

TUDÁSMEGOSZTÁS, ALKALMAZKODÁS ÉS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS

*A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kutatási-fejlesztési eredményei
a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer létrehozására*

Szerkesztette:

**PÁLVÖLGYI Tamás
SELMECZI Pál**

Budapest, 2016

Írták:

BEDE-FAZEKAS Ákos (MTA ÖK)
CZIRA Tamás (MFGI)
CZÚCZ Bálint (MTA ÖK)
FANCSIK Tamás (MFGI)
HOMOLYA Emese (MFGI)
KAJNER Péter (MFGI)
KOVÁCS Attila (MFGI)
KOVÁCS Tamás (piLINE Kft.)
LEPESI Nikolett (ELTE TTK)
MARTON Annamária (OMSZ)
MATTÁNYI Zsolt (MFGI)
OROSZ László (MFGI)
PÁLVÖLGYI Tamás (MFGI)

POPOVICS István (MFGI)
ROTÁRNÉ SZALKAI Ágnes (MFGI)
SELMECZI Pál (MFGI)
SIMÓ Benedek (MFGI)
SIPOS Attila (piLINE Kft.)
SOMODI Imelda (MTA ÖK)
SÓRÉS László (MFGI)
SZALMÁNÉ CSETE Mária (MFGI)
SZÓCS Teodóra (MFGI)
TAKSZ Lilla (MFGI)
TÓTH György (MFGI)
TURCZI Gábor (MFGI)

Lektorálták:

CZIRA Tamás
BÍRÓ Marianna
NÁDOR Annamária

PLANK Zsuzsa
TURCZI Gábor

Műszaki szerkesztő:

PIROS Olga

Kiadja a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

Felelős kiadó

FANCSIK Tamás
igazgató

ISBN 978-963-671-308-9

TARTALOM

FANCSIK Tamás: Előszó	5
I. AZ ÉGHAJLATI ALKALMAZKODÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ ELEMZÉSEK TUDOMÁNYOS ÉS SZAKPOLITIKAI HÁTTERE	7
PÁLVÖLGYI Tamás, CZIRA Tamás, FANCSIK Tamás: Tudományos-alapú döntéselőkészítő információk alkalmazása a „klímabiztos” közpolitikai tervezésben	9
SZALMÁNÉ CSETE Mária, TAKSZ Lilla: A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás európai és hazai irányzatai	17
SELMECZI Pál, PÁLVÖLGYI Tamás, CZIRA Tamás: Az éghajlati sérülékenységvizsgálat elemzési-értékelési módszertana	25
II. A NEMZETI ALKALMAZKODÁSI TÉRINFORMATIKAI RENDSZER FEJLESZTÉSÉNEK ÉS ALKALMAZÁSÁNAK EREDMÉNYEI	31
KOVÁCS Attila, MARTON Annamária, TÓTH György, SZÓCS Teodóra: A klímaváltozás hatása a sekély felszín alatti vizekre Magyarországon	33
ROTÁRNÉ SZALKAI Ágnes, SELMECZI Pál, HOMOLYA Emese: Ivóvízbázisok klímaváltozással szembeni sérülékenységeinek vizsgálati módszere	41
TURCZI Gábor, HOMOLYA Emese, MATTÁNYI Zsolt: A magyarországi hegy- és dombvidéki területek villámárvíz veszélyeztetettsége	49
SOMODI Imelda, BEDE-FAZEKAS Ákos, LEPESI Nikolett, CZÚCZ Bálint: A klímaváltozás hatása a természetes élőhelyekre	57
OROSZ László, SÓRÉS László, SIMÓ Benedek, KOVÁCS Tamás, SIPOS Attila, POPOVICS István: A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer informatikai háttere	65
KAJNER Péter: A NATÉR, mint az éghajlati szemléletformálás eszköze	73
PÁLVÖLGYI Tamás, SELMECZI Pál: Zárszó	81

ELŐSZÓ

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) átfogó célkitűzése egy olyan többcélú felhasználásra alkalmas adatrendszer kialakítása, amely objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas döntés-előkészítést, döntéshozást és tervezést. Ebből következően a NATÉR létrehozása és továbbfejlesztése kiemelt prioritású, nemzetstratégiai jelentőségű összkormányzati projektnek tekinthető.

A NATÉR Projekt során létrehoztuk az informatikai rendszer stabil működéséhez szükséges hardver- és szoftverkörnyezetet. Megterveztük, feltöltöttük és alkalmaztuk az adatbázisokat, kialakítottuk a keresésben kulcsfontosságú metaadatbázist, több száz adatréteg térképi megjelenítésére webes térképszolgáltatást indítottunk. E fejlesztéseket számos kutatómunka alapozta meg, melyek főbb eredményeiről a jelen kötetben adunk számot.

A Projekt megvalósítása a 2013–2016. időszakban „átszötte” a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI) egészének működését. Az MFGI kutatóinak közel egyharmada bekapcsolódott a kutató-fejlesztő munkálatokba, további 30 „külső” szakembert vontunk be egyes speciális kompetencia területekre, összességében több, mint 50 ezer munkaórát fordítottunk a NATÉR projektre. 37 GB terjedelmű háttér adatbázist alkottunk, melyet 5 GB térképi anyag egészít ki. 11 rendezvényt tartottunk, melyeken hozzávetőleg 500 fő vett részt. A megvalósítás időszakában 45 szakmai, illetve ismeretterjesztő előadást tartottunk, ebből 21 nemzetközi hazai vagy nemzetközi tudományos rendezvény volt

A NATÉR elsődleges célcsoportjai közül jelentős felhasználó lehet a kormányzati stratégiai tervezéshez kapcsolódó elemző, döntés-előkészítő tevékenység, illetve az önkormányzatok területi tervezési, település-tervezési, közszolgáltatás-szervezési tevékenysége. A NATÉR alkalmazási lehetőségei kiterjednek a kutatásra, fejlesztésre, innovációra is. Egyrészt kutatási és fejlesztési irányok meghatározására alkalmas ágazati szinten, illetve közvetlen kutatási eredményeket szolgáltat. Így például az éghajlatváltozás hatásaival, az arra történő felkészüléssel és alkalmazkodással kapcsolatos interdiszciplináris kutatások mellett a NATÉR-ből „leszármaztatható” elemzések és hatásvizsgálatok hasznosíthatók többek között a földtudományi, élettudományi kutatásokban, mérnöki innovációkban. Fontosnak tartom, hogy a NATÉR elemzési keretrendszerében keletkezett eredményeket folyamatosan megismertessük az érintett célcsoportokkal. Tervezzük a „NATÉR Műhely” életre hívását, mely egyrészt egy elektronikus felület lesz, ahol a felhasználók megoszthatják egymással a tapasztalataikat, másrésztől workshopokat szervezünk a kormányzati, stratégiai tervezési szakértőknek.

A projektben résztvevő munkatársaink nevében szeretném megköszönni a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium Fejlesztés- és Klímapolitikáért, valamint Kiemelt Köszolgáltatásokért Felelős Államtitkárságának szakpolitikai támogatását, a Közép- és Kelet-Európai Környezetvédelmi Központ (REC), mint a közreműködő-ellenőrző szervezet segítségét és nem utolsósorban a finanszírozó Izland, Lichtenstein és Norvégia az Európai Gazdasági Térség (EGT) Támogatási Alapnak a projekt pénzügyi háttérének megteremtését. Külön köszönet illeti a NATÉR kialakításában résztvevő számos partner intézményt, ezek sorában is kiemelten az Országos Meteorológiai Szolgálatot, az MTA Ökológiai Kutatóközpontot és az Országos Vízügyi Főigazgatóságot.

A jelen kötetben összefoglaljuk a NATÉR projekt keretében elért legfontosabb tudományos eredményeinket. Meggyőződése, hogy számos új, jelentős tudományos hozzáadott értékű eredményt értünk el, melyek jó szolgálatot tehetnek a hazai klímapolitika kutatási-fejlesztési megalapozásához. Ajánlom a kötetet a kormányzati és önkormányzati stratégiai tervezésért felelős döntéshozók és döntés-előkészítő szakemberek figyelmébe. Bízok benne, hogy a kötet a tudomány művelői számára is tartalmaz hasznosítható információkat és felsőoktatási, szemléletformálási tématerületeken tevékenykedők is forrásanyagként használhatják.

Kérem, a következő oldalakon ismerjék meg a NATÉR tudományos eredményeit és látogassanak el a portálra, a <http://nater.mfgi.hu> oldalra!

FANCSIK Tamás
c. egyetemi tanár, az MFGI igazgatója



I. AZ ÉGHAJLATI ALKALMAZKODÁSSAL
ÖSSZEFÜGGŐ ELEMZÉSEK TUDOMÁNYOS
ÉS SZAKPOLITIKAI HÁTTERE

TUDOMÁNYOS ALAPÚ DÖNTÉSELŐKÉSZÍTŐ INFORMÁCIÓK ALKALMAZÁSA A „KLÍMABIZTOS” KÖZPOLITIKAI TERVEZÉSBEN

*Application of science-based information in support of decision making
in climate proof and resilient planning*

PÁLVÖLGYI TAMÁS

igazgatóhelyettes, Nemzeti Alkalmazkodási Központ vezetője, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail. palvolgyi.tamas@mgfi.hu

CZIRA TAMÁS

vezető tanácsadó, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail. czira.tamas@mgfi.hu

FANCSIK TAMÁS

igazgató, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail. fancsik.tamas@mgfi.hu

Összefoglaló

A jelenkor természeti és épített rendszereit érintő környezeti kihívásai, valamint az éghajlatváltozás már ma is érzékelhető és a jövőben erősödő hatásai, a területi és ágazati tervezés és a közpolitikai fejlesztések új típusú megközelítéseit igénylik. A terület- és településfejlesztés, a vidék-, gazdaság- és infrastruktúrafejlesztés, az önkormányzatok, járások, megyék stratégiai tervezési tevékenysége már rövidtávon sem kerülhetik meg a változásokhoz való alkalmazkodás kérdését és az eredményes felkészülés stratégiai megalapozását. Az éghajlatváltozás olyan szakpolitikai kihívásokat támaszt, melyek szorosan összefüggnek egyes nemzetstratégiai és nemzetbiztonsági jelentőségű kérdéskörökkel. Lényeges, hogy a területi, térségi és ágazati közpolitikai tervezést megalapozó hatásvizsgálatok és döntéselőkészítő elemzések (a nemzetközi irányelvekkel összhangban) számszerű eredményeken alapuló, területi sérülékenységvizsgálatokra támaszkodjanak. Ezt a célt szolgálja a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) kialakítása és az azt megalapozó jogszabályok, döntéselőkészítő tanulmányok megalkotása, valamint a NATÉR módszertani megalapozását alátámasztó hazai és nemzetközi kutatások eredményeinek hasznosítása. A NATÉR létrehozásával egy olyan átfogó, a döntéselőkészítést, a döntéshozást és tervezést objektív információkkal segítő adat- és információrendszert sikerült megalkotni — széleskörű intézményközi együttműködés keretében — amely egy helyen, gyűjti és rendszerezi az éghajlatváltozási kutatásokhoz, döntéselőkészítéshez szükséges alapadatokról szóló információkat. Teszi ezt annak érdekében, hogy a kutatásokban, döntéselőkészítésben részt vevő szakembereknek segítséget nyújtson stratégiai tervezési, elemzési és értékelési tevékenységeik megalapozásához. A NATÉR sikeres megvalósítása egyben megköveteli annak továbbfejlesztését is, amelynek fókuszában egy többszintű, részben automatizált, modulárisan felépített döntéstámogató rendszer kialakítása áll.

Abstract

Recent challenges in natural and man-made systems, as well as the present and future impacts of climate change need a new approach in territorial and sectoral planning and policy making. Spatial and settlement development, rural, economic and infrastructure development policies, as well as the planning activities of counties and municipalities should integrate the issue of climate change adaptation and preparedness. Climate change involves new policy challenges which are strongly interlinked certain national level strategic and security issues. It is also important, that the impact studies related to spatial, regional and sectoral policies should be based on qualitative with quantitative results of climate vulnerability assessments. This was the overall objective of NAGiS development. NAGiS-related feasibility studies, law-making and „screening” of relevant international and national researches also contributed to this objective. The NAGiS established a database and a decision-making support system which collects, processes and visualizes climate change related information in a single, integrated IT basis. NAGiS information may provide assistance and advices for “decision makers” in their strategic planning, evaluation and assist their impact assessment related activities. The successful implementation of NAGiS also requires its further development, which targets to establish a modular, multi-purpose, algorithm-based vulnerability assessment system.

