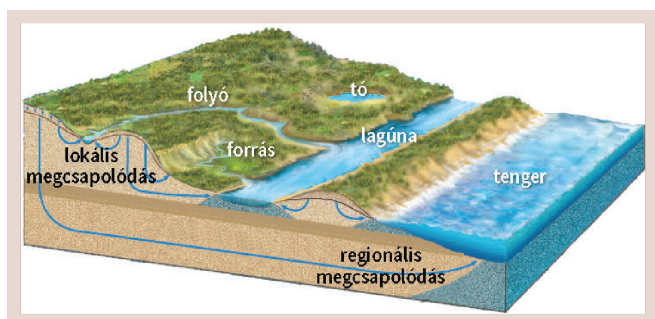
Az utóbbi évtizedekben érzékelhető az a tendencia, miszerint a tudományok és az iskolai oktatás egyaránt a **rendszerekben való gondolkodást** helyezi előtérbe, minden bizony-nyal annak felismeréseként, hogy a földi rendszerben minden folyamat, jelenség csak a környezetével együtt, kapcsolataiban értelmezhető. A természet kicsiben és nagyban is egy rendkívül összetett rendszer, egyetlen óriási kapcsolati háló, amiben nincsenek egymástól független részek, semmi nem szakítható ki abból még gondolatilag sem (MAKÁDI M. – VICTOR A. 2015). Pedagógiai oldalról nemcsak a tartalom, hanem a tanulással, tudásszerzéssel kapcsolatos fejlődési irányok is erősítik e tendenciát, hiszen a társadalmi igények következtében a közösségben, együttműködve szerzett tudás jelentősége felértékelődik (SENGE, P. 1998). A rendszerben való gondolkodás csaknem valamennyi természettudományos tantárgyban érvényesül a mai hazai köznevelésben. A

földrajz tantárgyban az 1990-es évek óta folyamatos a törekvés arra, hogy a világ működését ne (vagy ne csupán) tényekben, hanem elsősorban összefüggéseiben ismerjék meg a tanulók. Ennek eredményeként kerültek új szemléletben a földrajz tantervekbe és a tankönyvekbe is a kéregföldrajzi, a gazdasági-pénzügyi, a társadalmi változási folyamatok. Két terület maradt adós a rendszerszerű gondolkodás befogadásával, mégpedig az időjárás-éghajlattani, valamint a felszín alatti vizekkel kapcsolatos ismeretek köre. Ebben a tanulmányban ez utóbbival foglalkozunk.

A felszín alatti vízszállító rendszerek

A talajvíz és az attól vízzáró rétegekkel elszigetelt rétegvíz fogalmak, valamint az ezekhez kapcsolódó egyszerű sablonok mélyen beleivódtak a gondolkodásunkba, akár a témát tanítókat, akár a társadalom szélesebb rétegeit tekintjük. Nehéz ezektől elszakadnunk. Annál is inkább, hiszen vizuálisan is érzékelhető ismeretekkel nem rendelkezünk a felszín alatti vizekről. Nem csoda, hogy a tapasztalatokból és az ismeretek fejlődéséből végül csak az 1980-as évekre született meg a korábbi vélekedést felváltó és a rendszerszemléleten alapuló új paradigma (MÁDLNÉ SZÖNYI J. et al. 2013). Ennek lényege, hogy a legfelső és a mélyebb rétegekben található talajvíz és rétegvíz önkényes elkülönítése helyett próbáljuk meg követni és megérteni a víz felszín alatti útját. A tudomány fejlődésével ugyanis a kutatók felismerték, hogy a víz a korábban tökéletesen vízzárónak vélt kőzeteken is átjut, ami csak idő kérdése. Ez a szemléletváltás vezetett annak belátásához, hogy a vizek nem talajvízként és rétegvízként elszigetelve találhatók a felszín alatt, hanem különböző behatolási mélységű (lokális, regionális) rendszerekbe szerveződve folyamatos, (többnyire) lassú mozgásban vannak. E rendszerek **utánpótlódási területeitől** (azaz onnan, ahol a csapadék a talajnedvességi és a telítetlen zónán átjutva eléri a felszín alatti víz szintjét) a felszínre jutási zónájukig (azaz a **megcsapolódási területekig**) tartó útjuk során láthatatlanok maradnak. S mire ismét felszínre lépnek, jelentős távolságra – néhány, esetleg több tíz vagy száz kilométerre – kerülnek a felszín alá jutási helyüktől (1. ábra).

Az új ismeretek fizikai mérésorozatokon és modelleken alapulnak. A szakemberek a kutakban mért adatok alapján kimutatták a felszín alatti áramlási rendszereket. De modellezni is tudták a vízrészecskék előrehaladását a nagyobb energiájú (magasabb vízszintű – magasabb helyzeti energiájú) helyek felől a mélyebb fekvésű (alacsonyabb vízszintű – kisebb helyzeti energiájú) területek felé (MÁDLNÉ SZÖNYI J. et al. 2013). E felismerések a rendszerszemlélet bevezetését hozták el a felszín alatti vizek tudománya, a **hidrogeológia** fejlődésébe.

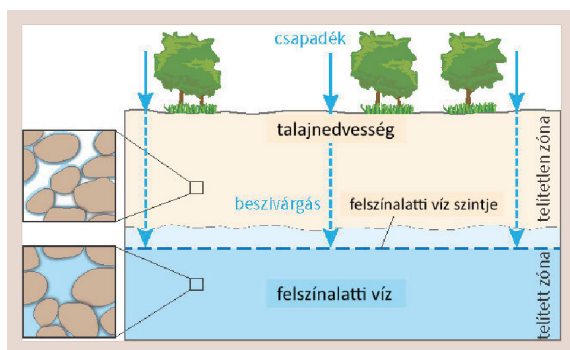


1. ábra. Láthatatlan vízállító rendszerek a felszín alatt (forrás: Földrajz 9. osztály újgenerációs tankönyv, 170. p.)

Új fogalmak a régiek helyett

E szemléletváltozás földrajzoktatásba történő bevezetése nehéz, hiszen az eddig használt fogalmak egy része (vízzáró kőzetréteg, talajvíz, rétegvíz) értelmét veszítette. Komoly kihívást jelent a teljesen vízzáró kőzet fogalmának elengedése. Ezt mégis meg kell tennünk, hiszen a földkéregbe mélyített fúrások kőzetmintáinak vízáteresztő képességére vonatkozó mérési eredmények bizonyítják, hogy minden kőzetnek van „bizonyos mértékű” vízáteresztő képessége (MÁDLNÉ SZÖNYI J. et al. 2013). Ha egy virágcserepbe agyagot rétegzünk, akkor nyilván megáll felette a víz, és nem halad át rajta; legalábbis nincs időnk azt kivárni. Ezt a kézzelfogható tapasztalatunkat a valóság annyiban írja felül, hogy a víznek sok idő és a kőzetekben – a geológiai fejlődéstörténet során kialakult – pórus- vagy repedésrendszer áll rendelkezésére. Így szépen lassan, de a víz átjut a kőzeteken. Tökéletesen vízzáró kőzet tehát nincs, minden kőzet képes valamilyen mértékben vezetni a vizet. Kétségtelen, hogy vannak **vízfogó** kőzetek (pl. agyag, márga), amelyek képesek jelentősen lelassítani a vízmozgást. Mások, például a mészkő, a homokkő vagy a kavics **vízartó** vagy **vízvezető** kőzetek, tárolják és mozgásában segítik a vizeket.

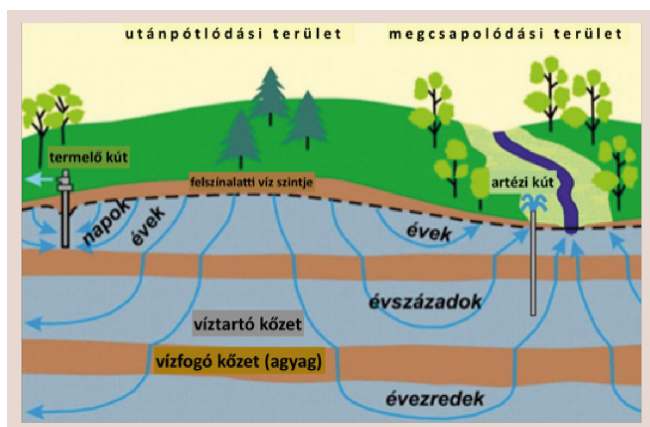
Ha a víz az utánpótlódási területtől a megcsapolódási területig összefüggő áramlási rendszert képez a felszín alatt, továbbá nincs teljesen vízzáró kőzet, akkor fogalmilag sem különülhetnek el így egymástól a felszín alatti vizek. Ebből az is következik, hogy nincs külön talajvíz és a rétegvíz, mindkettő egyszerűen felszín alatti víz, azaz összefüggenek egymással. Két fogalom maradt csak: a felszín közeli telítetlen zónában a talajnedvesség, az alatta levő telített zónában pedig a felszín alatti víz. A telítetlen zónában a víz a talaj- vagy kőzetszemcséket veszi körül, vagyis a vízburokkal rendelkező törmelék, málladék között levegő is van (2. ábra). A telített zónában a részecskék közül kiszorul a levegő. A telítetlen zóna és a telített zóna határvonala a felszín alatti víz szintje.



2. ábra. Hogyan lesz a csapadékvízből felszín alatti víz? (forrás: Földrajz 9. osztály újgenerációs tankönyv, 170. p.)

Nehéz kérdés a vízszint jelentőségének megértése, de fontos. Magasabb fekvésű területeken a felszín alatti víz szintje is magasabban van (több a víz helyzeti energiája), a mélyebb fekvésű területeken pedig alacsonyabban található (kevesebb a víz helyzeti energiája). A felszín alatti vízszintek különbségének az a jelentősége, hogy ez az energiakülönbség mozgatja a felszín alatti vizeket a magasabb energiájú helyek felől az alacsonyabbak felé (3. ábra). További nehézséget okoz a földrajzitanításban, hogy új fogalmak (vízáramlási rendszer, utánpótlódási és megcsapolódási terület) is bevezetésre kerülnek. Ugyanakkor ha az egész felszín alatti vízmozgást a **vízkörforgalomhoz** kapcsoljuk, akkor csak egy lépés annak belátása, hogy a felszín alatti vízszállító rendszerek a vízkörforgalom felszín alatti részét jelentik. Az új koncepció tehát sokkal érthetőbbé teszi a **források** kialakulásának megértését, hiszen azok megcsapolódási területek és a vízszállító rendszerek végét jelölik ki. Fontos felismerés továbbá az is, hogy a megcsapolódás síkvidéken, főleg folyókban történik.

Az **artézi kutak** fogalma továbbra is megmarad, bennük a víz a földfelszín fölé emelkedik. A magyarázat viszont változik, azaz elvethetjük a korábbi definíciót: „két vízáramló réteg között mozgó és tárolódó víz a felette lévő köztömegek nyomása következtében szökik fel”. Helyette azt mondjuk, hogy az artézi kutak a megcsapolódási területek alatt létesíthetők, és bennük a víz – a nagyobb energiataralom miatt – a felszín fölé áll meg. Tehát az artézi kutakat nem kell szivattyúzni. Azt azonban a tanulóknak is érzékelniük kell, hogy a kutak (bármilyen mélységből is hozzák felszínre a vizeket) megváltoztatják a természetes vízáramlási viszonyokat. A **belvíz** fogalom alig változik. A mélyebb fekvésű területeken fordul elő, ahol a felszín alatti víz szintje közelebb van a felszínhez, ezért a vízszint emelkedésekor a felszínre bukkanhat. Az új szemlélet előnye: segít annak belátásában, hogy a felszíni vizek (folyók, tavak, tengerek) is kapcsolatban vannak a felszín alatti vizekkel, azaz összefüggéseiket mindig szem előtt kell tartanunk.



3. ábra. A vízáramlási rendszerek víztartó és vízfogó rétegeken való áthatolásának időléptéke
(forrás: Földrajz 9. osztály újgenerációs tankönyv, 171. p.)

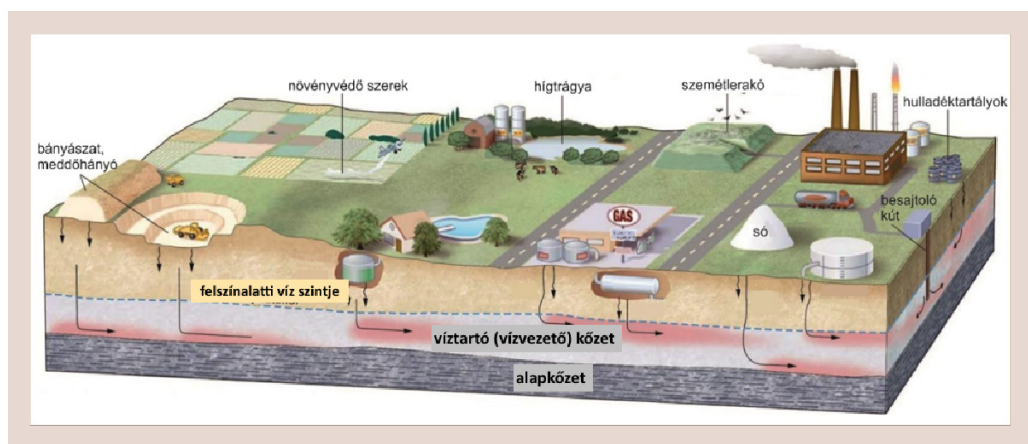
Mi a tétje az új ismeretek közvetítésének?

A felszín alatt zajló vízmozgás törvényszerűségeinek megismerése a tudományos érdeklődésen túl a mindennapi életben is alapvető jelentőségű, hiszen a Föld teljes, kb. 1400 millió km^3 -nyi vízkészletéből az édesvíz csupán 2,5%. Azonban a mobilizálható édesvízkészleteknek 98%-a a felszín alatt található, tehát a Föld legnagyobb **édesvíztartalékáról** van szó. Az édesvízkészletek hosszú távon fenntartható hasznosítása az éghajlatváltozás és a népességnövekedés tükrében pedig egyre nagyobb feladat. Globálisan jelenleg a teljes 4000 $\text{km}^3/\text{év}$ vízhasználat kb. 20%-a (800 km^3) származik felszín alatti vizekből. Ez a részesedés ugyanakkor a 20. században gyakorlatilag megötszöröződött, főként a felszíni vízben szegény arid régiókban. Magyarország nemzetközi összehasonlításban különleges helyzetű: felszíni vizekben viszonylag szegény, ugyanakkor nálunk a felszín alatti vizek szinte az ország egész területén hozzáférhetők, teljes közüzemi vízellátásunk közel 98%-ban felszín alatti vízkészletekre épül. Hazánkban a felszín alatti vizek ivóvízként történő használata világviszonylatban is kimagasló, ugyanis nálunk a folyók kavicsteraszan keresztül a folyópartokon kutakból kitermelt, ún. parti szűrésű vízkészleteket is a felszín alatti vizekhez soroljuk. Hagyományosan ilyen parti szűrésű vízbázisokból látják el Budapest lakosságát ivóvízzel.

A felszín alatti vízáramlásokon keresztül a bejutó szennyezők szállítása is zajlik (4. ábra). A felszín alatti vizek minőségét károsítja a szakszerűtlen (nem megfelelő mennyiségű és nem az optimális időpontban történő) műtrágyahasználat vagy az illegális hulladéklerakás.

Az állattartó telepekről hígtrágya juthat a felszín alatti vízbe. A csatornázatlan területeken a házi szikkasztó aknák és azok szakszerűtlen kialakítása eredményezik a szennyvizek felszín alatti vízbe jutását. Benzinkutak tartályainak szivárgásából is bekövetkezhetnek vízszennyezések. Az utak téli sózásának hatása szintén kimutatható károsodást okoz a felszín alatti vizekben. Amikor ezeket a felszín alatti vizeket kutakkal termeljük ki, akkor mesterségesen felgyorsítjuk a szennyezett víz mozgását. Problémát okoz, hogy a szennyezettségről – annak rejtettsége és tartóssága folytán – többnyire csak a kútban, a forrásban való megjelenéskor értesülünk. Emiatt az elszennyeződött mélységi vizek rehabilitációja rendkívül költséges, és az eredeti állapot többnyire nem is állítható helyre.

A felszín alatti vizekből származnak az **ásványvizek** is, melyekből egyre többet fogyasztunk (2017-ben 125 l/fő/év). Korábban így nevezték a literenként legalább 1 gramm ásványi anyagot tartalmazó vizet. Azonban az Európai Unióhoz való csatlakozás óta hazánkban is a „mediterrán” ásványvízfogalom van érvényben, azaz megszűntek az oldottanyag-tartalomra vonatkozó megkötések. A természetes **ásványvíz** védett víztartó rétegből származik, a kitermelés helyén palackozzák, hogy minőségét megőrizze. Élelmiszernek tekintendő, a biológiai vízigény (szomjúságoltás) kielégítésére fogyasztjuk (MÁDLNÉ SZŐNYI J. et al. 2013). Sajnálatos módon a fogyasztók nem nézik a palackokon feltüntetett oldottanyag-tartalmat, így nincsenek tisztában azzal, hogy palackozott ivóvizet vagy ténylegesen az ásványi anyagok szervezetbe jutását lehetővé tevő vizet fogyasztanak. A **gyógyvíz**, amely orvosiilag bizonyítottan gyógyhatású víz, szomjúságoltásra gyakran kellemetlen íze miatt sem használható. Elsősorban a betegségmegelőzést és a gyógyítást szolgálja. Hazánk



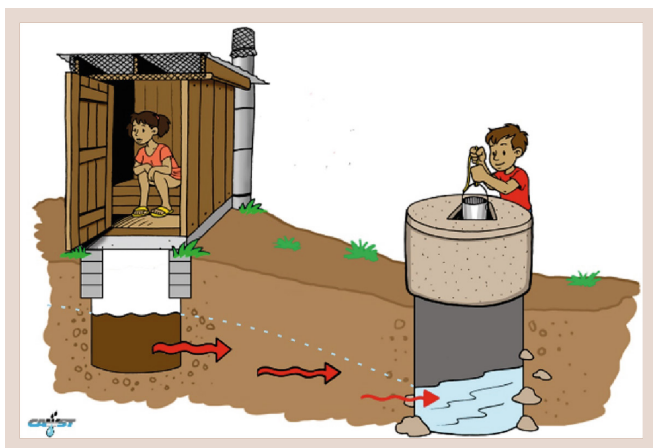
4. ábra. A felszín alatti vizeket fenyegető emberi tevékenységek és szennyező források (Earth: Portrait of a Planet, 2nd Edition, Copyright©: W.W. Norton & Company Fig. 19.23. nyomán)

hévizekben is rendkívül gazdag, nálunk a legalább 30 °C-os vizet nevezzük így, ami az ország területének több mint 70%-án rendelkezésre áll.

E víztípusok növekvő jelentőségével szemben a társadalom általános ismeretanyaga a témában igen szegényes. Annál is inkább, hiszen rejtett, a szemünk elől elzárt vizekről van szó. Ezért fogyasztják az emberek ma az ásott vagy fúrt kutak vizét bevizsgáltatás nélkül, ezzel akár saját egészségüket is veszélyeztetve (5. ábra). Holott vezetékes vízzel gyakorlatilag az ország teljes területe ellátott. Magyarország lakosságának ivóvíztartaléka és az ország mezőgazdasági termelése, az öntözés tervezése miatt sem mindegy, hogy hol mennyi vizet termelünk ki a felszín alól. Mi több, ahogy láttuk, a kutakból történő vízkivételekkel a természetes vízáramlási rendszereket is módosítjuk. Be kell lássuk, hogy a víztermelés a felszín alól sem folytatható következmények nélkül akkor sem, ha mindenki „csak éppen saját szükségletét” elégíti ki. Hiszen a sok kicsi sokra megy, lecsökken a felszín alatti vízszint, ahogy erre sok példa ismert a világból. Hasonlóképpen a felszín alatti vizek elszennyezésére is fel kell hívnunk a figyelmet. Ha a baj már megtörtént, a helyreállítás rendkívül költséges és teljes körű tisztítás utólag már gyakran nem érhető el.

Mit tehet a földrajztanítás a szemléletváltás érdekében?

A felszín alatti vízkészletek természetének megértéséhez és az összefüggések felismeréséhez szükség van a földrajztanítás megreformálására e témakörben, hiszen csak ekkor remélhetjük, hogy az új ismeret és szemlélet közkinccsé válik és a javunkra fordítódik.



5. ábra. Az árnyékszékek is szennyezhetik az ásott kutakat (forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Groundwater_Contamination_Latin_America_Sm.png, módosítva)

A témakör feldolgozására a maga komplexitásában jelenleg a gimnáziumok 9. évfolyamában van lehetőség, de elemei előkerülnek az alapfokú oktatásban is, például hazánk természetföldrajzi áttekintése részeként a medencejelleghez kapcsolódóan, vagy a regionális földrajz tanulása során a nagy felszín alatti víztárolók (pl. Szahara, Nagy-Artézi-medence) kapcsán. A jelenleg érvényben lévő földrajztantervek (Nemzeti alaptanterv 2012, kerettantervek 2012) még nem tükrözik az új szemléletet. Vannak azonban olyan tankönyvek, amelyek már elébe mentek a társadalmi igénynek (újgenerációs földrajztankönyvek, OFI, 2018). Kíváncsok, hogy az új Nemzeti alaptanterv – amelynek megjelenése az előzetes hírek szerint 2018. decemberre várható – alapján létrehozandó kerettantervek, valamint a megjelenésüket remélhetően követő új érettségi követelményrendszer megalkotása során érvényre jussanak azok a szemléleti és fogalmi változások, amelyekről az előző részekben szoltunk. Természetesen a szemléletváltás igazi kulcsszereplői azok a földrajztanárok, akik a témakör feldolgozása során valóban a dinamikus vízrajzi és vízgazdálkodási szemléletet közvetítenek tanítványaiknak. Az ő módszertani kultúrájuk segítheti elő a valós problémákból kiinduló tanulási folyamatot, a tanulók **kutatásos stratégia** alkalmazásán keresztül aktív tudásszerzését (MAKÁDI M. 2015).

Modellvizsgálatok

A következőkben néhány egyszerű modellvizsgálatot mutatunk be, amelyek segíthetnek a fenti törekvések megvalósításában (CSONDOR K. et al. 2017). A vizsgálatokat az ELTE földrajztanár szakos hallgatóival már többször elvégeztük, így azok tapasztalatait is felhasználtuk.

A. Üledékes kőzetek vízáteresztő képességének megfigyelése

Problémafelvetés

Milyen gyorsan halad át a különböző üledékes kőzeteken a felszín alatti víz? A telítetlen zónán történő vízmozgás bemutatása.

Szükséges anyagok, eszközök

Kőzetminták (mészkő, homok, vegyes kavics, aprószemű kavics, rétegzett üledék), víz; 5 db PET-palack, 6 db főzőpohár, állvány, szűrőpapír.

A megfigyelés előkészítése

- 5 darab PET-palack tetejét levágjuk és a nyitott palackok szája elé szűrőpapírt teszünk az üledék megfogására.

- A palackokat lefelé fordítva állványba állítjuk, alájuk főzőpoharakat teszünk.
- A palackokat feltöltjük azonos mennyiségű, de különböző kőzetmintákkal.
- Egy főzőpohárba mindig azonos mennyiségű vizet engedünk, amit óvatosan a palackokban lévő kőzetmintákra öntünk (6. ábra).

Feladat

- Annak megállapítása, hogy a különféle kőzeteken milyen sebességgel halad át a víz, azaz mennyi idő alatt telik meg vízzel az alattuk elhelyezett pohár.
- Magyarázat keresése a tapasztalatra.

Tapasztalat

A víz a legkönnyebben a mészkövön és a vegyes nagykavicson halad át, míg a homokon a leglassabban. A relatíve nagyobb pórusméretű kőzeteken gyorsabban halad át a víz, míg a pórusméret csökkenésével a víz áthaladási sebessége csökken.

Mit bizonyít a tapasztalat?

A különböző üledékes kőzeteken különböző sebességgel halad át a víz, de valamennyin átjut. Bizonyos – vízfogó – kőzetek lassítják a víz mozgását.



6. ábra. A kőzetek eltérő vízáteresztő képességének vizsgálata (fotó: Deák Anita)

B. A felszín alatti vízszint két oldalán

Problémafelvetés

Hogyan jut a telítetlen zónán át a víz a felszín alatti vízszintig, ha esik az eső egy „valós” felszíni domborzattal rendelkező területen? Milyen a kapcsolat a folyó és a felszín alatti víz között? (Shoobox model)

Szükséges anyagok, eszközök

Üledék (homok, nagyobb kavics, agyag), víz, kék ételfesték; (leeresztőcsappal ellátott) akvárium (de átlátszó műanyag doboz is jó), üvegcső (helyette egy alul kilyukasztott műanyag pohár is jó).

A megfigyelés előkészítése

- Az akváriumban heterogén kőzetösszetételű felszínt (két oldalon magaslat, középen mélyedés) hozunk létre homok, agyag és kavics segítségével. Egy vízfogó kőzet (agyag) is kerül az edény egyik sarkába.
- A felszíni mélyedésben kialakítunk egy patakmedret (a kavicsra némi homokot teszünk).
- Egy magaslati pontnál behelyezzük a kőzetbe az üvegcsövet vagy poharat (mint kutat).
- Annyira feltöltjük az akváriumot vízzel, hogy az a patakmeder alja alá érjen.