1.1. A klímabiztos tervezés háttere és indoklottsága

A Kárpát-medence természeti adottságai, természeti erőforrásai igen sokszínűek és egyediak, ám az éghajlatváltozás ténye, valamint az ezekre adható válaszok rávilágítanak a természeti erőforrások által biztosított „szolgáltatások” sérülékenységre. Az elmúlt években végzett nem-

zetközi és hazai kutatások alapján hazánk térségében az üvegházhatás erősödésével a következő évtizedekben a feltételezett globális felmelegedésnél nagyobb mértékű átlaghőmérséklet-emelkedés várható. Egyúttal éghajlatunkra jellemzőek lesznek a szélsőséges csapadékviszonyok; akár egyazon évben számíthatunk súlyos aszályra és pusztító árvízre. Magyarországon különböző jellegű, és eltérő okokra visszavezethető területi egyenlőtlenségek

figyelhetők meg, amelyek az éghajlatváltozás és más begyűrűző globális változások során bekövetkező hatásokra tovább mélyülhetnek. Mindezek figyelembevételével a területi és ágazati tervezés — függetlenül attól, hogy az emberi tevékenységre visszavezethető éghajlatváltozással, vagy természetes eredetű éghajlat-ingadozással állunk szemben — nem kerülheti meg a változó klíma által meghatározott feltételrendszert, ez pedig a klímabiztonság és a „klímabiztoság” stratégiai integrációját igényli.

Az éghajlatváltozás és más hosszabb távon ható globális folyamatok kedvezőtlen környezeti és ökológiai következményei egyrészt az ágazatok (pl. turizmus, mezőgazdaság, vízgazdálkodás stb.), másrészt a települések, térségek szintjén jelentkeznek. A terület- és településfejlesztés, a vidék-, gazdaság- és infrastruktúrafejlesztés, az önkormányzatok, járáások, megyék stratégiai tervezési tevékenysége már rövidtávon sem kerülhetik meg a változásokhoz való alkalmazkodás kérdését. Az éghajlatváltozás tehát szakpolitikai kihívásokat támaszt, mely szorosan összefügg egyes nemzetstratégiai és nemzetbiztonsági jelentőségű kérdéskörökkel. Lényeges, hogy a területi, térségi és ágazati közpolitikai tervezést megalapozó hatásvizsgálatok és döntéselőkészítő elemzések (a nemzetközi irányelvekkel összhangban) számszerű eredményeken alapuló, területi sérülékenységvizsgálatokra támaszkodjanak (CZIRA et al. 2010, PÁLVÖLGYI és CZIRA 2011). Az éghajlatváltozás közpolitikai integrációja érdekében szükséges meghatározni azokat a beavatkozási területeket, amelyek hazánkban leginkább befolyásolják egy-egy adott térség, vagy ágazat éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodását (MFGI 2012). A klímabiztos tervezés kulcs-területei a következők (MFGI 2012):

- Vízbiztonság.
- Élelmiszerellátás biztonsága.
- Humán egészségbiztonság.
- Infrastruktúra biztonság.
- Energiabiztonság.
- Természeti környezet.

A fenti kulcs-területek egyúttal meghatározzák a az alkalmazkodási tervezést támogató eszközrendszer felhasználhatóságának kiindulópontját is, melyet a természeti erőforrások és a környezeti terhelések, igénybevételek helyzete, a társadalmi-gazdasági igények alakulása, valamint az országos és térségi alkalmazkodási, felkészülési stratégiák tervezési szükségletei határozzák meg.

1.2. A tudományos-alapú, éghajlat-specifikus döntéselőkészítő információk alkalmazásának szakirodalmi és szakpolitikai háttére

1.2.1. Hazai háttér

Magyarországon a 2000-es évek közepétől több kutatás, tudományos publikáció, illetve szakpolitikai döntéselőkészítő dokumentum is a NATÉR közvetlen megalapozásának tekinthető. A klímaváltozás hatása a környezeti térszer-

kezetre, illetve ennek térinformatikai dimenziói már 2004-ben megjelentek az Országos Területfejlesztési Konceptió felülvizsgálata keretében készült tanulmányban (DUDÁS et al. 2004). A VAHAVA projekt keretében (LANG et al. 2007), a 2000-es évek közepén első ízben került napvilágra, hogy Magyarország éghajlati sérülékenysége európai léptékben is jelentős. A VAHAVA Jelentés felhívja a figyelmet, hogy az ismert területi egyenlőtlenségek és a nagy társadalmi különbségek felerősíthetik az éghajlatváltozás elsődleges hatásait, így a következmények komplex, környezeti- társadalmi-gazdasági szempontú vizsgálatára van szükség. A MeH-MTA Stratégiai Kutatások keretében (MeH-MTA, 2009) 2007–2009-ben kidolgozásra került a klímásérülékenység regionális értékelésének módszertana, melynek fejlesztése egy, az EU 6. Kutatási-Fejlesztési Keretprogramja (EU FP6) által támogatott nemzetközi klímakutatási projekt (CLAVIER 2008) hazai végrehajtásához kapcsolódott. E kutatások keretében sor került a biológiai sokféleséget és az ökoszisztéma-szolgáltatásokat érintő — éghajlati eredetű — veszélyeztetettség jellegének és mértékének számszerű vizsgálatára (CZÚCZ et al. 2007).

Az Országos Területfejlesztési Konceptió felülvizsgálata keretében 2008–2009. években — Magyarországon első alkalommal — elkészült a kistérségi szintű éghajlati sérülékenység számszerű vizsgálata (PÁLVÖLGYI et al. 2010, 2011). E kutatómunkára támaszkodva készült el és került elfogadásra a területfejlesztés négy éves szakmai programja az éghajlatváltozás hatásainak mérséklésére (VÁTI 2010), mely egyértelműen rögzíti egy átfogó, térinformatikai alapokon nyugvó, az éghajlati sérülékenységgel kapcsolatos információk területi tervezési hasznosítását célzó döntéstámogató rendszer kialakításának szükségességét. A 2010-es évektől kezdve több stratégiai szintű elemző-értékelő tanulmány is foglalkozott az éghajlati sérülékenységgel kapcsolatos információk „becsatornázásával” a különböző tervezési folyamatokba. Az Éghajlatvédelmi Kerettörvényjavaslatához készített vizsgálati elemzés (NFFT 2009) a kiemelt ágazati feladatok között jelölte meg az eltérő adottságú és a klímaváltozás hatásaival szemben eltérő sérülékenységű térségek speciális fejlesztési szempontjainak figyelembevételét a térségi tervezésben. A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia (NFFT 2012) is kiemeli, hogy „ki kell dolgozni egy nemzeti alkalmazkodási stratégiát és az azt támogató információbázist”. Az egzakt információbázison alapuló klímapolitikai tervezés szerepét hangsúlyozza a Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia tervezete (NÉS-2 2013) is, amely az ország térségeinek összehasonlító éghajlati sérülékenységi elemzéseinek tematikus eredményeire alapozza egyes térségi és ágazati célkitűzéseit, és megerősíti az alkalmazkodási tervezést elősegítő információs rendszer szükségességét.

A legutóbbi időszak lényeges fejleménye a közadatokkal kapcsolatos kormányzati szabályozás¹ 2015. évi megjelenése. A szabályozás egyik alappillére, hogy a közadatok

¹Kormány 1310/2015. (V. 21.) kormányhatározata a közadatok széles körű újrahasznosításához szükséges intézkedésekről.

további felhasználás céljából történő hozzáférhetővé tétele, innovatív szolgáltatásokat és termékeket eredményező újrahazsnosítása jelentős társadalmi-gazdasági előnyökkel, új munkahelyek teremtésével, a gazdaság fellendítésével jár.

1.2.2. Nemzetközi kapcsolódás

Az Európai Unióban az utóbbi évtizedben kezdtek el igazán előtérbe kerülni az alkalmazkodással kapcsolatos elképzelések. A közösségi alkalmazkodási intézkedések általános koncepcióját egy 2007-ben elkészített „zöld könyv” (COM 2007, 354), majd egy 2009-ben kiadott „fehér könyv” vázolta (COM 2009, 147). Az éghajlatváltozásnak az európai térséget érintő hatásairól és a sérülékenységről szóló 2012-ben megjelent értékelés (EEA 2012) is hozzájárult az EU alkalmazkodási stratégia-tervezési folyamatának meggyorsításához. Az előkészítést követően elkészült az alkalmazkodásra vonatkozó közösségi célok és intézkedések kerete: az „Éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás EU stratégiája” c. dokumentumot a Bizottság 2013. áprilisában fogadta el (COM 2013a, 216). Ennek általános célkitűzése az éghajlatváltozás hatásaival szembeni ellenállóképesség (reziliencia) erősítése EU-szerte, illetve a tagállamokban. A tagállami stratégia-alkotás elősegítésére a Bizottság útmutatót készített (COM 2013b, 134), s a tagállamok projektjeihez a közösségi költségvetésből is forrásokat biztosítanak (a LIFE pénzügyi alap keretében). A stratégia szerint minden érintett ágazat szakpolitikai programjába integrálni kell az alkalmazkodás követelményeit. 2012. márciusában az Európai Bizottság Európai Éghajlati Adaptációs Platform² címmel a témakörrel kapcsolatos tanulmányok és EU-s adatbázisok széles körét felölelő tematikus portált indított, azonban ennek területi és ágazati dimenziói nem érik el a közigazgatási és gazdasági tervezéshez szükséges mélységet és részletettségét. Egy magyar részvétellel megvalósuló kutatás (ESPON 2013) európai léptékű elemzése alátámasztotta, hogy Magyarország elmaradottabb régiói európai léptékben is kiemelkedő sérülékenységgel jellemezhetők.

Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény (UNFCCC) és a Kiotói Jegyzőkönyv végrehajtásával és továbbfejlesztésével, valamint a Párizsi Nyilatkozat előkészítésével kapcsolatos nemzetközi tárgyalásokon is megjelent az alkalmazkodás témaköre (NFM–MFGI 2015). Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) megalakulása óta gyűjti és rendszerezi az alkalmazkodással kapcsolatos tudományos információkat. A kitettség–érzékenység–alkalmazkodóképesség definíciója és az e tényezőknél alapuló sérülékenység meghatározásának módszere az IPCC tevékenységének köszönhető. Az IPCC közel 600 oldalas tudományos jelentésben foglalta össze (IPCC 2012) az éghajlatváltozás hatásaival és az ahhoz történő alkalmazkodással és felkészüléssel kapcsolatos tudományos információkat. Az IPCC Ötödik Értékelő Jelentése (IPCC 2014) szerint a fenntarthatóság megvalósításának egyik legnagyobb veszélye a

globális klímaváltozás. A kutatások szerint a klímaváltozás és a fenntartható fejlődés közötti kapcsolat körkörös jellegű, mivel a klímaváltozás befolyásolja a fenntartható fejlődés lehetőségeit, míg a különböző fejlődési pályák eltérően befolyásolják a klíma jövőbeli alakulását.

A NATÉR koncepciója jól illeszkedik az Európai Unió térinformatikai adatokkal kapcsolatos kezdeményezéseire. Ezt a törekvést az INSPIRE Irányelv³ testesíti meg, amelynek szellemében a NATÉR létrehozásának keretében fel kell mérni, és össze kell gyűjteni a hazai, klímaváltozással kapcsolatos térinformatikai adatbázisokat, létre kell hozni a kapcsolódó metaadatbázisokat, illetve meg kell alkotni egy olyan alapadatbázist, ami egységes kiindulási alapot szolgáltat az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához. Ezt a törekvést erősítik meg a Nemzeti Téradat Infrastruktúra (NTI) kialakításának érdekében tett kormányzati szabályozási, informatikai, és intézményrendszeri fejlesztési lépések is, amelyek bevezetésével biztosítható lesz a térbeli alkalmazkodási adatok és információk széleskörű és egységes hozzáférhetősége az INSPIRE Irányelvben megfogalmazottak szerint.

1.3. Eredmények: NATÉR, mint az éghajlati tervezés eszköztárára

1.3.1. Miben újszerű a NATÉR?

A NATÉR létrehozása és továbbfejlesztése kiemelt prioritású, nemzetstratégiai jelentőségű összkormányzati projekt. A NATÉR részben egy „intelligens csomópont”, ahol a szálak összefutnak, amin keresztül létrejön a kapcsolat az adatszolgáltatók és a felhasználók között. Az adatbázisokat összekötő metaadatbázison kívül a NATÉR keretében kifejlesztettünk ezen adatbázisok felhasználásával egy olyan alap-adatbázist, amely már elsősorban az alkalmazkodáshoz nyújt konkrét, komplex és nagy részletességű információt az éghajlatváltozás és egyéb változások hatásairól, a sérülékenységről és a kitettségről. A NATÉR tehát nem pusztán egy „csomópont”, ami közvetít az adatokat igénylők és az igényeket kielégíteni képes intézmények között, hanem egyúttal „agyközpont” is: az alapadatbázisokra építve támogatást nyújt az egységes döntéstámogató elemzések, hatásvizsgálatok elvégzéséhez.

1.3.2. A NATÉR fejlesztésének lépései és felépítése, dióhéjban

Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és annak Kiotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. törvény (a továbbiakban: Éhtv.) 3. § (2) bekezdés c) pontja alapján az Éghajlatváltozási Stratégia részét képezi egy nemzeti alkalmazkodás stratégiai keretrendszer.