Feladat

- Megfigyeljük az akváriumban a telítetlen és a telített zónát.
- Az akvárium kúttal ellenkező végébe kék ételfestékkel színezett vizet öntünk (csapadék) (7. ábra). Megfigyeljük a víz telítetlen zónán át tartó útját a felszín alatt, valamint a vízszintet a kútban (megjelenik vagy emelkedik) és a folyómedret (megjelenik benne a víz).
- Leeresztjük az akvárium vizét a csap segítségével (szárazság imitálása). Megfigyeljük a vízmozgást. (Ha ez nincs, akkor alapállapotban figyeljük meg a száraz időszakot, majd megnézzük a változást a csapadék hatására).

Tapasztalat

Az üledékekkel teli üvegkádban a felszín alatti víz és annak változása, illetve a telítetlen és a telített zóna közötti különbség figyelhető meg. Az esővíz lefelé szivárog a kádban a telítetlen zónán át. Minél több víz érkezik a felszínre, annál jobban emelkedik a vízszint. Ezek a változások megfigyelhetők a kútban is. Továbbá a folyómederben is megjelenik a víz, a felszín alól jut bele a vízszint emelkedésével. Ahol vízfogó kőzet (agyag) van, a felszínén jobban mozog a víz és kevésbé gyorsan jut bele. A csap megnyitásával a vízszint egyre csökken a felszín alatt, s a folyómederből is eltűnhet a víz. Fontos következtetés, hogy a vízkörforgalom a felszín alatt is zajlik, a folyók és a felszín alatti vizek is összefüggenek.



7. ábra. A telített és a telítetlen zónában való vízmozgás modellezése domborzattal tagolt medencében
(fotó: Vásárhelyi Dalma)

C. A felszín alatti víz szennyeződése

Problémafelvetés

Egy pontszerűen felszín alá jutó szennyező mennyire terjed szét? Megtisztíthatjuk-e a vizet a szennyezőtől?

Szükséges anyagok, eszközök

A B. feladat eszközei és anyagai, fecskendő, piros ételfesték.

Feladat

- Az előző B. modellben pirosra festett vizet juttatunk a felszínre a modell magaslati területén, a szennyező kijutását imitálva. Megfigyeljük a szennyező terjedését a felszín alatti vizekben.
- A kúton keresztül megpróbáljuk fecskendővel eltávolítani a szennyezőt a vízből.

Tapasztalat

A dombon csapadék hatására bemosódik a szennyezőanyag is. A szennyező elterjed a felszín alatt, a vízfogó kőzet ugyan megállítja, de a durvaszemű üledékben mindenhová elterjed. A dombtetőn fúrt kútból próbáljuk kiszivattyúzni a szennyezőt, de a piros szín sokáig megmarad, jelezve, hogy ha már elterjedt a szennyező, akkor nagyon nehéz eltávolítani.

Mit bizonyít a tapasztalat?

A szennyező a vízzel együtt terjed a felszín alatt, bár a forrása pontszerű, de nagy területet szennyez el, ami a felszínről nem látható. A szennyező eltávolítása szinte lehetetlen feladat.

D. Nem mindegy, hogy mi szennyez

Problémafelvetés

Mi történik a felszín alatti víz szintjéhez leszivárgó benzinnel és a nehezebb higannyal, mint szennyezőkkel?

Szükséges anyagok, eszközök

Nagyméretű kavics, víz, ételfesték (két különböző színű), étolaj, glicerín; 2 db nagyméretű főzőpohár, 2 db kisméretű főzőpohár, keverőbot.

Feladat

- Két nagy főzőpohárba kavicsot töltünk, és azonos magasságig feltöltjük csapvízzel (maradjon a tetején telítetlen zóna!).
- Egy kis főzőpohárba étolajat öntünk, és megfestjük narancsszínű ételfestékkel (ez lesz a benzinszennyező).
- Egy másik kis főzőpohárba glicerint öntünk, és megfestjük kék ételfestékkel (ez lesz a higanyszennyező).
- A festett anyagokból töltünk a kavicsokra.

Tapasztalat

A szennyezők eléri a vízszintet. A benzint jelképező festett étolaj a víz tetején (a felszín alatti víz szintje felett) marad, mivel a víznél kisebb a sűrűsége. A higanyt helyettesítő festett glicerín ezzel szemben a víztömeg alá süllyed (a vízfogó kőzetig, ami itt az üvegpohár alja), beszennyezi a teljes vízkészletet.



8. ábra. A különböző sűrűségű szennyezőanyagok (piros a víz tetején, kék az edény alján) elhelyezkedése a felszín alatti vizekben (fotó: Deák Anita)

Mit bizonyít a tapasztalat?

A szennyezők sűrűségétől is függ, hogy hogyan viselkednek a telített zónához érve. A benzinszennyező ugyan nagy területeket érinthet, de függőlegesen minimálisan terjed, így a szennyeződött felszín alatti vizek könnyebben tisztíthatók, mint pl. a higannal szennyezettek.

Összegzés

A tudományokban bekövetkezett paradigmaváltásnak arra kell ösztönöznie az iskola-rendszer tartalmáért felelősöket, hogy a kutatások eredményei minél hamarabb megjelenjenek az oktatásban. Az évszázadok során sémákká merevedett szakmai tudás és azok átadásának módja sokáig él gondolkodásunkban. Ezért nincs késlekedni való idő arra, hogy a felszín alatti vizek dinamikus szemléletével kapcsolatos tudás is minél hamarabb beépüljön a földrajztanítás-tanulás folyamatába. A földi vízrendszer egységes értelmezésének részeként **a felszín alatti vizeket mint áramlási rendszereket** kell megismerniük a tanulóknak ahhoz, hogy megértsék a vízrendszer működését, **környezettudatosan cselekedjenek** mindennapjaikban, és majd felnőttként felelősségteljes döntéseket hozhassanak. Ebben a tanulási folyamatban a problémafelvetéseken alapuló vizsgálódás az egyik leghasznosabb tevékenység, mert megmutatja számukra a dolgok természetét és a problémák megoldási útjainak keresési, megtalálási módját.

Irodalom

- CSONDOR K. – MÁDLNÉ SZÖNYI J. – ERŐSS A. – MAKÁDI M. – BODOR P. – SZIKSZAY L. 2017: Egyszerű kísérletek és hasznos kérdések a felszín alatti vizekről, földrajztanároknak. – Kézirat.
- MÁDLNÉ SZÖNYI J. 2011: Talpunk alatt is folyik? Felszín alatti áramlások a víz körforgalmában. – <https://www.youtube.com/watch?v=gqeg78-1ofw&feature=youtu.be>
- MÁDLNÉ SZÖNYI J. – CZAUNER B. – SIMON SZ. – ERŐSS A. – ZSEMLE F. – PULAY E. – HAVRIL T. 2013: Hidrogeológia. – <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Hidrogeologia/book.pdf>
- ARDAY I. – BURÁNSZKINÉ SALLAI M. – MAKÁDI M. – NAGY B. – SÁRINÉ GÁL E. 2018: Földrajz 9. Újgenerációs tankönyv. – EKE–OFI. Eger–Budapest. pp. 170–173.
- MAKÁDI M. 2013: Modellezési technikák a földrajztanításban. – In: Makádi M. (szerk.): Vizsgálati és bemutatási gyakorlatok a földrajztanításban. ELTE-Prompt. Budapest. pp. 187–240.
- MAKÁDI M. 2015: Tevékenykedtető módszerek a földrajztanításban. – ELTE TTK. Budapest. pp. 104–119.
- MAKÁDI M. – VICTOR A. 2015: Az összefüggő rendszerek tanításának szaktudományi háttere és szemlélete. – In: Makádi M. (szerk.): A természetismeret tanítása és tanulása. ELTE TTK, Budapest, pp. 213–248.

SENGE, P. M. 1998: Az 5 alapelv. A tanuló szervezet kialakításának elmélete és gyakorlat – HVG Kiadó, Budapest, 464 p.

Shoebox model. – <https://www.youtube.com/watch?v=izq9gvCOaYk>

110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról – http://www.njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=149257.218573.

A Nemzeti alaptanterv tervezete, 2018. augusztus 31. – <http://oktatas2030.hu>

Kerettanterv az általános iskolák 5–8. osztálya számára. 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 2. melléklete.

Kerettanterv a gimnáziumok 9–12. osztálya számára. 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 3. melléklete

GEOINFORMATIKA A KÖZOKTATÁSBAN – NEMZETKÖZI ISKOLAI HÁLÓZATOK

GEOINFORMATICS IN PUBLIC EDUCATION – INTERNATIONAL SCHOOL NETWORKS

DÉKÁNY KRISZTINA

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék
dekrisztina@caesar.elte.hu

Abstract

In recent years, the number of teaching methods that are being published in education methodology are growing, as they change some of the practices that are sometimes classified as obsolete or outdated. In addition, it is important that education should be in line with the new challenges of the 21st century and need to help preparing students for lifelong learning. Of course, as a teacher, one still needs to keep in mind transferring professional knowledge in the right form and motivating students.

The use of geographic information systems can revolutionize and greatly expand students' geographic experience. Visual images from all over the world contribute to learning; satellite technologies can bring landscapes to life. Interactive maps can be used for mapping and interpreting different geographical patterns, as well as solving the problems that have arisen. Based on these, numerous pedagogical networks have been set up and they provide curricula and teaching materials which can be directly used in public education.

Keywords: geoinformatics, public education, lesson plan, geography teaching

Bevezetés

A geoinformációs rendszerek többféleképpen közelíthetők meg, de mindegyikben hangsúlyosan jelennek meg a helyhez kötött információk és az a sajátosságuk, ahogy grafikus és leíró adatokat egyszerre kezelnek. Ezeket az adatokat (attribútumokat) tulajdonságként egy entitáshoz kapcsoljuk, amely a valós világ egy olyan érdeklődésre számot tartó alapegysége, amely hasonló jellegű alapegységekre tovább nem bontható (DETREKŐI Á. – SZABÓ GY. 2002).

Valamilyen új módszerrel találkozva az oktatásban sokaknak az első gondolata az, hogy szívesen kipróbálnák, de túl sok időbe telik előkészülni egy-egy ilyen tanítási órára. Ezt tudja segíteni szerintem, ha megpróbálunk már bevált, konkrét példákat saját tanóráinkon megvalósítani, vagy kapcsolódunk egy már meglévő iskolai hálózathoz. A következőkben három ilyen projektet mutatok be. Érdeemes olyan dolgokkal kezdeni a geoinformatika kipróbálását a földrajztanítási-tanulási folyamatban, ami már működik jó gyakorlatként más országban hasonló témában.

Jó gyakorlatok

iGuess (Integrating GIS Use in Education in Several Subjects)

A GIS használatának integrálására hozták létre a hét ország (Egyesült Királyság, Belgium, Franciaország, Ausztria, Magyarország, Bulgária és Görögország) részvételével alapított iskolai hálózatot, az **iGuess**-t, amely többféle témakörben, tananyagban mutatja be, hogyan lehet a geoinformatikát mint módszert felhasználni a tanulásban. Ez egy Európai Unió által finanszírozott projekt, amelynek célja olyan tanárképzés kialakítása, amely megtanítja a tanárokat a GIS használatára. E projektben Magyarországot a Gobio Bt. képviselte, amely egy kis családi vállalkozás volt, és elsősorban az ökoturizmus, a környezetvédelem és a felnőttoktatás területén vett részt a projektben.

Az első iGuess projekt 2008–2010 között futott, összesen több mint 4400 tanuló és közel 700 alkalmazott vett részt a szervezésben és lebonyolításban. Ezt követően három pedagógusoknak szóló tanfolyamot tartottak (Geel, illetve Brüsszel 2010, Athén 2011, Dublin 2012). A projekt koordinátora a KOGÉKA (*Katholiek Onderwijs Geel-Kasterlee*) volt, egy hat középiskolát tömörítő csoport Geel és Kasterlee településeken Belgiumban. Az iGuess célja a geoinformatikai készségek terjesztése azáltal, hogy megosztja az ötleteket és a legjobb gyakorlatokat a hozzá kapcsolódó módszerek használatáról. A honlap tartalmazza az elkészített projektek módszertanát és hozzájuk tartozó iránymutatásokat, valamint konkrét jó gyakorlatokat a GIS használatára az osztályteremben. Mindegyiket lefordították az összes résztvevő hivatalos nyelvére, így magyarul is elérhetők.

A pedagógiai tréning négy modulból állt, melynek első részében a térbeli gondolkodás és a geoinformatika bevezetése szerepelt gyakorlati és hozzáférhető módon a laikusok számára, ötvözve az elméletet egy GIS szoftver tényleges használatával az alapvető feladatok során. A második modul az ArcGIS felhasználásához segítséget nyújtó gyakorlatokból állt, amelyeket a konzorciumi partnerek fejlesztettek ki. A célja az volt, hogy elősegítse az összegyűjtött adatok feldolgozását és bemutassa a térinformatika további lehetőségeit. A harmadik modulban a kurzus résztvevői iránymutatásokkal készíthették el a saját gyakorlataikat, míg az utolsóban a tanárok aktívan együttműködtek más európai pedagógusokkal, és műhelymunkáik során saját GIS-gyakorlatokat készítettek.

Ezek után elindították a projekt folytatását, az iGuess2-t, ami az akkor legfrissebb szoftverváltozatot, az ArcGIS 10.1-et használta, valamint bemutatta az ArcGIS Online

webes alkalmazást és a szabadon elérhető adatok integrálását a GIS-ben. A projekt frissített honlapján a projektinformációk mellett szabadon elérhető geoinformációkhoz és gyakorlatok példáihoz juthatunk hozzá, valamint a geoinformatika tantervbe való integrálásának lehetőségei is szerepelnek.

Ezek közül most egy óratervet mutatok be.

A projekt címe: Földrendések Görögországban

A projekt tartalma:

- a földrengések térbeli eloszlása Görögország területén;
- több szeizmikus zóna kialakulása az epicentrumok eloszlása szerint;
- a szeizmikus aktivitási minták korrelációja a tektonikai lemezhatárookra és a veszélyeztetett városok azonosítására.

Európai szabványok a geoinformatikai kompetenciák középfokú oktatásához:

- kritikusan olvasás és értelmezés különböző, a médiában megjelenő kartográfiai termékekkel kapcsolatban;
- földrajzi információk vizuális közlése, földrajzi kérdések és azok megválaszolása a geoinformatika segítségével.

Munkaforma: önálló tanulói munka

Időtartam: 90 perc

Évfolyam: 8. (13–14 éves tanulók)

Tantervi témakör: geológiai ismeretek

Példák motiválással kapcsolatos témákra és célokra:

- a tanuló ismerkedjen meg a térképek tudományos értékével (ismerje el a térképeket a valóság képviselésének eszközeként, ami megkönnyítheti a kérdések értékelését, az adatfeldolgozást, a következtetések levonását);
- határozza meg és írja le a környezet alapvető jellemzőit, földrajzi szókinccs használatával, hozzon létre összefüggéseket e jellemzők és az emberi életre gyakorolt hatásuk között;
- ismerkedjen meg pontosan mérhető és rögzített adatokkal, amelyekből következtetések vonhatók le a láthatatlan jelenségekre (például geológiai hatásokra) vonatkozóan (például földrengések, vulkánok).

Tanulási célok:

- ismerje meg a Görögországban jelentős szeizmikus tevékenységgel rendelkező területek elhelyezkedését;
- ismertesse a magas szeizmikus aktivitás és a tektonikus lemezhatárok menti zónák közötti kapcsolatot;

- határozza meg a földrengések által veszélyeztetett városokat.

Tanulási készségfejlesztő tevékenységek:

- földrengések helyszínének elemzése;
- adatfeldolgozás;
- következtetések levonása;
- a földrengések és az emberi életre gyakorolt hatások közötti korreláció felismerése.

Térinformatikai készségeket fejlesztő tevékenységek:

- rétegek hozzáadása a térképhez;
- a réteg attribútum-táblájának megnyitása;
- sorba rendezés (rakja az adatokat emelkedő vagy csökkenő sorrendbe);
- adott tulajdonságú leíró adatok kiválasztása;
- saját digitális térkép előállítása.

Fejlesztendő tanulási kompetenciák:

- térbeli adatok integrálása egy problémamegoldó környezetbe;
- térképek használata a hipotézis megfogalmazásában és a tér vizsgálata időben eltérő helyzetekben.

GIS kompetenciák fejlesztéséhez kapcsolódó tevékenységek:

- földrajzi adatbázis-kezelés;
- térképek bemutatása funkcionális eszközök segítségével;
- megvalósított projektek és térképek ArcGIS Online-ban.

A készségfejlesztő programhoz készült weboldal és [munkafüzet](#) a tanároknak és a középiskolás diákoknak azt mutatja meg, hogy a Földet meg tudják figyelni az űrből. Ezt számos helyen lehet alkalmazni az osztálytermi tanulás során. A honlap számos érdekes anyagot tartalmaz, és rendszeresen frissül abból a célból, hogy a diákok ízelítőt kaphassanak a Föld megfigyelési adatairól az Európai Űrügynökség (*European Space Agency* – ESA) és európai partnerei által rendelkezésre bocsájtott adatokból. Az Európai Űrtudományi Erőforrás Hivatal (*European Space Education Resource Office* – ESERO) projektje az európai általános és középfokú oktatási közösséget támogatja, hogy minél több helyre eljusson az űrtudomány; jelenleg 14 országban van jelen ez a hálózat (Írország, Egyesült Királyság, Ausztria, Belgium, Csehország, Dánia, Németország, Luxemburg, Hollandia, Lengyelország, Portugália, Románia és Spanyolország, valamint a skandináv központ, amely Norvégiát, Svédországot és Finnországot fedi le). Főleg a földrajz, a környezettudományok és a fizika tantárgyak ezeknek az ismereteknek a befogadói.

Az ESERO tevékenysége több különböző területen jelenik meg.

1. Hands-on projektek: ezek magukban foglalják a hallgatók teljes körű részvételét a programok minden területén (például kis műholdak és kísérletek tervezése, ezek fejlesztése, valamint az ehhez kapcsolódó workshopok és a szakértők képzései).
2. A tanárok támogatása: az elmúlt években az ESA részt vett az ESERO projektjében, amely az oktatási szakértők által működtetett és a nemzeti oktatási hálózatokba integrált kapcsolattartó, illetve erőforrás központok létrehozását irányozza elő. Számos oktatási anyagot fejlesztettek ki különböző korú diákok számára.
3. Nemzetközi együttműködési tevékenységek: a Nemzetközi Űrkutatási Tanács (*International Space Education Board* – ISEB) égisze alatt az ESA olyan tevékenységeket folytat, mint a *Global Educational Network for Satellite Operations* (GENSO) projekt, és támogatja a diákok részvételét olyan nemzetközi tevékenységekben, mint a NASA Akadémia.
4. Lehetőségek a diákok számára: az ESA Oktatási Hivatala támogatja a diákok részvételét konferenciákon és workshopokon, többek között az Űrkutatási Bizottság (*Committee on Space Research* – COSPAR) és a Nemzetközi Asztronautikai Kongresszus éves ülésein.
5. Tájékoztatási kezdeményezések: a szervezet tevékenységei magukban foglalják a honlap elkészítését és az ESA Kids weboldalt, ahol az ESA valamennyi tevékenysége kapcsán információt találhatnak a fiatalok, valamint az ESA külső partnerei által szervezett rendezvényekről.

Egyelőre talán hátránya a hálózatnak, hogy csak angol nyelvű példák érhetők el (például), de érdemes lenne megpróbálni felhasználni ezeket is.

GISAS

A természettudományok európai közössége, a Scientix hirdeti és támogatja a pedagógusok, oktatási kutatók, döntéshozók és más oktatási szakemberek közötti európai szintű tudományos, technológiai, mérnöki és matematikai (science, technology, engineering and maths – STEM) együttműködést. Ennek részeként támogatták a geoinformatikai rendszerek bevezetését az oktatásba a Földrajzi Információs Rendszerek alkalmazásai az iskolák számára (*Geographical Information Systems Applications for Schools* – GISAS) projektjükkel.

A GISAS (2003–2006) projekt segített bevezetni a geoinformatikát az európai középiskolák földrajzi és környezeti tudományainak oktatásához. Ezen idő alatt kifejezetten a vízminőségi mutatók összegyűjtésére összpontosított: a partnerek integrált web alapú tanulási környezetet fejlesztettek ki, hogy vizualizálják, kezeljék és megosszák a víz és a vízgyűjtő területekre vonatkozó helyi GIS-adatokat.

A projekt céljai a következők voltak:

- olyan modell létrehozása, amely megkönnyíti a GIS használatát a középiskolák földrajzi és környezeti oktatása során az osztálytermekben;
- térinformatikai eszköz használata a helyi vízminőség tanulmányozására Európában;
- gyakorlati és tanártovábbképzés szervezése geoinformatika témában a partneriskolák tanárai számára;
- oktatási anyagok, gyakorlatok és online tanulói környezet létrehozása tanárok és hallgatóik számára;
- valós életben előforduló szituációk felhasználása az oktatási folyamatban.

A kifejlesztett anyagokat kilenc európai országban (Belgium, Finnország, Franciaország, Görögország, Magyarország, Olaszország, Lettország, Szlovénia, Svédország) vizsgálták és validálták, amiben összesen 35 tanár és 220 diák vett részt. A projektet az Európai Bizottság a MINERVA (*Ministerial NETwork for Valorising Activities in digitization* – minisztériumok hálózata, mely a kulturális és tudományos tartalmak digitalizálását hangolja össze) pályázat keretében finanszírozta, és a Helsinkii Egyetem koordinálta.

A GISAS projekt az ArcView 8.3-at használta, mely asztali geoinformatikai szoftver az ESRI cégtől. A projektben részt vevő partneriskolák támogatást kaptak a hardverekhez, szoftverekhez, adatokhoz és egyéb eszközökhöz, például GPS-vevőkhöz és digitális fényképezőgépekhez. A projekt támogatta a korszerű IKT-eszközök integrációját a középfokú oktatásba, nemcsak a földrajzban, hanem más témákban is. Az IKT és a virtuális tanulási környezet használata lehetővé tette az iskolák számára, hogy kísérleteket végezzenek, teszteljenek, és új funkcionális, interdiszciplináris és pedagógiai szempontból megfelelő oktatási módszereket dolgozzanak ki. A GISAS projekt előkészítette az utat egy olyan tantervhez, ahol a következő három tanulási területre koncentráltak: kreativitás, kompetencia és kommunikáció.

A projekt keretében a partneriskolák évente kétszer gyűjtötték be a helyi folyók vízminőségi adatait, elemezték és vizsgálták az eredményeket. Ezeket a helyszíneket, mint pontokat digitális térképeken ábrázolták a gyűjtött tulajdonságadatokkal – amelyek a biológiai és kémiai vízelemzések eredményeit tartalmazták – együtt. Ezeknek a helyi geoinformációs adatbázisoknak a gyűjtése és létrehozása önmagában nem cél volt, hanem egy olyan eszköz, amely megteremti a GIS használatának lehetőségét az osztályteremben, mint kutatásalapú tanulási eszköz.

Végeredményben alapszinten a hallgatók a következő kompetenciákkal gyarapodtak:

- kritikusan tudják értékelni a médiában megjelenő térképeket;
- ismerik az alapfogalmakat és megértik, mit jelent a GIS;
- képesek következtetni gyakorlati példákból a mindennapi környezetükben;
- gyakorlatban be tudják mutatni, hogyan alkalmazható a GIS a társadalomban;
- tudják használni a geoinformatikai szolgáltatásokat és megértik, hogy milyen elvek vannak mögöttük;
- képesek bemutatni a geoinformatikai térképeket és hogy milyen információk nyerhetők ki ezekből;
- megértik, hogy a GIS a helyek és adatok, információk, jellemzők kombinációja egy adatbázisban;
- tudják, hogy a térinformatikai rendszerek lehetővé teszik az információk különböző forrásból való hozzáférését;
- megtanulják, hogy a térkép egy-egy adott tulajdonságú pontja segíti a különböző elemzéseket és vizualizációkat.

A GIS-készségek magasabb szintjén a diákok:

- megértik a térképezés alapjait és az adatok megszerzésének elveit, esetleges ezek hiányosságait;
- képesek vannak a metaadatok kezelésével, és ezen adatok forrásaival;
- tudják használni a mobil GIS szolgáltatásokat és megértik a mögöttük álló elveket;
- ismerik a térinformatikai adatok megjelenítésének különböző módjait;
- képesek különböző módon elemezni a térinformatikai térképeket;
- értékelik a különböző méretarányban előállított adatkészletek közötti különbségeket, és megértik a generalizáció fontosságát.

Haladóbb szinten pedig a következő képességekkel rendelkeznek a projektet megvalósító diákok:

- képesek a geoinformatikai adatok vizuális megjelenítésére;
- adott célokra ki tudják választani a megfelelő GIS-adatkészleteket, megértik a különböző leíró technikákat, skálákat, attribútumokat, koordinátákat;
- tudnak egyszerű GIS-elemzéseket, lekérdezéseket készíteni és használni;
- rendelkeznek információkkal a térinformatika történelméről és megértik a jelenlegi fejlődési folyamatokat, irányokat;
- kreatívan állnak hozzá új alkalmazásokhoz a geoinformatika segítségével;
- folyamatosan képesek fenntartani és fejleszteni saját GIS-készségeiket.