³Az Európai Parlament és a Tanács 2007/2/EK Irányelve az Európai Közösségen belüli térinformatikai infrastruktúra (INSPIRE) kialakításáról (2007. március 14.).

²<http://climate-adapt.eea.europa.eu/web/guest>.

E keretrendszer megalapozása érdekében szükséges létrehozni a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszert. A NATÉR létrehozására irányuló projekt támogatásáról szóló szerződés 2014. január 23-án került aláírásra. A projekt 2016. április 30-ig tartott. Teljes költségvetése 1,25 millió EUR, melyet az Európai Gazdasági Térség Támogatási Alap 95%-ban támogatott. Jogszabály alapján⁴ a NATÉR-t a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI), mint az NFM háttér-intézménye, működteti és fejleszti. A NATÉR működtetése a nemzeti fejlesztési miniszter által 2014. májusban jóváhagyott Üzemeltetési Szabályzat alapján történik, szakmapolitikai felügyeletét az NFM által elnökölő Irányító Bizottság látja el. A NATÉR informatikai rendszerének és szakmai alapjainak kialakítását az MFGI végzi.

A NATÉR egy átfogó, a döntés-előkészítést, a döntéshozást és tervezést objektív információkkal segítő adat- és információrendszer. A NATÉR egyik fő célja, hogy egy helyen, rendszerezetten gyűjtse össze az éghajlatváltozási kutatásokhoz, döntés-előkészítéshez szükséges alapadatokról szóló információkat annak érdekében, hogy a kutatásokban, döntés-előkészítésben részt vevő szakembereknek segítséget nyújtson abban, hogy milyen adatokat, milyen tartalommal, mely adatkezelőknél találhatnak meg. A rendszer az adatintegráció, feldolgozás és kiértékelés megvalósítása révén lehetőséget biztosít a klímaváltozáshoz való alkalmazkodáshoz szükséges metaadattárház és kapcsolódó térbeli információk megismerésére, az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatára, a meglévő releváns környezeti, társadalmi és gazdasági adatbázisok célorientált és komplex alkalmazására, valamint a nemzeti alkalmazkodási stratégiai keretrendszer kidolgozásának és rendszeres felülvizsgálatának elősegítésére.

A NATÉR más adatbázisok információin alapuló, származtatott indikátorokból álló térinformatikai adatbázist hozott létre. A NATÉR adatbázisában elérhető származtatott mutatók, sérülékenységi elemzések, hatáselemzések, alkalmazkodási elemzések számos szakterületen a döntéshozók és érdeklődők számára napi szinten alkalmazható tudásközpontot jelenthetnek. A NATÉR támogatja az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással kapcsolatos döntéseket, fejleszti az adatgyűjtés, -feldolgozás, -elemzés és a klímodellezés módszertanát. A NATÉR olyan, internetes alapú információs csomóponttá válhat, amely az érdeklődők számára megbízható, objektív tájékoztatást nyújt. A NATÉR kidolgozott, intelligens adaptációs eszközeivel kulcsszerepet játszhat abban, hogy megfeleljünk az éghajlatváltozásból adódó kihívásoknak.

1.3.3. A NATÉR alkalmazási lehetőségei az ágazati és területi stratégiai tervezésben

A klímabiztos tervezés „célcsoportjai” körében jelentős felhasználó lehet a kormányzati stratégiai tervezéshez kapcsolódó elemző döntés-előkészítő tevékenység, illetve az önkormányzatok területi tervezési, település-tervezési,

közszolgáltatás-szervezési tevékenysége; elsősorban a következő területeken:

– *Éghajlatpolitikai tervezés:* Az éghajlatvédelmi intézkedések országos, térségi és helyi megvalósításának megalapozása, a célterületek sérülékenységeinek és alkalmazkodási potenciáljának meghatározása

– *Energiapolitikai tervezés:* Az energetikai és élelmezési célú földhasználat fenntarthatósági szempontú vizsgálata, vagy a feltételeken és feltétel nélkül megújuló energiahordozók éghajlatváltozási szempontú potenciál-felmérésének térségi újraértékelése (pl. a szél-, nap-, (termál-) vízenenergia, illetve biomasz, biogáz potenciál hosszú távú alakulása).

– *Közlekedési és energia-infrastruktúra tervezés:* A közlekedési és termelő infrastruktúra, a szállítói és elosztói hálózatok éghajlatbiztos (climate-proof) tervezésének megalapozása, az ellátásbiztonság műszaki feltételeinek javítása.

– *Fejlesztéspolitikai tervezés:* Éghajlatbiztos tervezés többek között az árvízvédelmi műtárgyak, erőművek, hidak stb. esetében, módosított szabványok, biztonsági előírások és területi támogatási preferenciák kialakítása és fejlesztéspolitikai döntéshozatalban történő érvényesítése (HRABOVSKY-HORVÁTH et. al. 2013). A klímavédelmi beruházások értékelésének segítése. Az ÜHG, illetve szén-dioxid kibocsátás csökkentéséhez való hozzájárulás mérési módszertanának kialakítása minden támogatott fejlesztési beavatkozás esetében.

– *Mezőgazdaságot, vidékfejlesztést érintő tervezés:* Éghajlatváltozás hatása az agrár-ökológiai potenciálra és a termesztési feltételekre optimalizált mezőgazdasági területhasználatra. Az erózióvesztély, mezőgazdasági vízgazdálkodás, felszínborítottság és talajtulajdonságok alapján tipizált komplex beavatkozási térségek és intézkedések meghatározása.

– *Területi, települési, térségi tervezés:* Az eltérő adottságú, fejlettségű térségek és települések éghajlatvédelmi stratégiáinak megalapozása, az alkalmazkodás feltételrendszerének kialakítása, a fejlesztési programok, pályázatok éghajlatvédelmi szempontjainak erősítése.

– *Turisztikai tervezés:* az éghajlatváltozás hatása a turisztikai desztinációkra, az azokat kiszolgáló infrastruktúrára, az eltérő adottságú turisztikai térségek adaptációs képességének meghatározása és növelése (CSETE et al. 2013).

– *Egészséggel, életminőséggel kapcsolatos tervezés:* Az egészségmegőrzéssel és életminőség-javítással kapcsolatos önkormányzati és állami alkalmazkodási feladatokat a településtípustól és -szerkezettől függően eltérő adottságok, és események határozzák meg. Az emberek életminőségét alapvetően befolyásoló települési extrém klimatikus események erőssége és gyakorisága által befolyásolt helyi intézkedéseken túl az egészségügyi ellátó rendszerek biztonságos működtetése, valamint a szolgáltatások elérhetősége határozza meg a tervezési feladatokat.

⁴94/2014. (III. 21.) Korm. rendelet a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer működésének részletes szabályairól.

1.4. Következtetések

1. A NATÉR szemléleti „fundamentuma” az ökoszisztéma szolgáltatások, a természeti erőforrások és a társadalmi-gazdasági igények kölcsönkapcsolati rendszerén nyugszik, ami egy számos szektorra kiterjedő általános elvi keretet nyújt az emberi közösségeket érő környezeti, éghajlati hatások kezelésére. E megközelítés szerint az emberiség számos szolgáltatást vesz igénybe az őt körülvevő biofizikai rendszerekből (ökoszisztémák) és természeti erőforrás készletekből (pl. ásványi nyersanyagok, vízkészletek, megújuló energiahordozók). Ám e szolgáltatások „rendelkezésre állását” befolyásolja az éghajlatváltozás, így módon az ökoszisztéma szolgáltatások és a természeti erőforrások mennyiségi és minőségi jellemzői visszahatnak a társadalmak és a gazdaság működésére. Ez a szemléletmód lehetőséget biztosít a különböző szektorok területén tapasztalt hatások „közös nevezőre” hozására, amennyiben az egyes szolgáltatásokra megbízható indikátorokat tudunk definiálni, és ezek változását egy sérülékenységi elemzés keretében modellezni is tudjuk.

2. A NATÉR egy olyan térinformatikai alapú tudásbázis alakított ki, amely az ágazati és területi szakpolitikai tervezést, stratégia-alkotást és fejlesztéseket segítő döntéstámogató rendszerként működik. A NATÉR tehát az éghajlati alkalmazkodás vonatkozásában „megoldás-szállító”, mely kormányzati döntések éghajlatvédelmi megalapozottságát, valamint a térségi és települési önkormányzatok alkalmazkodási képességének erősítését, információkkal történő kiszolgálását biztosítja.

3. A nemzeti, térségi és települési szintű klímastratégiák szakmai háttérét is egy áttekinthető felépítésű, felhasználóbarát, professzionális és részletes informatikai rendszer biztosíthatja. E rendszernek kiindulópontját jelenti a NATÉR, mely rugalmas, folyamatosan bővíthető modulokból áll, így alkalmas többek között a klímaváltozás hatásainak elemzésére és bemutatására is. Az éghajlatváltozás területi és ágazati stratégiai integrációja széleskörű információkat igényel. Olyan komplex, szisztematikus monitoringon alapuló — a környezeti, társadalmi és gazdasági információkat integráló — adatbázis-rendszerre és értékelési módszertanra van szükség, amely objektív háttérként segíti az alkalmazkodással kapcsolatos közpolitikai tervezést és döntéshozatalt.

1.5. A további kutatási-fejlesztési munka irányai

Az EGT-Norvég Alap támogatásával lezárult „rendszerépítő” projektet követően, 2016. év második felétől indokolt alakítani a NATÉR döntéstámogató rendszert; ennek fejlesztési feladatai a KEHOP 1.1. intézkedés keretében nevesítve betervezésre kerültek kiemelt projektként. A

további fejlesztésnek a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszeren alapuló döntéstámogató eszköztár kialakítására célszerű irányulnia. Ennek főbb elemei az alábbiak lehetnek:

1.5.1. Ágazati szakpolitikai, fejlesztéspolitikai tervezést segítő eszközök

1. *Közmű szolgáltatások, közüzemek és éghajlatváltozás*
– Víziközmű szolgáltatások éghajlati sebezhetősége, kockázatértékelése.

– Klíma és hulladékgazdálkodás: lerakás, energetikai hasznosítás, újrahasznosítás.

2. *Fenntartható vízgazdálkodás és éghajlatváltozás*

– Élővizekre alapozott fejlesztési stratégiák megalapozása.

– Értékelő információs rendszer az árvíz, belvíz, villámárvíz, aszály éghajlati sebezhetőségéről.

– Felszín alatti vízkészletek éghajlati szempontú kockázatai.

3. *Energetika, megújulók és éghajlatváltozás*

– Éghajlatváltozás hatása az energetikai célú biomassza-hasznosításra.

– Áram-, gáz- és távhőellátás éghajlati szempontú kockázatértékelése.

4. *Alkalmazkodó agrárium és természetvédelem*

– Éghajlatváltozás hatása az agár tevékenységek jövedelmezőségére, versenyképességére.

– Alkalmazkodást segítő erdőgazdálkodás, települési zöldfelület gazdálkodás.

– Éghajlatváltozás hatása fokozott védelem alatt álló vizes élőhelyekre és a gyepekre.

1.5.2. Önkormányzati, területi közigazgatási tervezést segítő eszközök

1. *Települési épített környezet*

– Települési szintű eszköz az épületállomány klíma sérülékenységének vizsgálatára.

– Segédlet helyi rendezési tervek, építési szabályzatok „klímabiztos” kialakításához.

2. *Helyi szintű földtani veszélyhelyzetek*

– Várható talajvízszint-süllyedés miatt előálló felszínmozgási kockázat térképezés.

– Talajminőség-változás prognózis (pl. partfalomlás, erózió, földcsuszamlás).

1.5.3. Átfogó, horizontális társadalompolitikai és gazdaságfejlesztési célú eszközök kialakítása

1. *NATÉR tudásközpont létrehozása*

– A kifejlesztett eszközök, „jó gyakorlatok” megosztása az ágazati és önkormányzati tervezés számára.

– Adattár, elemzések, tanulmányok jogosultság-alapú megosztása.

- „Klíma Radar”: web-es kalkulátor az éghajlatváltozásról a nyilvánosság számára.
- Település-vezetői Éghajlati Akadémia (TÉA): vezetői szintű továbbképzések.
- Oktatás, képzés a NATÉR felhasználók részére.
- 2. *Demográfia, munkaerő és éghajlatváltozás*
- Éghajlatváltozás hatása a népesedésre és az országon belüli vándorlásra.
- Klímaváltozás okozta területi folyamatok (pl. munkaerő ellátottság) vizsgálata.

1.5.4. Háttér-támogató módszertani fejlesztések, disszemináció

1. *NATÉR tanácsadó hálózat kiépítése*
 - „Hotline” tanácsadó szolgáltatás biztosítása a NATÉR felhasználóknak.
 - Belső oktatási, képzési program a rendszer tanácsadói, üzemeltetői számára.
2. *Módszertani és alkalmazás fejlesztések*
 - EU-s alkalmazkodási stratégia iránymutatásainak való megfelelés.
 - 2007/2/EK INSPIRE irányelvhez való kapcsolódás.