ESRI GIS School Program

Természetesen a már sokat említett ESRI is bekapcsolódik a geoinformatika bevezetésébe, még hozzá direkt módon is, nem csak úgy, hogy szoftverüket adják ingyenes felhasználásra. Ezáltal is céljuk, hogy a fiatalokat felkészítsék a jövő kihívásaira, amit a digitális készségfejlesztéssel és a térinformatikai oktatással kívánnak megvalósítani. Az Európai Bizottság digitális készségekkel és munkahelyekkel foglalkozó koalíciójának támogatása érdekében az ESRI ígéretet tett a költségmentes GIS-szoftverek és -források biztosítására európai általános és középiskolák számára. A résztvevő szervezetek olyan felhőalapú geoinformatikai eszközöket kapnak, amelyek lehetővé teszik a diákok térbeli gondolkodásának és a problémamegoldó készségeinek a fejlesztését, amint felkészülnek a huszonegyedik századi munka világára. Ahogy a koalíció is megfogalmazza: korszerűsítik az oktatást és a képzést annak érdekében, hogy mind a diákok, mind a tanárok részére biztosítsák annak lehetőségét, hogy oktatási és tanulási tevékenységük során digitális eszközöket és anyagokat használjanak, valamint hogy digitális készségeiket fejlesszék, ezzel is továbbképezzék magukat.

Az erre alkalmas és már bevált szoftverek elérhetővé tétele mellett az ESRI tagirodái és partnerei is részt vesznek ebben a programban. Szolgáltatásaik közé tartoznak a tanárképző tanfolyamok, az osztálytermi gyakorlatok, valamint a helyi földrajzi adatok, például a műholdas képek vagy a digitális térképek elérhetővé tétele. Az ESRI a pedagógusokkal és az önkéntesekkel (GeoMentors), a nemzeti tantervi normákhoz igazodó és helyi nyelveken folytatott tudásanyag megteremtése érdekében dolgozik.

Az európai partnerekhez hasonlóan az ESRI hasonló programot vezetett az USA-ban is az elmúlt négy évben, így a projektben ezidáig több ezer iskola diákja tapasztalta a GIS előnyeit az osztályteremben. Ingyenes oktatóeszközöket biztosítottak az induláshoz és az online térképezéshez. Szabványos alapú oktatóanyagok állnak rendelkezésre különböző témákban, amelyek megkönnyítik a diákok számára a kutatásalapú tanulását. Ezek az oktatóanyagok nem igényelnek telepítést vagy bejelentkezést, és jól működnek minden típusú számítógépen, laptopon vagy táblagépen.

Az alkalmazott oktatási csomagok típusai:

- a *GeoInquiries™* 15 perces oktatási anyagokat tartalmaz előkészített online térképek segítségével, amelyek szabad forrású tananyagokkal egészítik ki környezetföldrajz és társadalomföldrajz témakört;
- a *Mapping Our World* egy olyan gyűjtemény, mely egy-egy tanórára ad ötleteket a világ földrajzának tanítására a középiskolában, online térképkészítéssel kiegészítve;
- a *Thinking Spatially Using GIS* 60 perces tananyaggyűjtemény, amely alapvető ismereteket közvetít a világ földrajzának témakörben, online térképezéssel;
- a *Learn ArcGIS* oktató weboldal problémaalapú és gyakorlati leckéket tartalmaz, amelyek ingyenes hozzáférést biztosítanak az ArcGIS Online-hez, az ArcGIS Pro próbaverzióihoz és más ArcGIS alkalmazásokhoz;
- *Esri GeoInquiries™ collection for Earth Science*: az ArcGIS Online segítségével a földtudományi oktatás számára szabadon hozzáférhető egy olyan gyűjtemény, mely 15 ingyenes web-térképezési tevékenységet tartalmaz. Ezek megfelelnek a térkép alapú fogalmaknak a követelményekben, mindössze 15 percet igényelnek a tanár számára, és eszközfüggetlenek. A gyakorlatok összhangban vannak a következő generációs tudományi szabványokkal. Elérhető témák (sajnos csak angol nyelven): topográfiai térképek, távérzékelés, ásványok, bányászat, kőzettan, földfelszín, lemeztektonika, földrengések, vulkánok, hegyvidékek, vízrajz, óceánok jellemzői, szél- és hőmérsékleti mintázatok, időjárás, viharok, éghajlatváltozás.

Összegzés

A tanulók sokféle módon élvezhetik a GIS használatának előnyeit. A geoinformatika használata növeli a tanulók azon képességét, hogy kritikusan gondolkodjanak az adatok elemzésében, elősegíti numerikus készségeik fejlesztését, valamint azt, hogy olyan eszközöket használjanak, amelyek megkönnyítik az információk feldolgozását és

átadását. Ez a technológia lehetővé teszi számukra a térbeli minták, összefüggések és kapcsolatok vizualizálását.

Általánosságban megfogalmazható, hogy számos lehetőség nyílna a geoinformatika oktatásba történő bevezetésére hazánkban is, és módszertanilag felzárkózni a fejlettebb országokhoz. Ehhez természetesen magyar nyelven is szükség lenne több kipróbált oktatási tananyagra, ha máshogy nem, a jelenleg elérhető idegen nyelvi bevált gyakorlatok fordításával. Módszertani kérdés továbbá annak eldöntése, hogy melyik utat is válasszuk: GIS oktatása a földrajz témakörben, vagy tanítás geoinformatikával nem kizárólag egy tantárgyban.

Irodalom

DETREKŐI Á. – SZABÓ GY. 2002: Térinformatika. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 47 p.

EDUSPACE – <http://www.esa.int/Education>

ESERO – https://www.esa.int/Education/1._Introduction

Esri GeoInquiries™ collection for Earth Science – <http://www.esri.com/geoinquiries>

ESRI GIS School Program – <http://www.esri.com/school-program-europe>

Európai Bizottság digitális készségekkel és munkahelyekkel foglalkozó koalíciója – <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-skills-jobs-coalition>

GISAS – <http://www.scientix.eu/projects/project-detail?articleId=96727>

Integrating GIS Use in Education in Several Subjects (iGuess) – <http://www.iguess.eu>

A „BAJOR TENGHER” ÉS KÖRNYEZETÉNEK ÁTALAKULÁSA A PLEISZTOCÉNTÓL AZ ANTROPOCÉNIG

ARDAY ISTVÁN

EKE Oktatókutató és Fejlesztő Intézet
arday.istvan@gmail.com

Néhány éve került a kezembe egy vaskos és a méretével arányosan nagyon érdekes, Bajorország természeti értékeit, a tájhasznosítást, a kultúrtájak átalakulását, a táj változását komplexen bemutató könyv. Ebben találtam egy lenyűgözően látványos légifotót a „bajor tengernek” is nevezett tavat, a Chiemsee-t tápláló Tiroler Achen folyó deltatorlatáról (1. ábra). 2018 nyarán felkerestem az Achen-deltát, még egy drón is segítette a delta vidékének feltérképezését.



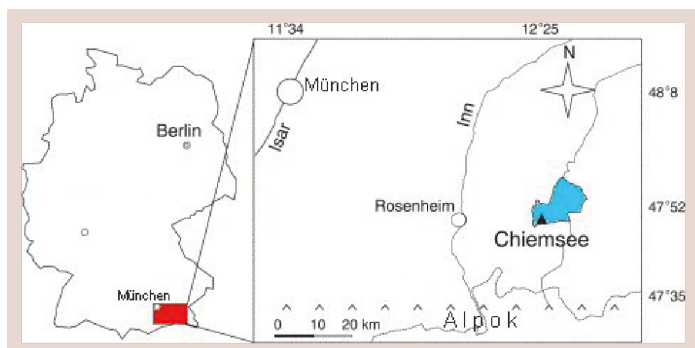
1. ábra. A Tiroler Achen folyó és deltája, háttérben az Alpok (fotó: Bartis Barna)

A München–Salzburg közötti autópályáról a Chiemsee (ejtsd Kimzé) déli részénél letérve néhány perc alatt elérhető a delta vidéke. A nyaralási szezonban azonban Németországban törvényszerű a forgalmi torlódás („Stau”). Ezért – és a bajor táj arculatának megismerése céljából – a Chiemsee-t északról megkerülő, az egykori Chiemsee-gleccser morénávonulatain kanyargó kisebb forgalmú utat választottuk a célpont megközelítésére. A tópart körben tele van élettel: északon és keleten nyüzsgő turistákkal, fürdőzőkkel, vitorlázókkal, horgászokkal; délen, a háborítatlan deltavidéken vízimadarakkal, halakkal, burjánzó vízi növényzettel. Furcsa is ez a markáns kettősség.

A **Chiemsee** Bajorország legnagyobb, Németország harmadik legnagyobb tava (a Bodensee után). A tó partvonalának hossza 63,9 km, átlagos mélysége 26 m, a tómeder legmélyebb pontja 74 m. A Chiemsee név eredete – hasonlóan a Chieming település és a Chiemgau régió nevéhez – a 7–8. században élt, rejtélyes Chiemo nevű személy nevére vezethető vissza. A tóból négy sziget emelkedik ki: a Herreninsel (Urak szigete), a Fraueninsel (Asszonyok szigete), a lakatlan Krautinsel (Fűszersziget) és a szintén lakatlan, szobaméretű (22 m²-es) Schalch-sziget (3. ábra). A középkorban a Krautinsel fűszereit és gyógynövényeit a Fraueninsel bencés kolostorának apácái hasznosították, innen ered a sziget neve. A Herreninsel és a 300 lakosú Fraueninsel egész évben a menetrend szerinti hajójáratokkal érhető el. A Chiemsee vizét az Alz szállítja az Inn folyóba, onnan pedig a Duna továbbítja a Fekete-tengerbe.

A jégformálta táj

Az Alpok északi előteréig nyúló gleccserek **végmorénávonulatai** által körbezárt mélyedésekben tavak (Chiemsee, Simsee, Waginger See, Wallersee stb.) képződtek (4. ábra).



2. ábra. Az Alpok északi előterében keletkezett Chiemsee

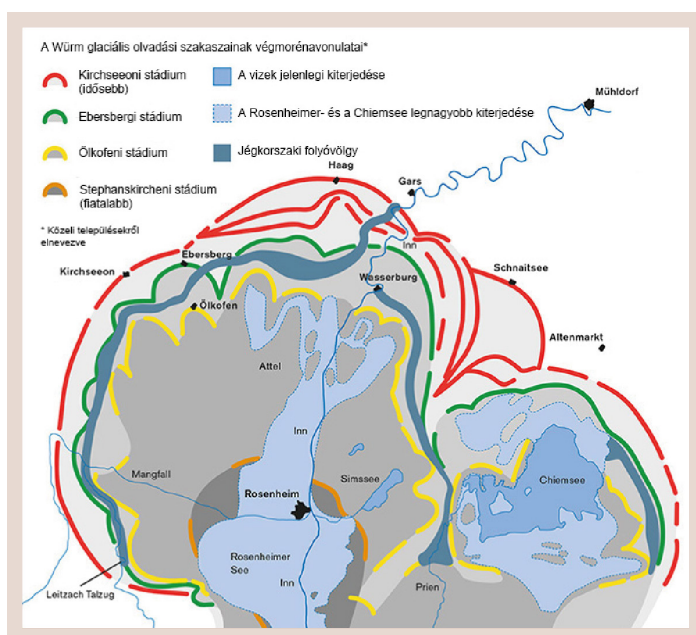


3. ábra. Balra a Fraueninsel, jobb szélén a Herreninsel, a két sziget között a Krautinsel (forrás: <https://www.gstadt.de/entdecken/chiemsee/>)

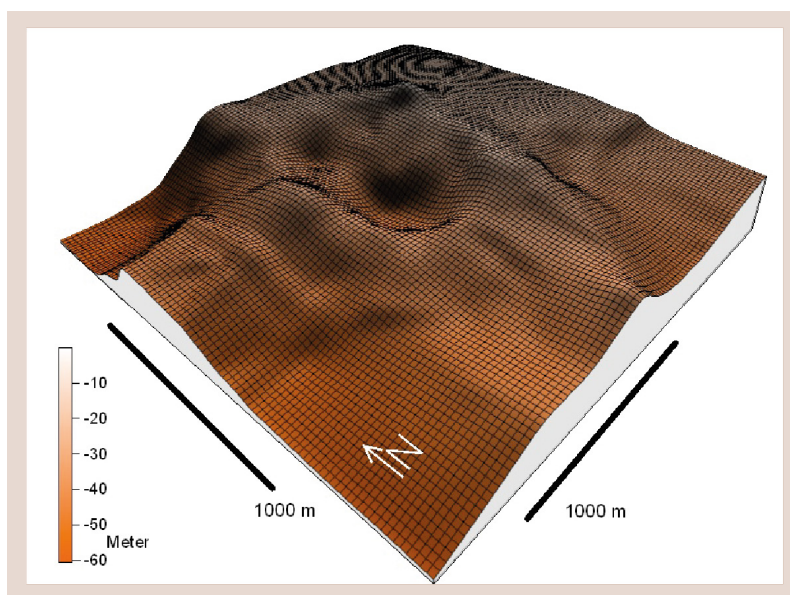
A Chiemsee az utolsó jégkorszak hagyatéka, mintegy 12 000 évvel ezelőtt alakult ki. A Chiemsee (a „bajor tenger”) vize az azonos nevű gleccser végmorénasáncai által körbezárt mélyedésben gyűlt össze.