- A Nemzeti Téradat Infrastruktúrába történő integráció.
- A sérülékeny ágazatok és hatásviselőkről való információk pontosítása és szakpolitikai döntéshozatali mechanizmusokba történő integrációja.
- A kialakított, példaértékű állami intézményi együttműködés fenntartása, kibővítése (OMSZ, ERTI, MTA TAKI, MTA RKK, OVF stb.).
- A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia és cselekvési terveinek szakmai háttértámogatása.
- Éghajlatvédelmi hatásvizsgálati tervezési és értékelési módszertanok fejlesztése.

3. IT fejlesztések

- Az informatikai háttér modernizálása, az elektronikus hozzáférések és protokollok kiépítése,
- szakmai kapcsolatrendszer és adatintegrációs protokollok kialakítása.
- A téradatkészletekhez, -szolgáltatásokhoz történő hozzáféréshez és azok igénybevételéhez szükséges informatikai fejlesztések.
- NATÉR online vezetői információs szolgáltatásainak kialakítása.
- NATÉR önkormányzati döntés-előkészítő portáljának kifejlesztése.

Irodalom

- CLAVIER projekt: Climate Change and Variability: Impact in Central and Eastern Europe. – EU 6. Keretprogramja, GOCE Contract Number: 037013
- COM (354) 2007: Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz Európában – Az uniós fellépés lehetőségei. – Zöld Könyv, COM(2007)354, végleges.
- COM (147) 2009: Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé. – Fehér Könyv, COM(2009)147.
- COM (216) 2013a: An EU Strategy on adaptation to climate change. – Communication from the Commission, COM(2013)216.
- COM SWD (134) 2013b: Guidelines on developing adaptation strategies. – Commission Staff Working Document, COM SWD(2013)134, final
- CZIRA T., DOBOZI E., SELMECZI P., KOHÁN Z., RIDEG A. és SCHNELLER K. 2010: A területfejlesztés 4 éves szakmai programja a klímaváltozás hatásainak mérséklésre (2010–2013). – VÁTI Nonprofit Kft., Budapest, CD kiadvány, p. 39.
- CZÜCZ B., KRÖEL-DULAY GY., RÉDEI T., BOTTA-DUKÁT Z. és MOLNÁR ZS. 2007: Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség – elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához. – Kutatási jelentés, kézirat. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 278 p.
- CSETE M., PÁLVÖLGYI T. and SZENDRŐ G. 2013: Assessment of Climate Change Vulnerability of Tourism in Hungary. – Regional Environmental Change 13/1, p. 1. ISSN 1436-3798, DOI: 10.1007/s10113-013-0417-7
- DUDÁS J., SZABÓ É. és PÁLVÖLGYI T. 2004: A területfejlesztésre vonatkozó környezetvédelmi feladatok meghatározása. (környezetvédelmi szakmai munkaanyagok készítése a területi folyamatok alakulásáról és a területfejlesztési politika érvényesüléséről szóló OGY jelentéshez és az OTK felülvizsgálatához. – VÁTI Magyar Regionális Fejlesztési és Urbanisztikai Közhasznú Társaság megbízásából Env-in-Cent Környezetvédelmi Tanácsadó Iroda, Budapest.
- EEA 2012: Climate Change Impacts and Vulnerability in Europe. – EEA report No 12/2012
- ESPON 2013: ESPON Climate Change and Territorial Effects. on Regions and Local Economies. – Applied Research 2013/1/4 Final Report |© ESPON & IRPUD, TU Dortmund University.
- HRABOVSKY-HORVÁTH, S., PÁLVÖLGYI, T., CSOKNYAI, T. és TALAMON A. 2013: Generalized residential building typology for urban climate change mitigation and adaptation strategies: The case of Hungary. – Energy and Buildings 62, July 2013, Elsevier B.V., ISSN: 0378-7788, 475–485.
- IPCC 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. – FIELD, C. B., BARROS, V., STOCKER, T. F., QIN, D., DOKKEN, D. J., EBI, K. L., MASTRANDREA, M. D., MACH, K. J., PLATTNER, G.-K., ALLEN, S. K., TIGNOR, M. and MIDGLEY, P. M. (eds): A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 p.
- IPCC 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press © Intergovernmental Panel on Climate Change 2014 ISBN 978-1-107-05816-3
- LANG I., CSETE L., JOLÁNKAI M. 2007: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. – A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.

- MEH-MTA VI.11. Stratégiai Kutatások: A hazai környezetállapot vizsgálata különös tekintettel a klímaváltozásra (témavezető: Várallyai György akadémikus), 2007–2009.
- MFGI 2012: Konceptcionális és megvalósíthatósági tanulmány a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszerhez (NATÉR). – Magyar Földtani és Geofizikai Intézet.
- NFFT 2009: Az éghajlat védelméről szóló törvénytervezet koherencia vizsgálata, környezeti szempontú vizsgálati elemzése és megvalósításának feltételrendszere. – Készült a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács felkérésére, Env-in-Cent Kft.
- NFFT 2012. A fenntartható fejlődés felé való átmenet nemzeti koncepciója. – Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia 2012–2024. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács.
- NFM-MFGI 2015: Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2014–2025 kitekintéssel 2050-re. – Előterjesztés a Kormány és az Országgyűlés számára.
- PÁLVÖLGYI T., CZIRA T., DOBOZI E., RIDEG A. és SCHNELLER K. 2010: A kistérségi szintű éghajlatváltozási sérülékenységi vizsgálat módszere és eredményei. – „Klíma-21” füzetek 62, 88–101.
- PÁLVÖLGYI T. és CZIRA T. 2011: Éghajlati sérülékenységi a kistérségek szintjén. – In: TAMÁS P. és BULLA M. (szerk.): Sebezhetőség és adaptáció – a reziliencia esélyei. MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest, ISBN 978-963-8302-40-3
- PÁLVÖLGYI T., CZIRA T., BARTHOLY J., PONGRÁCZ R. és HORVÁTH E.S. 2011: Éghajlati sérülékenységi. In: BARTHOLY J., BOZÓ L. és HASZPRA L. (szerk.): Klímaváltozás – 2011. Klímaszenáriók a Kárpát-medence térségére. MTA és ELTE, Budapest.
- VÁTI 2010. A területfejlesztés 4 éves szakmai programja az éghajlatváltozás hatásainak mérséklésére, 2010–2013. – Témafelelős: CZIRA T., készítette: CZIRA T., DOBOZI E., KOHÁN Z., RIDEG A., SCHNELLER K. és SELMECZI P. VÁTI Nkft., Budapest.

A KLÍMAVÁLTOZÁSHOZ VALÓ ALKALMAZKODÁS EURÓPAI ÉS HAZAI IRÁNYZATAI

European and national level policy trends in adaptation to climate change

SZALMÁNÉ CSETE MÁRIA

tudományos munkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Nemzeti Alkalmazkodási Központ, e-mail: csete.maria@mfgi.hu

TAKSZ LILLA

tudományos segédmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Nemzeti Alkalmazkodási Központ, e-mail: taksz.lilla@mfgi.hu

Összefoglaló

A klímaváltozás már a mindennapjaink tapasztalata, az elkövetkező években pedig hatásainak fokozódására kell számítanunk. Az Európai Unió élen jár a változásokra való felkészülésben, de mivel a klímaváltozás hatásai leginkább lokálisan értelmezhetők, a helyi döntéshozás szereplőinek is fel kell készülniük a probléma kezelésére. Az alkalmazkodást célzó beavatkozások nagyon sokfélék lehetnek. Jelen tanulmányban bemutatjuk a téma alapvető fogalmait és azokat a szempontokat, amelyek alapján az alkalmazkodási kezdeményezések tipizálhatók.

Abstract

It is widely accepted that climate change is already happening. Scientific research indicates that climate change impacts will continue to intensify in the future. This topic plays an important role in the politics of the European Union, but local governments also have to prepare, because the impacts of climate change will vary from place to place. Therefore the responses to the climate stimuli are also varied. The aim of this paper is to present the main terms of this issue and to examine the types of adaptation actions based on their various attributes.

1.1. A kutatás háttere és indokoltsága (célkitűzések)

Tudományos és politikai szintén — nemzetközi és hazai vonatkozásban egyaránt — a globális klímaváltozás egyre gyakrabban jelenik meg, illetve kerül kiemelésre a számos megoldandó feladat közül az elkövetkező évtizedek egyik legjelentősebb problémájaként. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) ötödik jelentése — a legújabb tudományos eredményeket szintetizálva — minden korábbinál nagyobb bizonyossággal állítja, hogy a felmelegedés egyre jelentősebb, amiben az emberiségnek meghatározó szerepe van. (IPCC 2014a) Ennek ellenére azt az állítást, hogy éghajlatváltozás részben, vagy egészen emberi eredetű még ma sem övezi teljes körű tudományos konszenzus (COOK et al. 2016), abban azonban a legtöbb szakértő egyetért, hogy függetlenül annak kiváltó okaitól, forrásától, a klímaváltozás várható hatásaira mindenképp fel kell készülnünk, azokhoz alkalmazkodnunk kell (IPCC 2014b), mégpedig nem fontosabb cél, mint a túlélésünk, megmaradásunk érdekében. Az éghajlatváltozás által okozott

változásokhoz kötődő megoldási lehetőségek három fő csoportba sorolhatók: ezek a kibocsátás-csökkentés (mitigáció), az alkalmazkodás (adaptáció) és a lakosság szemléletformálásával kapcsolatos tevékenységek.

Az alkalmazkodás szükségszerűségét támasztja alá az a tény is, hogy az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja továbbra is növekszik (EEA 2015) annak ellenére, hogy a nemzetközi klímapolitika a 2000-es évek legelejéig „egyfrontú” volt, s főleg az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére koncentrált (mitigáció). (ERDŐSI 2010) Az éghajlati rendszer tehetetlensége miatt pedig akkor is számolnunk kellene a klímaváltozás hatásaival, ha az elkövetkező időszakban drasztikusan csökkenne az üvegházhatású gázok kibocsátása (IPCC 2014a) Az alkalmazkodás (adaptáció) jelentősége tehát a 2000-es évek elejétől kezdett növekedni. Ezt igazolja az is, hogy az ebben a témában megjelent szakcikkek száma 1990 és 2014 között markánsan növekedett (PRESTON et al. 2015), s ez a tendencia napjainkban is megfigyelhető.

Az előzményeket ismerve könnyen belátható, hogy valamilyen szintű alkalmazkodásra mindenképp szükségünk

van. Azt viszont jelentős bizonytalanság övezi, hogy pontosan milyen jellegű és mértékű várható hatásokra kell felkészülnünk, milyen változásokra szükséges már most odafigyelnünk és melyekhez kell majd a továbbiakban alkalmazkodnunk. Továbbá az is növelheti a témakörrel kapcsolatban felmerülő kérdések sorát, hogy meddig kell felkészülnünk. A probléma jellegéből fakadóan a bizonytalanság elkerülhetetlen de ez nem gátolhatja meg a gyakorlati beavatkozások megkezdését a kockázatok csökkentése érdekében. A bizonytalanságok kezelése, csökkentése lehetséges további kutatással, az előrejelző rendszerek fejlesztésével, vagy a döntéshozási mechanizmusok fejlesztésével (GREEN-WEATHERHEAD 2013).

Az ezredforduló körül meg is indultak mind nemzetközi, mind pedig nemzeti és lokális szinten azok a beavatkozások, amelyek az klímaváltozás várható hatásaira való felkészülést tűzték ki célul. A nemzetközi együttműködések hagyományosan inkább a kibocsátások szabályozásáról szóltak, de lassan az alkalmazkodás is megjelent ezeken a fórumokon¹.

Az alkalmazkodás a 2000-es évek elején kezdett nagyobb hangsúlyt kapni az Európai Unió klímapolitikájában, így az Unió hamarosan vezető szerepre tett szert a nemzetközi alkalmazkodási kezdeményezésekben. Az Európai Bizottság évenként adja ki a Zöld és Fehér könyvekként ismert dokumentumokat. A Zöld könyvek elsődleges célja, hogy bizonyos témákban európai szintű párbeszéd létrejöttét ösztönözze, míg a Fehér könyvek — akár a Zöld könyvek alapján — jogalkotásra, uniós intézkedésre tesznek javaslatot adott területeken. A 2007-ben kiadott Zöld, majd a 2009-ben kiadott Fehér könyv az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szólt. Ezután 2013-ban elfogadásra került „Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia”, amely ugyan konkrét intézkedéseket nem, de az alkalmazkodás alapelveit és a beavatkozások irányait megfogalmazza. Az Európai Unió reményei szerint az EU 2020 Stratégiával összhangban az Alkalmazkodási Stratégia segíteni fogja az EU szénkímélő és éghajlatváltozáshoz alkalmazkodni tudó gazdasággá válását, továbbá képes előmozdítani a fenntartható növekedést, elősegíteni az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást ösztönző beruházásokat és új munkahelyeket teremti (COM 2013, 216).

Az alkalmazkodás és az ehhez szükséges információhoz való hozzájutás elősegítése érdekében az Európai Bizottság létrehozta a Climate-ADAPT honlapot, melyen a különböző adatokon és tanulmányokon túl az tagállamok és városok alkalmazkodással kapcsolatos jó gyakorlatai is elérhetők.

Az Európai Unió támogatja a helyi szintű alkalmazkodási programokat is. Az önkormányzati döntéshozók számára hozta létre az Európai Bizottság a Polgármesterek Szövetségét (Covenant of Mayors), melynek célja, hogy segítse a városokat az EU klímával és energiával kapcsolatos célkitű-

zései teljesítésében. 2015-ben a Polgármesterek Szövetsége Polgármesterek Klíma- és Energiaügyi Szövetségévé alakult át. Ezzel párhuzamosan a mitigáció mellett alkalmazkodási célokat is megfogalmazott a tagjai számára: a korábbi SEAP-ok² helyett az újonnan belépőknek SECAP-ot³ kell benyújtaniuk, amelyben már a település adaptációs célkitűzései is szerepelnek.

Hazánk korán csatlakozott az alkalmazkodást célzó erőfeszítésekhez. Ennek egyik első, fontos lépése volt a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a Magyar Tudományos Akadémia kutatási programja, a VAHAVA (Változás–Hatás–Válaszok). A 2003-ban indult program fő célja az volt, hogy feltárja a klímaváltozás várható hatásait és megvizsgálja az arra adható válaszokat. Céljai között szerepelt továbbá a klímapolitika hazai meghonosítása, új fogalmak bevezetése és széleskörű szakmai konszenzusra épülő alapjainak megteremtése, valamint szélesebb társadalmi rétegek figyelmének felkeltése, rávezetése a problémára (LÁNG et al. 2007). Részben ennek a programnak az eredménye, hogy a 2008-ban elfogadott Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiában a klímapolitika fontos részeként jelent meg az alkalmazkodás (ANTAL 2015). Magyarország így már azelőtt rendelkezett az alkalmazkodást is magában foglaló országos szintű klímastratégiával, hogy az Európai Unió adaptációs stratégiája elfogadásra került volna.

1.2. Anyag, felhasznált adatok és módszer

A változó klimatikus körülményekre adott társadalmi és gazdasági válaszok nagyon sokfélék lehetnek, ezért az alkalmazkodás változatos gyakorlati formáival találkozhatunk a nemzetközi és hazai szakirodalom vizsgálata során. Annak érdekében, hogy az alkalmazkodást célzó beavatkozásokról beszélni tudjunk, be kell vezetnünk a téma szempontjából legfontosabb fogalmakat.

A következőkben — a nemzetközi és hazai szakirodalom alapján — bemutatjuk a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás néhány, legfontosabb fogalmát, illetve néhány olyan szempontot, amely mentén az alkalmazkodási kezdeményezések tipizálhatók.

Ez után megvizsgáljuk, hogy a hazánkban jellemző alkalmazkodási programok ezek szerint hogyan jellemezhetők. A bemutatott elemzések az alkalmazkodási szakirodalom módszeres elemzésén, értékelésén alapultak, így állították fel tipológiájukat. A magyar gyakorlatra vonatkozóan hasonló szisztematikus elemzés elvégzésére jelen tanulmány keretében ugyan nem volt lehetőség, azonban általános megállapításokat mégis tehetünk, amelyek hasznos információkkal szolgálhatnak az alkalmazkodási gyakorlatok hazai jellemzőiről.

¹Ezt a tendenciát láthattuk a 2015-ös Párizsi Klímacsúcs (COP 21), ahol megjelent az az igény, hogy az alkalmazkodás szempontjából is kerüljenek meghatározásra globális célkitűzések. (FARAGÓ 2016).

²Sustainable Energy Action Plan.

³Sustainable Energy and Climate Action Plan.

1.3. Eredmények

1.3.1. Alapfogalmak

A klímaváltozás két pillére közül a mitigáció inkább kvantitatív, számokkal leírható, mérhető fogalom, míg az alkalmazkodás (adaptáció) effajta megközelítése nehézségekbe ütközik, jellemzően inkább kvalitatív jellemzőkkel írható le. Az alkalmazkodás vizsgálatakor felmerülő fogalmak jelentéséről gyakran nincs egyértelmű szakmai konszenzus, használatuk különböző tudományos diszciplínákhoz, hagyományokhoz kötődik (GALLOPÍN 2006).

Az alkalmazkodás mind a társadalom-, mind pedig a természettudományban használt általános fogalom (SMIT et al. 2000). A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás az IPCC megfogalmazása szerint az a folyamat, melynek célja a klímaváltozás jelenlegi, vagy várható hatásainak kezelése. A célja elkerülni vagy minimalizálni a potenciális károkat és kihasználni a változásból fakadó potenciális lehetőségeket (IPCC 2014a). Egy más megközelítésben az alkalmazkodás egy olyan társadalmi, gazdasági és politikai folyamat, amely a sérülékenység csökkentését célozza (FAZEY et al. 2016).

Az alkalmazkodással rokon, de mégis némileg eltérő jelentéssel bíró fogalom a reziliencia. A természeti, társadalmi és gazdasági rendszerek rendszerek rezilienciája (rugalmas ellenállóképessége) azt jelenti, hogy a külső változásokkal oly módon birkóznak meg, hogy közben alapvető szerkezetük, funkciójuk nem változik (IPCC 2014a, BULLA 2011).

Mindkét fogalom gyökerei a pszichológia tudományterületén keresendők. A reziliencia azt a képességet jelöli, ami lehetővé teszi emberek számára, hogy az őket ért jelentős stresszel megbirkózzanak, míg az alkalmazkodás annak a folyamata, ahogy az emberek megküzdnek ezekkel a konkrét stresszhatásokkal. A reziliencia így inkább egy jellemvonás, míg az alkalmazkodás egy módszer (WONG-PARODI et al. 2015). Mindkét fogalom releváns a klímaváltozás szempontjából, megjelenésük főleg a nemzetközi szakirodalomban gyakori, hazai forrásokban inkább az alkalmazkodással találkozhatunk.

A klímaváltozás hatásaihoz szorosan kapcsolódó fogalom a sérülékenység (vulnerability), ami egy rendszer belső tulajdonságait jelenti, amelyek meghatározzák, hogy mennyire képesek hatni rá a káros külső hatások (IPCC 2014a). A sérülékenységet általában több tényező összetételeként szokták meghatározni (GALLOPÍN 2006). A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia⁴ (NÉS-2) definíciója szerint — a CIVAS modell⁵ alapján — három tényező határozza meg a sérülékenységet: a kitettség (helyben hogyan változik a klíma), az érzékenység (hatásviselő rendszer időjá-

rásfüggő viselkedése) és az alkalmazkodóképesség (helyi társadalmi-gazdasági válaszok a klímaváltozásra) (NÉS-2, PÁLVÖLGYI et al. 2010).

A klímaváltozást általában jellemző. további fontos fogalom a bizonytalanság. A klímaváltozás, illetve az ahhoz való alkalmazkodás esetében többféle bizonytalansággal kell számolnunk. Ez származhat egyrészt információhiányból, az előrejelzések korlátaiból, másrészt pedig abból, hogy az alkalmazkodást célzó beavatkozások hatásait nem tudjuk pontosan megjósolni. A társadalmi válaszok, az emberi viselkedés előrejelzése is jelentős bizonytalanság forrása lehet (GREEN and WEATHERHEAD 2013).

1.3.2. Alkalmazkodást célzó intézkedés tipizálása

A klímaváltozás következményei mindig konkrét helyhez kapcsolódnak, a hatásterületük általában lehatárolható, ezért a hatásokra adott válaszok is leginkább helyben értelmezhetők. A hatékony intézkedések tervezéséhez elengedhetetlen a helyi adottságok, jellegzetességek és szükségletek, igények ismerete. Akár egymáshoz közeli területeken is nagyon különböző hatásai lehetnek a klímaváltozásnak (a területek eltérő kitettségéből adódóan), a válaszok pedig — amelyeket a társadalmi-gazdasági adottságok, finanszírozási lehetőségek, helyi tudás stb. meghatároznak — még ennél is változatosabb képet mutathatnak.

Különböző jellemzőik alapján csoportosíthatók az alkalmazkodáshoz kapcsolódó beavatkozások. Alapvetően elkülöníthetők a kezdeményezéseket aszerint, hogy ki, vagy mi, pontosan mihez és hogyan alkalmazkodik. Az egyéneknek, közösségeknek, vagy nagyobb társadalmi egységeknek különböző lehetőségeik vannak arra, hogy megbirkózzanak a változó klimatikus körülményekkel, vagy azok következményeivel. Alkalmazkodási kényszert nem csak maga a hatás (pl. kevesebb eső), hanem annak következménye (terméskiesés) is kiválthat (SMIT et al. 2000). Azt, hogy a gyakorlatban hogyan valósul meg az alkalmazkodás folyamata, hogyan érzük el a kívánatos állapotot további tényezők befolyásolják, melyek alapján kategorizálhatóvá válnak a beavatkozások. Többek között olyan kérdésekre keressük a választ, hogy vajon: Mi motiválja a beavatkozást? Ki, ill. kik lehetnek a kezdeményező felek? Milyen mélységű és mennyire visszafordíthatatlan a megvalósuló változás?...

Az adaptáció folyamatában először mindig két tényező azonosítása a legfontosabb, hogy ki és mihez kíván alkalmazkodni. Csak ezt követően célszerű részletesen vizsgálni a rendelkezésre álló készségeket, képességeket, lehetőségeket és az ezekhez tartozó potenciális eszköztárat adott helyre és időre vonatkozóan (SZÉCSI és CSETE 2011).

A különböző forrásokban sokféle, egymással többé vagy kevésbé átfedő tipológiával találkozhatunk. Kategóriák létrehozásának alapjául rengeteg jellemző szolgálhat. A következőkben ezek közül néhány, leggyakrabban előforduló tipizálást mutatunk be.

SMIT és szerzőtársai (2000) szisztematikus szakirodalmi

⁴A NÉS-2 a tanulmány készítésének időpontjában az Országgyűlés által még nem került elfogadásra.

⁵A CIVAS modell (Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme) az IPCC Negyedik Értékelő Jelentésén alapul, de hazai alkalmazása is ismert. A modell lehetővé teszi a különböző területek sérülékenységének vizsgálatát a klímaváltoztatás szempontjából (PÁLVÖLGYI és CZIRA 2011).

elemzések alapján elkülönítették egyrészt a spontán (autonomous) és a tervezett (planned) beavatkozásokat. Spontánnak nevezik azokat a változásokat, amelyek a rendszerben természetes módon, maguktól végbemennek, míg tervezettnak hívják azokat, amelyek valamilyen döntés eredményeképp születnek (politikai, vagy egyéb). A tervezett adaptáció mindig jól átlátható, konkrét beavatkozások, politikai döntések kapcsán jelentkeznek (UKCIP 2009), ezen belül mikro és makro jellegű különbséget is lehet tenni, a tervezés területi szintje alapján.

Az alkalmazkodást kiváltó esemény és beavatkozás között eltelt idő szerint megkülönböztet anticipatórikus és reaktív intézkedéseket. Nagyon hasonló jelentéssel más szerzők némileg eltérő tipológiát használnak. BERRANG-FORD és szerzőtársai (2011) proaktív és reaktív beavatkozásokat különböztetnek meg. A proaktív (anticipatórikus) alkalmazkodás hosszabb távú, megelőző intézkedésen alapuló beavatkozást jelent. Ezzel szemben a reaktív alkalmazkodás mindig valamilyen — gyakran időjárási szélsőségekhez kapcsolódó — már bekövetkezett eseményre reagál. Berrang-Ford és szerzőtársai (2011) a már megvalósult alkalmazkodási gyakorlatokról szóló cikkeket alapul véve ún. „alkalmazkodási profilokat” is meghatároztak munkájukban. Vizsgálataik során arra a következtetésre jutottak, hogy az alacsony jövedelmű országokban inkább a reaktív, rövid távú motiváción alapuló beavatkozások domináltak. A kezdeményezések jellemzően egyéni, vagy közösségi eredetűek, a kormányzati szereplők kevésbé vesznek részt benne. Ehhez képest a magas jövedelmű országokban gyakoribbak a proaktív, megelőző, hosszú távú tervezésen alapuló intézkedések, melyekben kezdeményezőként jelentős a kormányzatok szerepe. Ennek oka, hogy általában a kormányzati szervek rendelkeznek megfelelő szervezeti és finansziális forrásokkal a hosszan tartó intézkedések végrehajtásához. A közepes jövedelmű országokra a két előző profil keveréke a jellemző.