Nézzünk a Chiemsee mélyére!

Halászok számoltak be arról, hogy a tó fenekén szokatlan éles szélű nagy kövek megrongálták a horgászhálóikat. Egy részletes felmérés feltárta a sajátos szerkezetet, így bukkantak egy kettőskráterre. A kutatók szerint a Chiemgau meteoritkrátert találták meg a tó mélyén (5. ábra). Egyes vizsgálatok szerint a meteorit becsapódását cunami követte. A hatalmas hullámok által elsodort, különböző méretű és eredetű (pl. moréna) kőzeteket Chiemgautól keletre megtalálták.



4. ábra. Végmorénávonulatok az Alpok északi előterében (https://www.geocaching.com/geocache/GC6KR3V_das-egglburger-os?guid=23612c09-1c08-4a95-b5ae-a9be9bc7723e)



5. ábra. A meteoritbecsapódás okozta mélyedés 3D modellje (forrás: https://www.geocaching.com/geocache/GC6KR3V_das-egglburger-os?guid=23612c09-1c08-4a95-b5ae-a9be9bc7723e)

Egy kis kitérő: a holtjégből keletkezett tavak iskolapéldái

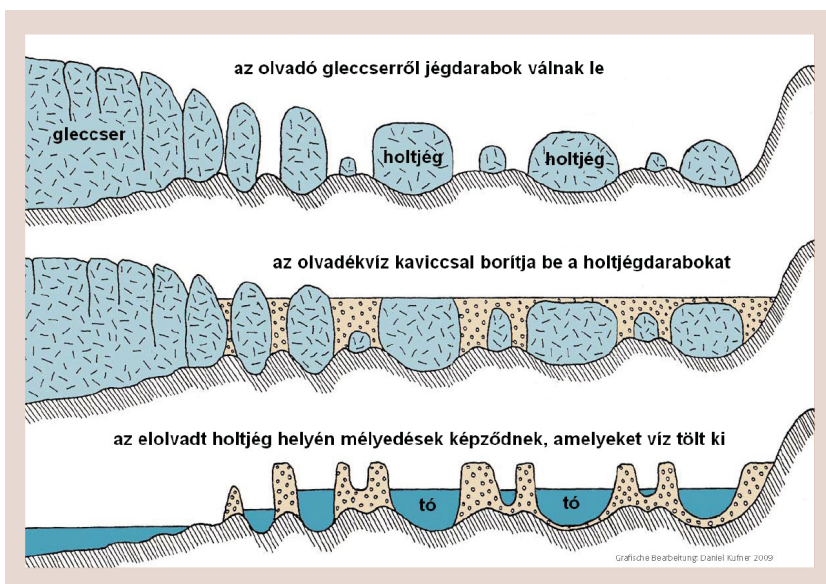
Az utolsó jégkorszak vége felé a „bajor tengertől” északra az Eggstätt és a Seeon közötti táj arculatát a visszahúzódó gleccserről leszakadozó holtjégdarabok határozták meg (6. ábra). A visszamaradó jégtömböket az olvadékvízből lerakódó kavics fedte be vagy vette körbe, majd az éghajlat melegebbé válásával a jég elolvadt és a felszínen kialakuló mélyedéseket víz töltötte ki (7. ábra).

Gyarapodó delta, zsugorodó „bajor tenger”

A Chiemsee-t tápláló legnagyobb folyó a Kitzbüheli-Alpok 944 km²-nyi vízgyűjtő területéről érkező 9,2 km hosszú **Tiroler Achen**. E vízgyűjtő terület meghatározó kőzete a szürke homokkő, ami könnyen erodálódik, ezért nagy mennyiségű hordalék kerül a folyóba. A Tiroler Achen folyó viszonylag sok kavicsot, homokot és lebegtetett anyagot szállít, aminek túlnyomó része a deltában rakódik le: naponta 10 kamionnyi kavicsot és iszapot rak le a tóban. A kutatások kimutatták, hogy évente mintegy 258 000 m³ hordalék érkezik a „bajor tengerbe”, ebből mintegy 170 000 m³ a lebegtetett hordalék. Ennek eredményeképpen a delta egyre nagyobb mértékben terjeszkedik, így a folyó évente 5–10 méterrel lesz hosszabb, a torkolat ennyi idő alatt két foci pályányi területtel terjeszkedik.

A Chiemsee területe 12 000 évvel ezelőtt kb. 300 km² kiterjedésű volt, mára 80 km²-re zsugorodott. A folyamatos hordaléklerakódás miatt a Chiemsee-nek még 7000–8000 évet „jósolnak”. Műszaki beavatkozások hatására a Tiroler Achen feliszapolódása valamelyest lelassult az elmúlt évtizedekben, azonban a költségés szabályozás – amely környezetvédelmi szempontból meg is kérdőjelezhető eljárás – inkább csak késlelteti a delta megállíthatatlan fejlődését.

A delta elnevezés az ókori görögöktől származik: felismerték, hogy a görög Δ betű és a Nílus-delta alakja hasonlít egymásra. A Kr. e. 1. században élt Diodórosz ókori görög történetíró így fogalmazta meg: „A delta két oldalát a legkülső ágak írják le, alapját pedig a tenger alkotja, amelybe több kijáraton keresztül jut be a folyó vize”. Delták nemcsak tengerben alakulnak, hanem tavakban is. A szakirodalom a deltákat a folyó árteréhez sorolja. Kisebb esésűek, mint általában az ártér. Ahol az ártér deltává alakul, esése megtörik és a folyómeder szétágazik. A deltákat alakjuk szerint is szokták csoportosítani, pl. „madárláb” deltája van a Mississippinek, ívelt a Nílusnak. A Tiroler Achen torkolata az utóbbi típusba tartozik (9. ábra).



6. ábra. A holtjég-darabokból keletkezett tóvidék kialakulásának magyarázata



7. ábra. Holtjég elolvadásával keletkezett tóvidék Eggstätt és Seon között (forrás: <https://www.oberbayern.de>)



8. ábra. A Tiroler Achen ívelt deltatorkolata, háttérben a Chiemsee (fotó: Bartis Barna)

Az ember és a természet ugyanazt akarja: élni a tó körül

A 20. század második felében a Chiemsee szennyvízterhelése nagymértékben megnövekedett. 1989-re csatornahálózatot építettek ki a tó körül, azóta a víz minősége ismét javult. A tó természetes növényzetét túlnyomóan nádasok alkotják, távolabb ártéri erdők dominálnak fűzzel és égerrel. A tó és környezete a vízimadarak paradicsoma: 1950 óta a háromszázötven bajorországi ismert madárfaj közül háromszázat regisztráltak a Chiemsee körül. Száznegyvenöt madárfaj rendszeresen itt költ, húsz–negyvenezer vízimadár minden évben itt tölti a telet.

A tó körül strandok, kempingek, kikötők, kerékpárutak és éttermek vonzzák a turistákat, ezáltal fokozódott a környezetterhelés, ráadásul csökkent a deltavidéken a komoly szűrőfunkciót betöltő nádasok területe is. A tó tágabb környezetében és a vízgyűjtő területen a mezőgazdasági tevékenység, az erdőgazdálkodás, a vadászat, valamint a települések terjeszkedése utal a kultúrtájja alakulásra (10-11. ábra).



9. ábra. A torkolat madártávlatból (fotó: Bartis Barna)

A Chiemsee és a tágabb környezetének utóbbi néhány évtizedben jellemző tájhasználata is indokoltá teszi az új földtörténeti kor, az antropocén használatát (a kor bevezetését már több szakember is javasolta). Hiszen az ember egyre nagyobb területet hasított ki magának a tó körül és a Tiroler Achen vízgyűjtő területén, folyamatosan terhelte a felszíni vizeket, alakította saját igényeinek megfelelően a táj arculatát, veszélyeztette a természet és a társadalom között kialakult labilis, könnyen felbillenő egyensúlyt.

Az elmúlt évtizedek intézkedései megszüntették az ember korlátlan hatalmát. Napjainkban e terület – különösen a folyó torkolatvidéke – szigorú védelem alatt áll. 1954 óta az Achen-delta természetvédelmi terület, központi része nem látogatható, azonban több magaslati pontról gyönyörködhetünk a tó madárvilágában. 1976 óta az Achen-delta és a Chiemsee élővilága a Ramsari nemzetközi természetvédelmi egyezmény (nemzetközi jelentőségű vizes élőhelyek védelméről szóló egyezmény) védelme alatt áll.



10. ábra. Itt az ember az első... (forrás: <http://www.fotoalbum.naturerlebnis-chiemsee.de/index.php?/category/135>)



11. ábra. Vízimadarak paradicsoma (fotó: <https://www.chiemseeagenda.de>)

A TANÍTÁSHOZ AJÁNLJUK

Feladatok

1. *Hogyan formálták a táj arculatát a pleisztocén gleccserei? Mely képződmények utalnak ma is az egykori eljegesedésre?*
2. *Mi okozza a Chiemsee körüli tájhasználat kettősségét?*
3. *Hogyan alakult ki a deltatorkolat?*
4. *Keress az atlaszban különböző alakú deltatorkolatokat!*
5. *Mi a különbség a Chiemsee, valamint az Eggstätt és Seeon közötti tóvidék képződése között?*
6. *Mi lenne a következménye annak, ha nem építették volna ki a tó körül a szennyvízcsatorna-hálózatot?*
7. *Mi a ramsari egyezmény célja?*
8. *Mire utal az antropocén elnevezés? Érvelj a földtörténeti kor bevezetése mellett és ellen!*

Ajánlott irodalom

BUTZER, K. W. 1986: A földfelszín formakincse. – Gondolat Kiadó, Budapest. pp. 188–190.

FROBEL, K. (szerk.) 2013: Achtung Heimat. Bayers Natur neu entdecken. – Volk Verlag München. 6 p.

<https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/DE95RIS.pdf>

<https://www.chiemseeagenda.de>

https://www.chiemseeagenda.de/uploads/article/download/2714/Vogeltermine-Plakate_2018-kpl-1d-287x410mm-fly_high.pdf

<http://www.impact-structures.com/2012/06/chiemgau-impact-a-probable-doublet-meteorite-crater-in-lake-chiemsee>

<https://www.gstadt.de/entdecken/chiemsee>

<https://goo.gl/maps/RhVP8yt2Drs>

KELL-E TANKÖNYV A FÖLDRAJZTANULÁSHOZ?

AZ ÚJGENERÁCIÓS FÖLDRAJZTANKÖNYVEK KONCEPCIÓJA

MAKÁDI MARIANN

Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK Földrajz és Földtudományi Intézet Földrajz szakmódszertani csoport
makadim@caesar.elte.hu

Gyakran jutnak eszembe mostanában a magyarosan Boetius Jánosnak nevezett 13. századi neves bölcseleő szavai: „*szitával merít vizet az, aki tankönyv nélkül akar tanulni*”. Mert bár az iskola világában sok mindent értékelünk sokszínűen és szubjektíven, a tankönyvek szerepe bizonyosan a legvitatottabb kérdések közé tartozik. Attól kezdve, hogy nincs szükség tankönyvre, odáig, hogy a tanítási órán csak az hangzik el, ami a tankönyvben szerepel, igen sokféle sorsra ítéltetnek a tankönyvek és a többi taneszköz. S mindez akkor történik, amikor igencsak megintgott általában a könyvek becsülete. A tankönyvek funkciója napjainkban szinte nem is definiálható, ahányan vagyunk, annyiféle tankönyvet szeretnénk, és a rendelkezésre állókat szívesen kritizáljuk (KARLOVITZ J.). Funkciói valóban erősen átalakultak összefüggésben azzal, hogy nem szövegek visszaadására épülő tudást igényel a társadalom, hanem aktívat, könnyen mobilizálható és alkalmazható (BALÁZS B. et al. 2017). Ehhez olyan tanulási folyamatra van szükség,

amely különféle érdekes és a társadalmi elvárások mellett a tanulói igényekhez is igazodó taneszközökre támaszkodik. De létezhet-e ilyen tankönyv? Van-e olyan tankönyv, ami mindenféle tanítási-tanulási igényhez alkalmazható? Mindannyian tudjuk a választ: ilyen nincsen. Ezért – a tankönyvek közötti választási lehetőségeket igencsak beszűkítő rendszerben – a taneszközöknek egyfelől a legszélesebb igényeket kell kielégíteniük, másfelől ki kell szolgálniuk azokat a módszertani elvárásokat, amiket a gondolkodáson alapuló tanulási folyamat igényel. Ebben a szellemben készültek az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézetben az újgenerációs földrajztankönyvek.