Az érintett terület kiterjedése alapján elkülöníthetünk lokális, regionális és országos programokat. Annak ellenére, hogy a klímaváltozás hatásai — és így az alkalmazkodás — mindig egy bizonyos helyhez kötődnek, vannak olyan területek — például a szemléletformálás — amelyek esetében releváns az országos, vagy akár a globális szint is.

Az alkalmazkodási programok tervezése során a beavatkozás szükséges mértékét jellemzően az elmúlt évek, évtizedek tapasztalatai alapján határozzák meg. Egyre gyakrabban felmerül azonban a kérdés, hogy mekkora változásokra kell felkészülnünk, az alkalmazkodásunk tervezett szintje elegendő lesz-e, hogy megküzdjünk a kihívásokkal (BERRANG-FORD et al. 2011). Más szóval szükségünk van-e radikális alkalmazkodásra az inkrementális helyett? Inkrementálisnak nevezzük az alkalmazkodást akkor, ha nem jár az eddigi tevékenységeink komolyabb megváltoztatásával, drasztikus beavatkozással. A legtöbb klímaváltozásra adott válasz ilyen (KATESA et al. 2012, LONSDALE et al. 2015). Ezzel szemben radikálisnak, vagy transzformációsának nevezzük az alkalmazkodás azon for-

máit, amelyeknek a korábbi beavatkozásoknál sokkal nagyobb az intenzitásuk, újak az adott rendszerben vagy területen, vagy jelentősen átalakítják a környezetet (KATESA et al. 2012). A radikális alkalmazkodás egy rendszer alapvető jellemzőiben okoz változást (IPCC 2014a).

Az alapján is tipizálhatjuk az alkalmazkodás gyakorlatait, hogy milyen hatással vannak más rendszerekre és célokra. Az Európai Unió — és általában minden szervezet, amely alkalmazkodással kapcsolatos ajánlásokat fogalmaz meg — az ún. „fájdalommentes” (no-regret) beavatkozásokat részesíti előnyben. Ezeket jellemzi, hogy a klímaváltozáshoz való alkalmazkodáson túl gyakran más társadalmilag hasznos célokra is szolgálnak, nincsenek konfliktusban a fenntartható fejlődés céljaival és nem okoznak visszafordíthatatlan változtatásokat a környezetben (Fehér Könyv⁶, Berrang-Ford et al. 2011, ADAME 2013). A különböző alkalmazkodási beavatkozások általában nem önmagukban, elszigetelve mennek végbe. Egy rendszer ellenálló-képességének növelése érdekében az eltérő beavatkozások együttes végrehajtására van szükség. Az alkalmazkodást célzó tevékenységek egy lehetséges útját mutatja be az 1. ábra.

1.3.3. Hazai alkalmazkodási gyakorlatok

A hazai alkalmazkodási gyakorlatok nincsenek teljes körűen feltérképezve, ezért vizsgálatuk és kategorizálásuk is nehézségekbe ütközik.

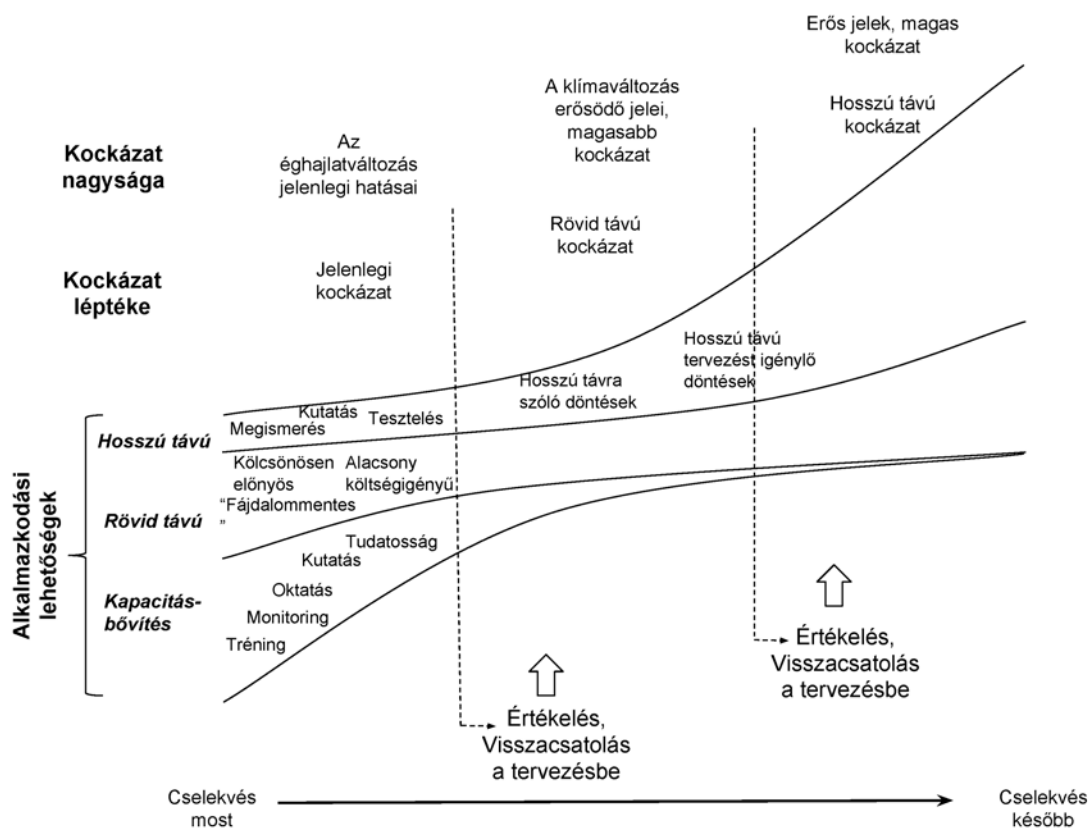
Az országos szintű klímaadaptációs kezdeményezésekről érhető el a legkönnyebben információk. Magyarország az Európai Unió tagjaként részt vesz annak alkalmazkodással kapcsolatos törekvéseiben, továbbá rendelkezik országos éghajlatváltozási stratégiával, melynek felülvizsgált változata elfogadás előtt áll (Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia).

Az országos szinthez kötődően jellemzően ágazati alkalmazkodási vizsgálatok eredményei érhetőek tetten a szakirodalomban, mint például a turizmus (CSETE és SZÉCSI 2015, CSETE et al. 2010), közlekedés (SZENDRŐ et al. 2014, CSETE et al. 2013) és az energetika, különösen az épület-energetika (HRABOVSKY-HORVÁTH et al. 2013) területén.

Térségi, regionális szemléletű esettanulmányok is fellelhetők a különféle elemzések körében. (CSETE 2007, 2009, SZÉCSI és CSETE 2011, SELMECZI et al. 2015). A hozzáférhető települési programok kapcsán is születtek olyan tanulmányok, melyek ráirányítják a figyelmet azok hiányosságaira és a továbbfejlesztési lehetőségekre. Mind az ágazati mind a térségi, települési aspektusú vizsgálatok esetében jellemző, hogy a különféle vizsgálatok a monitoring irányába, az alkalmazkodás indikátor alapú értékelése és tervezése (SZALMÁNÉ és BUZÁSI 2016) felé mozdulnak el inkább.

A települési szintű alkalmazkodási gyakorlatokról kevés adat hozzáférhető. Abban, hogy hány település foglalkozik

⁶Fehér könyv – Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé. COM/2009/0147



1. ábra. Az alkalmazkodást célzó beavatkozások egy lehetséges útja

Forrás: HUNT and WATKISS 2010 alapján saját szerkesztés

aktívan a témával támpontot nyújthatnak azok a szervezetek, amelyek a klímavédelemmel már foglalkozó önkormányzatokat tömörítik. A két legjelentősebb hazai szervezet a Klímabarát Települések Szövetsége és a Magyar Éghajlatvédelmi Szövetség. Ezen felül számos település csatlakozott a Polgármesterek Szövetségéhez is. (Covenant of Mayors for Climate&Energy) Ezen szervezetek tagsága azonban nem mutat teljes képet a „klímabarát” településekről, mert a tagság önmagában nem árulja el, hogy a településen milyen — a klímavédelem szempontjából fontos — beavatkozások mennek végbe, másrészt pedig bizonyos léteznek olyan települések, amelyek nem tagjai ezeknek a szervezeteknek, de foglalkoznak klímavédelemmel (TAKÁCS-SANTA 2008).

A civil szervezetek és helyi közösségek tevékenységeiről még nehezebb az adatgyűjtés. Sem arról nincsenek átfogó adatok, hogy mely szervezetek foglalkoznak a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás témakörével, sem pedig arról, hogy ők konkrétan milyen tevékenységeket hajtanak végre. Ezek feltárásához kiindulópontot jelenthetnek azok a gyűjtemények, amelyek a klímaváltozással rokon problémákra adott jó gyakorlatokat mutatják be (pl. KAJNER et al. 2013).

Általánosan elmondható, hogy az ismert hazai alkalmazkodási gyakorlatok nagy részben kormányzati, vagy önkormányzati kezdeményezésűek. A szakirodalom ismeretében ez annak a következménye, hogy ezek a szervezetek rendelkeznek a megfelelő finansziális és tudásháttérrel, helyi szintű

szervezőerővel. Ez lehetővé teszi számukra a hosszú távú, proaktív tervezést. A gyakorlati tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy a szükséges tudás és anyagi lehetőségek legfeljebb a nagyobb települések, városok esetében állnak rendelkezésre. A kisebb települések önkormányzatai a legtöbb esetben akkor tudnak a klímaváltozáshoz való alkalmazkodással foglalkozni, ha ilyen célokra külső források, pályázatok keretében van lehetőségük, vagy valamilyen helyi, lokálpatrióta szakember elhivatottsága válik a folyamatok mozgatórugójává és az alkalmazkodás gyakorlati megvalósításáért cselekedni hajlandó tevékeny közösség alakul ki.

Az önkormányzatok lehetőségeit az anyagi korlátok mellett a humán erőforrások, s a megfelelő speciális tudás hiánya tovább szűkítheti. Az információkhoz való hozzájutás elősegítése ezért kiemelten fontos. Ez történhet képzések, tudásmegosztás révén, de akár olyan átfogó adatbázisokhoz való hozzáférés útján is, mint a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer.

1.4. Következtetések

Az éghajlatváltozás mind globálisan és az Európai Unió szintjén, mind pedig Magyarországon kiemelten fontos kérdés, amely a mitigáció és az alkalmazkodás területén egyaránt újabb és újabb kihívások, feladatok elé állítja hazánkat. A hatékony beavatkozások megvalósításához a

két terület együttműködése szükséges. A beavatkozások sikerét tovább növelheti, ha más, társadalmilag hasznos célok elérésével összhangban történik megvalósításuk, azok gyakorlatban történő előmozdítását is elősegítve.

Az alkalmazkodásnak — amely a klímaváltozás várható hatásainak kezelését, az arra való felkészülést jelenti — megvannak a maga korlátai, főleg jelentős bizonytalanságok és gyors változások fennállása esetén. A társadalmi-gazdasági rendszerek tehetetlensége szintén leszűkíti mind a mitigációs, mind pedig az adaptációs lehetőségek számát.

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás sokféle lehet. Ahhoz, hogy a megfelelő módszert tudjuk kiválasztani, érdemes megismerni és mérlegelni a különböző beavatkozások előnyeit és hátrányait, továbbá azok kölcsönhatásait egyaránt.

1.5. A további kutatási-fejlesztési munka irányai

A hazai alkalmazkodási gyakorlatok megismerését és értékelését jelentősen megnehezíti, hogy a különböző programok nem kerültek összegyűjtésre. A területen jellemző általános információhiány felszámolására a hazai programok átfogó gyűjtésére lenne szükség.

Ezzel lehetővé válna a korábbi projektek tapasztalatainak értékelése, elemzése és nyomon követése is, ami a jövőben megvalósuló alkalmazkodási kezdeményezések, beavatkozások sikerességéhez jelentős mértékben hozzájárulhatna.