Írásunk a továbbiakban a szerkesztő-szerző szemszögéből mutatja be az újgenerációs tankönyveket, mintegy vitát kezdeményezve a GeoMetodika honlapján. Az alábbiakban leírtak kivonatok az újgenerációs tankönyvekhez készült Tanári kézikönyv 7–8., valamint a Tanári kézikönyv 9–10. című kiadványokból (MAKÁDI M. 2018a, 2018b).

Nem csak tankönyv

Új tankönyv segítségével tanítani mindig kihívást jelent a szaktanár számára. Különösen abban az esetben, ha a tankönyv stílusa, szellemisége és a tudásról való felfogása eltér az évtizedeken át megszokottól. A kísérleti, majd az átdolgozásával készült újgenerációs földrajztankönyvek az aktív tanulói munkára épülő tudásszerzésen alapulnak. A hagyományoktól eltérően nem leíró jellegűek, hanem gondolkodtatók; a tanulók kérdések megválaszolásával és feladatok megoldásával a tényeketségi rendszerükben (okaikkal és következményeikkel együtt) ismerik meg. Az információért, a tényekért meg kell dolgozniuk egyénileg, párban vagy csoportosan. Szemelvények, ábrák, térképek, képek és adatsorok elemzésével, társaikkal, tanárukkal folytatott sokféle kommunikáció során nemcsak ismereteik bővülnek, hanem készségeik is fejlődnek, miközben szélesedik a földrajzi-környezeti szemléletük, azaz fokozatosan gyarapodik a tudásuk. A tudás akkor hasznos, ha az iskolán kívül is felhasználható. Ennek érdekében a feladatok a mindennapi tapasztalatra építenek, vagy éppen a földrajzórán szerzett tudás iskolán kívüli felhasználására irányulnak. Olyan eszközök használatát szorgalmazzák, amelyek egyébként szintén ott vannak a tanulók iskolán kívüli életében, de nem szakszerűen, vagy nem a szaktudományi információ megszerzésére, feldolgozására, rögzítésére használják azokat (pl. GPS, okostelefonos applikációk).

Az újgenerációs tankönyvek egy komplett tankönyvcsalád részei. Nemcsak abban az értelemben, hogy szervesen épülnek egymásra a tankönyvek tartalmi, módszertani és tanulástechnikai szempontból, hanem abban is, hogy a tankönyvek mellett a tanulói munkához munkafüzetek, tudásellenőrző feladatlapok, a tanári munkához pedig tanmenetjavaslatok, linkeket és azokkal elérhető interaktív elemeket is tartalmazó [függelék](#) és tanári kézikönyvek készültek. Valamennyi eszköz letölthető a <http://tankonyvkatalogus.hu> honlapról.

A tankönyvsorozaton belüli fokozatosság

A köznevelés magyarországi rendszere alapvetően négyéves tanítási-tanulási ciklusokban gondolkodik, igazodva a gyerekek életkori sajátosságaihoz. Ezt a tankönyvek is tükrözik tartalmi, formai és módszertani tekintetben. A 7. osztályos földrajztankönyv előzményét az 5. és 6. osztályos természetismeret-tankönyvek jelentik, amelyek metodikailag kevésbé tekinthetők előzménynek. Ebből a szempontból a 7–8. és a 9–10. évfolyamos földrajztankönyvek épülnek szervesen egymásra.

A **7–8. évfolyam** földrajztankönyveiben több a leíró rész, mint a középiskolaiakban. Ennek az az oka, hogy optimális esetben 12–13 éves korban kezdhető az elemzési készség fejlesztése, aminek egyik összetevője, megalapozója a leírási algoritmusok megismerése, elsajátítása és alkalmazása. Ehhez jól illeszkedik a regionális földrajzi tananyag tartalma. Ez a

tartalom a kutatásalapú és a felfedezési tanulási elemek alkalmazására is jó lehetőséget ad. A tankönyvek törekszenek arra, hogy a tanulók megszeressék a földrajz sokféle témáját. Részben ezt szolgálják a szép képek, az érdekes feladatok és a hosszabb-rövidebb szemelvények. Mivel a földrajz tanulása 7. osztályban kezdődik, ekkor kell a legtöbb segítséget nyújtani abban, hogy hogyan lehet, érdemes tanulni az eredményesség érdekében. Ezt a könyvekben tanulási praktikák szolgálják. Gondolnunk kell arra is, hogy a tanulók jelentős része az általános iskola 8. évfolyamában befejezi a földrajz tanulását, így a tartalomhoz olyan metodikai környezet is kapcsolódik, amelyben mód van az állampolgári és a vállalkozói kompetenciák fejlesztésére is (pl. mérlegelést és érvggyűjtést segítő grafikus rendezők, ítéletalkotás, vita, disputa, empátia- és helyzetgyakorlat).

A 9. és 10. évfolyam tankönyvei első sorban rendszerbe kívánják foglalni a földrajzi-környezeti ismereteket. Így sok az általános iskolai tananyagtartalomra való visszautalás (gondoljunk csak a földrajzi övezetességre, a kéregföldrajzi ismeretekre, a regionális tartalmakra!), ám más megközelítésben, más eszköztárral. Itt a lényeg a kapcsolatrendszerek értelmezése, a részfolyamatok behelyezése a folyamat egészébe, a következtetések levonása és a prognózisalkotás az oksági kapcsolatok továbbgondolása alapján (pl. rendszerező táblázatok, gondolattérképek, stratégiai tervek készítése által). A tanulók

vitahelyzetekben, véleményütköztetés során ismerik meg a jelenségek, kapcsolatok, összefüggések különböző nézőpontjait, így megtanulnak érvelni, fontossági sorrendeket felállítani, rangsorolni, végső soron körültekintően gondolkodni és észszerűen cselekedni.

Az iskolai tananyag akkor szól a diákokhoz, ha folyamatosan kapcsolatot teremt a mindennapi valóságban tapasztalt jelenségek és problémák között. Ez egy állandó oda-visszautalási rendszer működését feltételezi, hiszen a tanulási folyamatot célszerű a tapasztalatokból kiindulva felépíteni, a tudásfejlesztést követően pedig vissza kell térni annak gyakorlati hasznosíthatóságához, hasznosításához. Elvileg szinte minden tanulási folyamat így épül fel, de ezt a tantervi követelmények és a tanítási gyakorlat olykor felülírják.

Dolgozzunk közösen!

Az élet, a társadalom tevékenységeinek, a munka világának, a tudományos kutatásoknak egyre nagyobb köre **csapatmunkára** épül, így azt az iskolának kell szakszerűen megalapoznia. Az iskolai tudásszerzés és tudásépítkezés, valamint az otthoni tanulás egyik sarkalatos kérdése, hogy a gyerekek az iskolai évek alatt éljék át a közös munka élményét és sajátítsák el annak legeredményesebb módszereit, stratégiáit. A földrajztankönyvek segítséget adnak a tanárok számára a tanulók közötti együttműködésen alapuló, csoportmunkában végezhető tanórai feladatok megtervezéséhez

és megvalósításához. Ilyen célú és típusú feladatokkal minden témakör tankönyvi leckeiben találkozhatunk, a leckék megközelítőleg egyharmad részében van ilyen feladat. Ezen túl minden témakörben egy-egy óra alapvetően projektszerű munkavégzésre épül, a témakörök végén lévő összefoglaló órákat is részben ilyen feladatszervezésre javasolják építeni a tananyagfejlesztő tankönyvírók. Nyilvánvaló, hogy ezek nem mindegyike valósítható meg (időhiány, tanulói összetétel és szervezési okok miatt), azonban mindenképpen kívánatos elmozdulni ebbe az irányba. Nem győzzük hangsúlyozni, hogy a csoportos munkavégzésre nemcsak összefoglalások alkalmával van szükség, hanem új ismeretek szerzésekor, készségek fejlesztésekor is. A tankönyvek azt próbálják elősegíteni, hogy a tanulók már az új ismeretek megszerzése során aktív szerepet kapjanak, s szaktanárunk használja ki az ösztönző feltételeket a tevékenységet, a problémamegoldó óraszervezéshez, a projekttanítás-tanuláshoz (például forrásfeldolgozó óra 8. osztály „Régiók Magyarországon”; projektmunka 7. osztály „Irány a természet!”; közetvizsgálat, gyakorlati óra; 7. osztály „Kattanj rá a világra!” – Google Earth használata).

Tanuljunk hasznosat!

A korábbi évtizedekhez képest a földrajztanításban nagyobb hangsúlyt kap a mindennapi életvitelhez szükséges ismeretek és problémamegoldások tanítása. Részben azért, mert a mindennapi életben

sok minden megváltozott (pl. a navigációs és a digitális kommunikációs forradalom átalakította a térértelmezést, a nyomtatott információhordozókat kiszorították a digitális alapúak, a probléma felismerési és megoldási reakcióidejének szerepe felértékelődött); másrészt azért, mert a földrajzi tananyag tartalma is ebbe az irányba tolódott el (pl. az ember okozta környezeti problémák, a globalizációs hatásmechanizmusok mindennapi életben való megjelenésének értelmezése és kezelése); részben pedig azért, mert a problémamegoldási algoritmusokat meg kell tanulni – ezt kívánja elérni a tankönyvi és munkafüzeti feladatok egy része.

A problémamegoldás készségének fejlesztését a tankönyvek az alábbi eszközökkel segítik:

- magyarázó szövegükkel, kérdéseikkel és feladataikkal a problémák felismerésére, a megoldási lehetőségeik keresésére és a következmények mérlegelésére ösztönöznek;
- tartalmukban megjelennek a gyakorlati élet (tájékozódás papíralapú és digitális térképen, navigáció, utazási időszámítás stb.) és a tudománytörténet (földrajzi felfedezések, lemeztektonika és felszínfejlődés stb.) problémái;
- vitás kérdésekkel, valós probléma-helyzetekkel (kiszolgáltatottság a természeti jelenségeknek, ivóvízhiány, éghajlatváltozás, élelmezési problémák

leküzdésének módjai, menekültkérdés stb.) is szembesítik a tanulókat;

- mintákat adnak problémahelyzetek, nyitott kérdések hatékony elemzésére és megoldási lehetőségeik megtervezésére (pl. tényfeltáró, mérlegelő és problémamegoldási algoritmust tanítanak);
- a tanulók megismerkednek a tudományos kutatások alapelveivel és módszereivel (érvelés, cáfolás, bizonyítás, hipotézisalkotás, megfigyelés, összehasonlítás, rendszerezés, elemzés, következtetés, általánosítás stb.);
- feladataik egy része fejleszti a hipotetikus gondolkodást, a valószínűségi gondolkodást (pl. ha feltételezzük, hogy..., akkor...? mi lenne, ha...? típusú kérdésekkel).

A tanítási-tanulási folyamat eredményességének alapvető meghatározójává vált, hogy a tanuló látja-e az adott tartalom megtanulásának értelmét. Csak kevesek fektetnek be energiát a tanulásba akkor, ha nem találhatnak kapcsolatokat a tanultak és saját tapasztalataik, élményeik között. Ezért a tankönyvi leckék alapvetően azt a logikát követik, hogy a tapasztalatból indulnak ki, ahhoz teszik hozzá az új tartalmakat és készségeket, és megmutatják a tanulónak, hogy miért is jó nekik ez a tapasztalat, tudás, képesség (erre utaltunk a tanulókörzpontú tanításnál is). Ezért a tankönyvi kérdések, feladatok jelentős része sem csak az ismeretek felidézését, hanem azok továbbgondolását és alkalmazását igényli a tanulóktól.

Tanuljunk hasznosan!