Irodalom

- ADAME 2013: Monitoring & evaluating climate change adaptation at local and regional levels. — French Environment and Energy Management Agency.
- An EU Strategy on adaptation to climate change. — Communication from the Commission, COM(2013) 216 p.
- ANTAL Z. L. 2015: Klímaparadoxonok. Lehet-e harmónia természet és társadalom között? Budapest: L'Harmattan Kiadó.
- BERRANG-FORD, L., FORD, J. D. and PATERSON, J. 2011: Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change* 21 (2011) 25–33.
- BULLA M. 2011: Sokféleség és sérülékenység. — In: PÁL T. és BULLA M. (szerk.): Sebezhetőség és adaptáció. A reziliencia esélyei. MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest. 19–31.
- COOK, J., ORESKES, N., DORAN, P. T., ANDEREGG, W. R. L., VERHEGGEN, B., MAIBACH, ED W., CARLTON, J. S., LEWANDOWSKY, S., SKUCE, A. G., GREEN, S. A., NUCCITELLI, D., JACOBS, P., RICHARDSON, M., WINKLER, B., PAINTING, R. and RICE, K. 2016: Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. — *Environ. Res. Lett.* 11 (2016) 048002
- CSETE, M. 2009: Adaptation to climate change related to sustainability at Lake Tisza. — In: IARU International Scientific Congress on Climate Change: Conference Proceedings. Copenhagen, 1–2.
- CSETE M. és HORVÁTH L. 2009: Az éghajlatváltozás kihívásai. — *Önkormányzat* 19/11–12, 34–35.
- CSETE, M. és SZÉCSI N. 2015: The role of tourism management in adaptation to climate change — a study of a European inland area with a diversified tourism supply. — *Journal of Sustainable Tourism* 23/3, 477–496.
- EEA 2015: Atmospheric greenhouse gas concentrations. — <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-4/assessment> (letöltve: 2016. 05. 31.)
- ERDŐSI F. 2010: Paradigma- és stratégiaváltás a klímapolitikában. — *Tér és Társadalom* 24/3, 41–58.
- FARAGÓ T. 2016: A párizsi klímátárgyalások eredményei. — *Magyar Energetika*, 2016/1, 8–12.
- FAZEY, I., WISE, R. M., LYON, C., CÂMPEANU, C., MOUG, P. and DAVIES, T. E. 2016: Past and future adaptation pathways. — *Climate and Development* 8/1,
- GALLOPÍN, G. C. 2006: Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. — *Global Environmental Change* 16 (2006) 293–303.
- GREEN, M. and WEATHERHEAD, E. K. 2013: Coping with climate change uncertainty for adaptation planning: An improved criterion for decision making under uncertainty using UKCP09. — *Climate Risk Management* 1, 63–75.
- HRABOVSKY-HORVÁTH, S., PÁLVÖLGYI, T., CSOKNYAI T., TALAMON A. 2013: Generalized residential building typology for urban climate change mitigation and adaptation strategies: The case of Hungary. — *Energy and Buildings* 62, 475–485.
- HUNT, A. and WATKISS, P. 2011: Method for the Adaptation Economic Assessment to accompany the UK Climate Change Risk Assessment (CCRA). — Final Report to Department for Environment, Food and Rural Affairs. Submitted by HR Wallingford Ltd, Contract CEOSA 0901. May 2011.
- IPCC 2014a: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, PACHAURI, R. K. and MEYER, L. A. (eds.)]. — IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC 2014b: Summary for policymakers. In: 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
- KAJNER P., LÁNYI A. és TAKÁCS-SÁNTA A. 2013: A fenntarthatóság felé való átmenet jó példái Magyarországon. — NFFT Műhelytanulmányok 18, Budapest.
- KATESA, R. W., TRAVISB, W. R. and WILBANKS, T. J. 2012: Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. — *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109/19, 7156–7161.
- LÁNG I., CSETE L., JOLÁNKAI M. (szerk.) 2007: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok: a VAHAVA jelentés. — Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- LONSDALE, K., PRINGLE, P., TURNER, B. 2015: Transformative adaptation: what it is, why it matters & what is needed. — UK Climate Impacts Programme, University of Oxford, Oxford, UK.

- Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia, 2015. Június. <http://www.parlament.hu/irom40/05054/05054.pdf> (utolsó letöltés: 2016.06.06.)
- PÁLVÖLGYI T. és CZIRA T. 2011: Éghajlati sérülékenység a kistérségek szintjén. – In: PÁL T. és BULLA M. (szerk.): Sebezhetőség és adaptáció. A reziliencia esélyei. MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest, 237–251.
- PÁLVÖLGYI T., CZIRA T., DOBOZI E., RIDEG A. és SCHNELLER K. 2010: A kistérségi szintű sérülékenységvizsgálat. – „Klíma” 21 füzetek 62, 88–101.
- POMUCZ A. B. és CSETE M. 2013: A különböző turisztikai kínálat típusok karbonlábnyom meghatározása a turizmus fejlesztési döntések támogatásához. – Energiagazdálkodás 54/1–2, 13–16.
- PRESTON, B. L., RICKARDS, L., FÜNGELD, H. and KEENAN, R. J. 2015: Toward reflexive climate adaptation research. – Current Opinion in Environmental Sustainability 14, June 2015, 127–135.
- SELMECZI P., CSETE M. és PÁLVÖLGYI T. 2015: Környezeti hatásokkal szembeni helyi sérülékenység vizsgálat Tata város példáján. – In: CSIGÉNY NAGYPÁL N., PRINCZ-JAKOVICS T. és GÖRÖG G. (szerk.): Fenntarthatóság – utópia vagy realitás? Program és absztraktfüzet. Budapest: BME Környezetgazdaságtan Tanszék, 2015. 45–46.
- SZALMÁNÉ CSETE, M. és BUZÁSI, A. 2016: Managing local adaptation processes in Hungary. – International Journal of Management Cases (IJMC) 18/1, 13–22.
- SZÉCSI N. és CSETE M. 2011: A turizmus szereplőinek klímaváltozáshoz való alkalmazkodása a Szentendrei Kistérségben. – „Klíma” 21 füzetek 65, 64–86.
- SZENDRŐ, G., CSETE, M. and TÖRÖK, Á. 2014: The Sectoral Adaptive Capacity Index of Hungarian Road Transport. – Periodica Polytechnica-Social and Management Sciences 22/2, 99–106.
- TAKÁCS-SÁNTA A. 2008: A települési klímaprogramok nemzetközi tapasztalatai. – In: ANTAL Z. L. (szerk.): Klímabarát települések. Elmélet és gyakorlat. Pallas Kiadó, Budapest.
- UKCIP 2009: A local climate impacts profile: how to do an LCLIP. – UKCIP, Oxford.
- WONG-PARODI, G., FISCHHOFF, B., STRAUSS, B. 2015: Resilience vs. Adaptation: Framing and action. – Climate Risk Management 10, 1–7.

AZ ÉGHAJLATI SÉRÜLÉKENYSÉGVIZSGÁLAT ELEMZÉSI- ÉRTÉKELÉSI MÓDSZERTANA

Methodological framework for climate change vulnerability assessments

SELMECZI PÁL

műszaki fejlesztő mérnök, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Nemzeti Alkalmazkodási Központ, e-mail: selmeczi.pal@mfgi.hu

PÁLVÖLGYI TAMÁS

igazgatóhelyettes, Nemzeti Alkalmazkodási Központ vezetője, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail: palvolgyi.tamas@mgfi.hu

CZIRA TAMÁS

vezető tanácsadó, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail: czira.tamas@mgfi.hu

Összefoglaló

Az éghajlatváltozás várható hatásaihoz illeszkedő alkalmazkodási tevékenységek tervezése és végrehajtása akkor lehet sikeres és eredményes, ha a térségek és települések egységes módszertan alapján értékelhetik az éghajlati sérülékenységet. Ennek támogatására, a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) kialakítása keretében, többféle tematikára dolgoztunk ki sérülékenységvizsgálati módszertant. A módszertan alapja az a CIVAS modell, amely a CLAVIER nemzetközi klímakutatási projektben került kidolgozásra. A modell lényege, hogy az éghajlati, környezeti változásokat, az azt elviselő rendszerek érzékenységét, valamint egyes hatásviselők eltérő válaszait és adaptációs képességét összevetve állapítja meg egy-egy térség sérülékenységét. A számszerűsített indikátorok segítségével az egyes térségek vagy vizsgált rendszerek összehasonlíthatók, ezek alapján hatáselemzések, sérülékenységi elemzések és alkalmazkodási elemzések végezhetők. Ezek segítségével az önkormányzatok stratégiai tervezési tevékenysége támogatható, intézkedéseik tervezhetők. Az eredmények alapján a jövőben a települések és megyék számára web alapú alkalmazkodási döntéstámogató eszköz kifejlesztésére kerülhet sor.

Abstract

An important success factor of planning and implementation of adaptation to impacts of climate change is to establish a unified, single methodological framework for climate change vulnerability assessments. In order to support this objective, a comprehensive set of methodological tools has been developed for vulnerability assessment. The theoretical basis of the methodological framework is the CIVAS model developed under CLAVIER project supported by EU-FP7. The CIVAS model integrates the exposure to climate (and other environmental) changes, the sensitivity of the physical systems and the adaptive capacity of the relevant socio-economic systems and calculates the vulnerability from these three components. On the basis of quantitative indicators, the spatial or sectoral systems become comparable and impact assessments, vulnerability assessments, adaptation analyses can be completed. The vulnerability assessments should properly support the municipal level strategic planning in identification of their optimal adaptation measures. On the basis of these results, a web-based decision making support tool should be developed.

1.1. A kutatás háttere és indoklása (célkitűzések)

A klímaváltozás a XXI. század egyik legjelentősebb, globális léptékű komplex környezeti problémája, amely az egyes térségeket, azok társadalmi-gazdasági-környezeti jellemzőinek függvényében eltérő mértékben érinti. Az elmúlt évek fontos felismerése, hogy az éghajlatváltozás elkerülhetetlen, legfeljebb annak mértéke, valamint hatásainak erőssége és térbeli differenciáltsága lehet kérdéses (PÁLVÖLGYI és CZIRA 2011), ezért nem elegendőek a megelőzésre fordított erőfeszítések, a jövőben kiemelt figyelmet kell fordítani a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásra, az alkalmaz-

kodóképesség erősítésére (SELMECZI et al. 2015). Jelenlegi ismereteink és az eddigi kutatási eredmények szerint hazánkat globális és európai léptékben is különösen erőteljesen érintik az éghajlatváltozás hatásai (IPCC 2007), amelyek Magyarországon belül is eltérő mértékben jelentkeznek az egyes térségekben. A hatások megjelenésével megerősödhetnek a meglévő társadalmi-gazdasági különbségek, növekedhet a területi differenciáltság mértéke, és adott esetben újabb súlyos társadalmi egyenlőtlenségek is kialakulhatnak (LÁNG et al. 2007).

Az éghajlati paraméterek változásának értékelése azonban önmagában nem elegendő ahhoz, hogy meghatározzuk egy adott térséget érintő változások eredményét. Olyan

vizsgálati módszertanra van szükségünk, amely a környezet állapotának változását, a hatásviselő rendszer jellemzőit és az adott térség társadalmi-gazdasági viszonyaiból fakadó alkalmazkodóképességet egyaránt figyelembe veszi, és segítségével meghatározható az éghajlati sérülékenység mértéke. Jelen közlemény célja, hogy a nemzetközi és hazai szakirodalmi források felhasználásával meghatározza az éghajlati sérülékenységvizsgálatot egységes, a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer értelmezési keretrendszerét adó elemzési-értékelési módszertanát.

1.2. Anyag, felhasznált adatok és módszer

A sérülékenységi elemzések számos szakterületen (pl. élelmiszerbiztonság, katasztrófavédelem, éghajlatváltozás) előzményekkel rendelkező módszertana azon a megfigyelésen alapul, hogy egy rendszert ért külső változás általában nem egyforma mértékben érinti a rendszer különböző szereplőit (pl. különböző régiókat, szektorokat és társadalmi csoportokat) (PÁLVÖLGYI et al. 2012). Ezen eltéréseket az alábbi tényezők okozzák:

- (a) A környezet állapotában bekövetkezett változás (SELMECZI et al. 2015), illetve a változások közvetlen tényezői (kitettség) mások lesznek az egyes térségekben. Az alacsony szélességeken például nagyobb hőmérséklet-emelkedésekre kell számítani, mint a trópusokon (Meehl et al. 2007a), és a tengerszint emelkedése eleve csak a partvidéki területeket sújtja. A csapadék mennyisége és eloszlása pedig akár egy kisebb, Magyarországnyi területen belül is eltérő módon változhat meg (PÁLVÖLGYI et al. 2012).
- (b) Eltérést eredményez, hogy az egyes térségek, ágazatok, vagy társadalmi csoportok, azaz a hatásviselők eltérő mértékben képesek elviselni a különböző változásokat (érzékenység). Könnyen belátható például, hogy a hőhullámok hatásai az idősebb korosztály számára súlyos következményekkel járhatnak, ugyanakkor a fiatalabbakat lényegesen kisebb mértékben veszélyezteti. Egyes térségekben pedig a megnövekedett csapadékmennyiség a földtani viszonyok és talajadottságok függvényében jelentős belvízhelyzetet eredményezhet, míg hasonló csapadékviszonyok között más térségekben akár a mezőgazdasági termelés hozamának javulása is bekövetkezhet.
- (c) A harmadik tényező, amely döntően befolyásolhatja egy adott térség sérülékenységét, az a változásokra adott válaszok milyensége, az a képesség, amellyel az adott térségben képesek elhárítani az éghajlat változásának következményeit (alkalmazkodóképesség). E tekintetben döntő jelentőségű lehet az egyes térségek társadalmi-gazdasági fejlettsége, illetve a fejlettség regionális különbségei. Egy hátrányos helyzetű térségben például a kedvezőtlen jövedelmi és/vagy infrastrukturális viszonyok gátolhatják az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás hatékony elősegítését célzó intézkedések megtételét (ROTÁRNÉ et al. 2016).