Mivel a tanulás nem azonos egy adott tartalom elsajátításával, a folyamat nem nélkülözheti a tartalomhoz kapcsolódó készségfejlesztést. Az eredményes készségfejlesztés legfőbb feltétele a jól szervezett ismeretek és a fejlesztő feladatrendszerek hatékony integrálása. Éppen ezért a tankönyvi leckék nem „szöveggyűjtemények”. Senki ne várja a mai tankönyvektől, hogy kompakt szövegben megfogalmazzák a tanulóktól elvárt tudást, és a lecke végén még lecsupaszított mondatokban is „összefoglalják a lényeget”! Nemcsak azért, mert a csupán szöveges információ érdemben feldolgozhatatlan és érdektelen a diákok számára, hanem azért is, mert általa valójában nem is tudást, hanem ismerethalmazt szereznének. A készségfejlesztéshez az intellektust mozgósító, problémafelvető, gondolkodtató vagy a meglévő tudást alkalmaztató kérdések és feladatok szükségesek. A földrajztankönyvekben nagyon sok ilyen feladat szerepel. Alapvetően kérdések-feladatok rendszerre épülnek fel a leckék, amelyek megválaszolásához a tankönyvi törzsszöveg adja az alapinformációkat, de sok esetben más információhordozót (pl. atlaszban szereplő térképet, tankönyvi térképvázlatot, ábrát, képet és sokféle tankönyvön kívüli forrást) is kell használni. Hangsúlyozzuk azonban, hogy nem kell minden kérdést, feladatot megoldani a tanítási órákon. A tanár feladata eldönteni, hogy melyeket alkalmazza

a tanulók aktuális tudásszintjének ismeretében, illetve, hogy melyeket mely diákokkal, esetleg az óra melyik részében vagy otthon oldat meg.

Mint említettük, a tankönyvi tananyag egy részét a képek és az ábrák adják, amelyek nem csupán illusztrálnak. Kétségtelenül igen fontosak a tanult fogalom, jelenség, folyamat, táj valósághű elképzeltetésében, azonban ezen túlmenően szemléletformáló és fejlesztő szerepük is jelentős. A földrajzban alapvetően a térszemlélet kialakításában nélkülözhetetlenek (ide sorolhatók pl. a térképvázlatok, tematikus térképek, térbeli tendenciákat mutató diagramok, légifotók és műholdfelvételek), de az időszemléletet is hatékonyan fejleszthetik (pl. idővonal, időoszlop, folyamatmozaik ábra vagy kép, időbeli tendenciákat ábrázoló diagram). Elősegíthetik folyamatok és problémák megértését például azzal is, hogy tágabb szemléletű térmegközelítéssel (pl. légifotó, műholdfelvétel) láthatóvá válnak a felszín közeléből nem szemlélhető térbeli összefüggések, kapcsolatrendszerek, továbbá lehetőséget adnak a méretviszonyításokra (területek, magasságok, hosszúságok, időtartamok stb.) is. Kitüntetett szerepük van a gondolkodás fejlesztésében azáltal, hogy problémát vetnek fel (pl. karikatúra értelmezése), kapcsolatokat kerestetnek a tények között (pl. gondolattérképek elemzése), rendszereztetnek (pl. halmazábrákba sorolás és más grafikus rendezők használata), összehasonlítást végeztetnek (pl. hasonlóságok és különbségek keresése).

Be kell látni, hogy a röviden megfogalmazott, kulcsszavakkal dolgozó, rendszerbe szedett, jól tagolt, ábrákkal kombinált kifejezési mód, az infografika az egyik legvonzóbb és könnyen értelmezhető kommunikációs forma a tanulók számára (is) a pillanatinformációkhoz szokott világban. A tankönyvi ábrák és képek sokat tehetnek az értékre nevelés területén is, például azzal, hogy bemutatják a harmonikus természeti és épített környezetet, az igényes, esztétikus környezeteket, a tiszteletreméltó, egyszerű emberi alkotásokat, vagy éppen a rombolásuk példáit.

A tanulás eredményességét segítő megoldások a tankönyvekben

Az iskolai tanulás eredményessége nemcsak az adott tananyagrészebe befektetett tanulói munkától függ, hanem erősen befolyásolja, hogy a tanuló mennyire birtokolja a szükséges és a lehetséges **tanulási stratégiákat és technikákat**.

Az újgenerációs földrajztankönyvekben az alábbi eszközök segítik az eredményes tanulást:

- a tanulási célt meghatározó bevezetés (pl. az évfolyam anyagának feldolgozása előtti szerzői bevezető);
- a téma lényegét bemutató bevezetések (pl. a nagy témakörök előtti oldalpáron színes, a tanulókhoz közelálló stílusú grafikát alkalmazó rajzos formában, illetve a leckék elején a cím alatti képben elhelyezett szövegablakban);
- az előzetes ismeretek és tapasztalatok

feltárását elősegítő, csoportosan megoldandó feladatok;

- jól strukturált ismeretanyag (pl. rövid és jól áttekinthető, befogadható egységekre osztott törzsszöveg; a tartalom értelmezését segítő címek a törzsszövegrészek között; félkövér szedéssel kiemelt fogalmak, amelyek legfontosabbjai a lecke végén szószeretben kigyűjtve is megtalálhatók);
- önálló munkát igénylő tanulói feladatok (a feladatok közel fele);
- problémafelvető címek (pl. Miért adnak fel önállóságukból az országok? Fejlődnek-e a kontinensek?), szövegek (apróbetűs, színes alapon elkülönítve), ábrák, képek és hozzájuk kapcsolódó kérdések;
- korábbi személyes tapasztalatokra történő utalások a szövegben, illetve ezek felidéztetése kérdésekkel, továbbá a személyes tapasztalatok bővítésére irányuló, azt motiváló feladatok; a tanulói reflektálásra, véleményalkotásra ösztönző kérdések;
- a korábbi elképzelések és ismeretek újragondolására készítő kérdések és feladatok a szövegtömbök közötti és a lecke végi összefoglaló feladatokban; olykor olyanokkal is találkozhatunk, amelyek a más tantárgyakból tanulakra vonatkoznak, s próbálják a földrajzi tartalomhoz kapcsolni azokat;
- a csupán leckefelmondást igénylő ellenőrző kérdések és feladatok helyett az új ismeretek tényleges megértését

elősegítő feladatok, problémafelvető kérdések a leckék végén.

A digitális tanulás ösztönzése a földrajz-tankönyvekben

Az iskola világa hazánkban sokáig távol tartotta magát a digitális környezetektől, így a tanulás értelmezésében és a tanítás-tanulás gyakorlatában alig kapott helyet a korszerű kommunikációs technológiák alkalmazása, s még ma is különlegességgént tekintünk rá. Nagy baj ez, mert közben a diákok szinte már nem is képesek másban gondolkodni, a tanulók és az iskola tudásszerzési rendszere és eszköztára jelentősen eltávolodott egymástól. Természetesen tudjuk, hogy a digitális technikai háttér nem mindenhol biztosított maradéktalanul, de szinte minden iskolában van lehetőség legalább alkalmanként vagy tanórán kívül használni. Ugyancsak megoldható a tanulók okostelefonjának differenciált használata, ha csak nem a tanári asztalra való kirakásukkal kezdődik a tanítási óra.

Az újgenerációs földrajztankönyvek és munkafüzetek elsősorban feladataikon keresztül adnak lehetőséget és ösztönzést a digitális technológiák használatához. Különböző tevékenységekhez kötődnek, például szöveges információ keresése, számadat gyűjtése (statisztikai keresés), lexikon vagy szótár használata (szó- és fogalomértelmezés stb.), térképi keresés (pl. Google Earth, Google Maps), és eltérő műveleteket igényelnek, például

keresés, feldolgozás, számítás, ábrázolás, beszámoló készítése (ppt vagy Prezi stb.), útvonaltervezés, térképszerkesztés. 7–8. osztályban a tankönyvi feladatok egynegyed része kimondottan kívánja, további 20%-a lehetővé teszi, ajánlja azt. Ehhez hozzá kell tennünk, hogy sok olyan feladat van, ami nem jelöli meg konkrétan a megoldáshoz szükséges forrást vagy eszközt, tehát digitális környezetben is megoldható. Így eszköze lehet a földrajztanulási-tanítási folyamat személyre szabott, differenciált támogatásának. Több lecke tartalmaz linkeket és QR-kódot, ami lehetőséget ad arra, hogy a diákok okostelefonjukkal, tabletjükkel közvetlenül is elérhessenek honlapokat vagy digitális tartalmakat. Az egyes linkekhez általában kérdések, feladatok is tartoznak (1. ábra).



1. ábra. Tanárok tanulják a digitális technikák hatékony felhasználásának lehetőségeit szakmódszertani továbbképzésen az ELTE-n (a szerző felvétele).

A tankönyvek feladattípusai és funkcióik

A feladatok és a kérdések gondolkodásfejlesztési és tanulásmódszertani szempontból a tananyagfeldolgozás legfontosabb elemei, és a leckék alapvetően a kérdések-feladatok rendszerére épülnek. Feladatok a leckék elején, a leckék közben és a leckék végi összefoglalásban is találhatók, természetesen különböző funkciókkal. A **leckék elején** az előzetes tudást felelevenítő és a gondolkodást beindító kérdések, feladatok kaptak helyet. Igen nagy módszertani hiba, ha ezeket figyelmen kívül hagyjuk, mert feltételei az új tudás már meglévőhöz való illesztésének. Azonban az sem elég, ha felhasználjuk ugyan azokat, de nem tudatosítjuk a tanulóknak, hogy az, amiről ezen az órán szó lesz, nem előzmény nélküli. A **belső kérdések-feladatok** a lecke tartalmi feldolgozásának pilléreiként szolgálnak, vagy segítik azt. A tanulási folyamat szinte minden eleméhez és funkciójához adnak lehetőséget. Közöttük viszonylag kevés a definíciót kívánó fogalmi kérdés. Ennek az az oka, hogy a tanulókat hozzá kell szoktatni ahhoz, hogy egy fogalomhoz értelemszerűen hozzá tartozik tartalmi jegyeinek felismerése vagy felsorolása. Sok kérdés, feladat kíván gondolkodást a tanulóktól azáltal, hogy valamely gondolati műveletet gyakoroltatja. A tények értelmezésére, megértésére irányulnak például azok, amelyek így kezdődnek: Mondd el a saját szavaiddal...!, Magyarázd meg...!, Hasonlítsd össze...!, Hogyan értelmezed...?. A tények felhasználását kívánják a Mire lehet felhasználni...?, Hová vezet ez...? kérdések. Mások

a tények elemekre bontását (analízist) vagy épp összerakását (szintézist) szeretnék elérni (pl. a Mik az előzmények...?, Mik lehetnek a következményei...?, Mi lenne, ha...?). Ebben az életkori szakaszban már elvárható az ismeret, tudás felismerését és értékelését kívánó feladatok problémamentes megoldása is (pl. Hogyan ítéled meg...?, Miért gondolod így...?). Sok a problémát felvető és annak megválaszolása érdekében tevékenykedtető feladat (pl. Gyűjts érveket mellette és ellene...!, Nézz utána...! Bizonyítsd be...! Igazold...!). E feladatokat különböző szinten képesek megoldani az egyes tanulók. Az nem baj, ha nem minden elemében helyes a választuk, sőt a hibák mentén tulajdonképpen eredményesebben lehet továbbhaladni. Igen fontos a tanulókat szembesíteni a tévedésekkel, nemcsak azért, mert így rádöbbennek arra, hogy nem mindenben tökéletesek, hanem azért is, mert a hibák javítása után maradandóbb lesz a tudásuk (2. ábra).

A lecke eleji és közbeni kérdések, feladatok grafikailag is elkülönülnek. Alapesetben félhasábos tördelessel, a törzsszövegtől



2. ábra. A lényegkiemelés gyakorlása modellezéssel szókárttyák segítségével (a szerző felvétele)

eltérő betűtípussal általában a lappár külső részén helyezkednek el. Folyamatosan számozottak, ami segíti az órán a rájuk való hivatkozást, a szám alatti színezés következtében pedig jobban kiemelkednek más leckelemek közül. A lehetőségekhez mérten a feladat a hozzá kapcsolódó szövegtömb, ábra vagy szemelvény mellett, közelében található. A középiskolai könyvekben a kérdések és feladatok egy része szürke és árnyékolással is kiemelt mezőben – „cselekedtető blokkban” – kapott elhelyezést, a hozzá tartozó egyéb elemekkel egybeszerkesztve. Ennek a megoldásnak az az üzenete, hogy a lecke egyes tartalmi egységei nem verbális tanulással, hanem aktív módon dolgozandók, dolgozhatók fel. A témakör összefoglalásához készültek az utolsó leckék. Feladataik átfogják az adott téma egészét, ezzel segítik a tudás rögzülését.

A leckék végén lévő **összefoglaló kérdések és feladatok** funkciója is erősen megváltozott. Az „elolvasom a leckét, és a kérdések alapján felmondom a tartalmat” típusú tanuláson túlhaladt az idő, hiszen az holt, csak az adott feladatkörnyezetben felhasználható tudáshoz vezet. A megismert tartalmak értelmezése, a meglévő tudásrendszerbe illesztése és a feldolgozott információk hasznosságának mérlegelése jóval fontosabbá vált. Emiatt is szükséges, hogy a tankönyvek ösztönzést adjanak ahhoz, hogy a tanulók folyamatosan reflektáljanak a tanultakra: például mondják el személyes véleményüket, tapasztalataikat, gyűjtsenek érveket mellette és ellene, vagy