E három tényező megfelelő ismerete és a közöttük lévő viszony részletes feltárása, értékelése, megértése lehetőséget ad az egyes térségek éghajlatváltozással szembeni sérülékenységének meghatározására. Fontos megemlíteni ugyanakkor, hogy e tekintetben a sérülékenységvizsgálatok módszertanában megfigyelhetők különbségek az egyes kutatóhelyek, iskolák között. A NATÉR rendszer keretében tehát elsődleges szempont volt egy egységes módszertani keretrendszer kialakítása. Ennek érdekében a szakirodalmi források feltárása és vizsgálata alapján célul tűztük ki a NATÉR célkitűzéseivel való összhangja, valamint a keretrendszer kidolgozottsága okán az IPCC által meghatározott definíciók és elemzési keretrendszer (CARTER et al. 1994 ; PARRY and CARTER 1998 , CARTER et al. 2007 ; IPCC, 2012) alapján a CLAVIER¹ projekt keretében kidolgozott CIVAS modell (Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme) (CSETE et al. 2013) adaptációját (Pálvölgyi et al. 2012). A CIVAS modell célja, hogy egységes módszertani kereteket biztosítson a kvantitatív éghajlati (környezeti) hatásvizsgálatokhoz (PÁLVÖLGYI és CZIRA 2011).

1.3. Eredmények

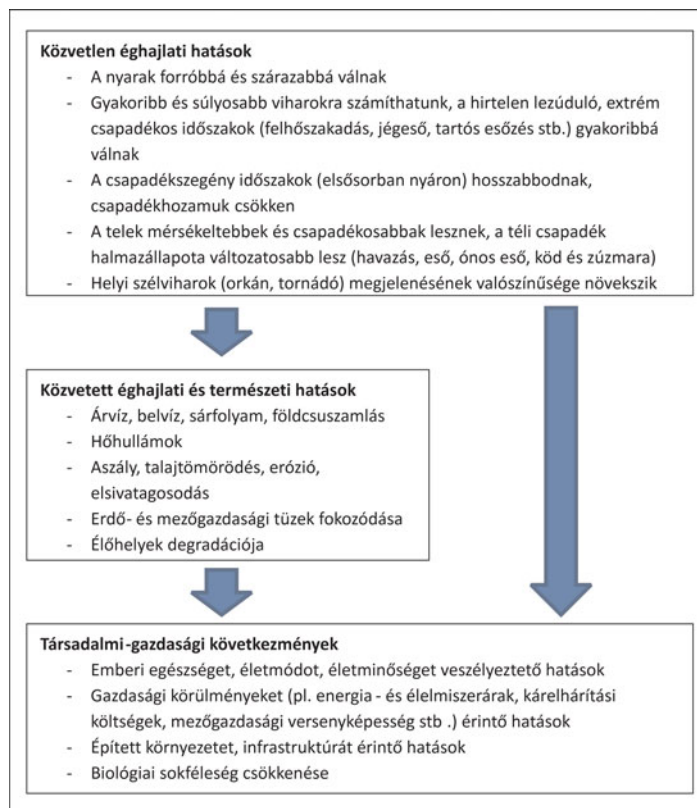
A sérülékenységi elemzések koncepciója első kialakítása óta számottevő fejlődésen ment keresztül. Ennek eredményeképpen az éghajlati sérülékenységi elemzések felépítése nem teljesen egységes, és a hatások valamint az alkalmazkodási lehetőségek értékelésére olyan elemzési útvonalak (stratégiák) is léteznek, amelyek bele sem illeszthetők a sérülékenységi elemzések fentebb említett alapszerkezetébe. Az éghajlati sérülékenységi elemzések fejlődése során kialakult legfontosabb elemzéstípusok a következők (FÜSSEL és KLEIN 2006):

– *Hatáselemzések:* ezek egy vagy több éghajlati szcenárió közvetlen hatását modellezik egy vagy több hatásmechanizmus szerint, a vizsgált objektumok esetleges alkalmazkodásának figyelembevétele nélkül. Jellemzően csak kvantitatív komponensből állnak, és gyakran a nem klimatikus tényezők is teljesen el vannak hanyagolva bennük. Ez az elemzési út az egyetlen szektoron belüli, kisebb modellezési vizsgálatok esetében a leginkább jellemző.

– *Sérülékenységi elemzések:* ezek az elemzések a várható hatások számbavételén túl már az objektumok alkalmazkodóképességét is figyelembe veszik, és ezen keresztül a sérülékenység értékelésére törekcszenek. Az éghajlatváltozás következményeinek interdiszciplináris jellegű vizsgálatai között jelenleg ez a legelterjedtebben használt elemzési stratégia.

– *Alkalmazkodási elemzések:* amíg a hatáselemzések és a sérülékenységi elemzések fő célja az egyes helyekhez, és objektumokhoz rendelhető éghajlati kockázatok minél realisztikusabb becslése, addig az alkalmazkodási elemzések célja a lehetséges alkalmazkodási (és esetenként mitigációs) stratégiák optimalizálása.

¹CLAVIER project: Climate Change and Variability: Impact in Central and Eastern Europe EU 6th Framework Programme, GOCE Contract Number: 037013 (2006–2009).



1. ábra. Közvetlen és közvetett éghajlati hatások, komplex társadalmi-gazdasági következmények

Forrás: PÁLVÖLGYI 2008a

Az éghajlati sérülékenységek elemzéseinek kidolgozásának előfeltétele az éghajlatváltozás hatásainak részletes feltárása, az éghajlati hatások komplex láncolatának (1. ábra) átfogó ismerete. Az éghajlatváltozás hatásainak láncolatát PÁLVÖLGYI és CZIRA (2011) a következőképpen írják le:

– **Közvetlen éghajlati hatások:** változás a klímaindikátorokban: Az éghajlatváltozás elsődleges megjelenési formája a regionális klímaindikátorokkal jellemezhető változások: pl. felmelegedés, csapadékváltozás, az átlagokban és a szélsőségekben jelentkező módosulások. A klímaindikátorokban várható változások számszerű értékeit általában a klímaindikátorok szolgálatják.

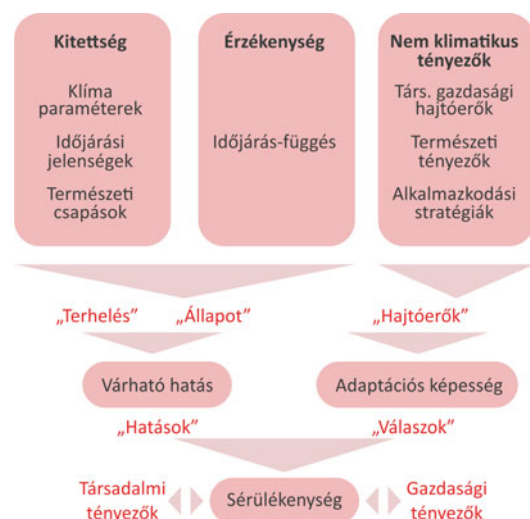
– **Közvetett éghajlati és komplex természeti hatások:** Az éghajlat megváltozása összetett — egymással is kölcsönható és a klímaindikátorokra is visszaható — helyi természeti jelenségeket generál; többek között hőhullámokat, aszályokat és árvizeket, levegő- és vízminőségromlást, élőhelyek degradációját. Lényeges, hogy a helyi hatásviselőket nem elsősorban a klímaindikátorok változása, hanem az ebből fakadó komplex természeti következmények érintik.

– **Természeti, társadalmi, gazdasági következmények:** A komplex természeti következmények „begyűrűznek” a helyi ökoszisztémákba, termelési-termelési rendszerekbe; azaz a közvetlen éghajlati hatások és a természeti rendszerekben, ökoszisztémákban fellépő közvetett hatások együttesen vezetnek kedvezőtlen társadalmi-gazdasági következményekre (pl. energia- és élelmiszerárak, emberi egészség,

épített környezet, mezőgazdasági versenyképesség, biodiverzitás csökkenés).

A sérülékenység definíciója az IPCC meghatározása szerint a következő: „a káros éghajlati hatásokkal szembeni érzékenységeknek, sebezhetőségeknek, illetve az alkalmazkodás hiányának a mértékét fejezi ki, amely egyaránt függ a rendszert érő éghajlati változások jellegétől és mértékétől, a rendszer érzékenységétől, illetve alkalmazkodóképességétől” (IPCC 2007). E meghatározáson alapul a CIVAS modellben alkalmazott megközelítés is, amelynek lényege, hogy egy adott területegység éghajlatváltozással, vagy más környezeti hatótényezővel szembeni sérülékenységét magának a hatótényezőnek a változása (kitettség), a hatásviselő rendszer érzékenysége, illetve az ezek eredőjeként fellépő várható hatások, továbbá a nem klimatikus, döntően társadalmi-gazdasági tényezőkből fakadó alkalmazkodóképesség határozzák meg.

Mint arra korábban már utaltunk, a CIVAS modell a CLAVIER nemzetközi klímakutatói projektben került kidolgozásra, struktúrája jól követi a nemzetközi környezetállapot-értékelésben széles körben alkalmazott DPSIR modellt (hajtóerő-terhelés-állapot-hatás-válasz), amely az Európai Unióban kidolgozott és elfogadott környezetértékelési vizsgálati modellt és az OECD PSR-modelljén alapul, valamint fenntarthatósági indikátorokat is alkalmaz a társadalmi-gazdasági-környezeti folyamatok leírására. A CIVAS modellben az éghajlatváltozás területi hatásait a kitettség (exposure) → érzékenység (sensitivity) → várható hatás (impact) → adaptivitás (adaptive capacity) → sérülékenység (vulnerability) kontextusban vizsgáljuk (PÁLVÖLGYI és CZIRA 2011). A CIVAS modell és a DPSIR modell közötti összefüggéseket, valamint a CIVAS modell fogalmi kereteit a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. A sérülékenységvizsgálat fogalmi keretei és a CIVAS modell elvi felépítése

Forrás: PÁLVÖLGYI 2008b

Megállapítható, hogy a sérülékenységet alapvetően a várható hatások — a DPSIR modell értelmezésében: hatások — valamint az adaptációs képesség — a DPSIR modell értelmezésében: válaszok — határozzák meg. A várható hatás mértéke függ a kitettségtől (terhelés) és az érzékenységtől (állapot), az adaptációs képességet (válasz) pedig alapvetően a nem klimatikus tényezők, társadalmi–gazdasági hajtóerők határozzák meg.

A CIVAS modellben alkalmazott fogalmak meghatározása (2. ábra) a következő (PÁLVÖLGYI et al. 2010):

– *Komplex éghajlati problémák, hatásviselő rendszerek*: A modell alkalmazásának első lépéseként meg kell határozni, hogy milyen — a társadalmi, gazdasági, környezeti térben egyaránt jelentkező — komplex éghajlati problémákkal írjuk le a kistérségi szintű éghajlatváltozást, és ezeknek „kik”, milyen rendszerek a hatásviselői.

– *Kitettség (exposure)*: Kistérségi szintű éghajlatváltozás; azaz „helyben” hogyan változik a klíma. Eltérően az érzékenységtől (amely a hatásviselőt jellemzi), a kitettség csak földrajzi helyre jellemző, amelyről adatok, információk a klímamodellekből nyerhetők.

– *Érzékenység (sensitivity)*: A hatásviselő (pl. mezőgazdaság, emberi egészség, építmények állapota) időjárásfüggő viselkedése (pl. aszályhajlam, erdőtüzkockázat). A hatásviselő rendszerek érzékenységét függetlennek tekintjük a klímaváltozástól, és elsősorban a hatásviselő rendszerre jellemző.

– *Várható hatás (potential impact)*: Az érzékenység és a kitettség kombinációja, amely egyaránt jellemző a földrajzi helyre és a vizsgált hatásviselő rendszerre (pl. mortalitással súlyozott városi hősziget hatás).

– *Alkalmazkodóképesség (adaptive capacity) és egyéb nem klimatikus faktorok*: A helyi társadalmi–gazdasági válaszok „ereje” a klímaváltozásra (például a mezőgazdasági alkalmazkodás egy formája az öntözés, amely többek között a mezőgazdasági jövedelmezőségtől függ).

– *Sérülékenység (vulnerability)*: Komplex mutató, amely a várható hatásokat kombinálja az alkalmazkodóképességgel; figyelembe veszi, hogy ugyanaz a várható hatás egy gyengébb alkalmazkodóképességű kistérségben súlyosabb következményekkel járhat.

A CIVAS modell alkalmazása során az első lépés a problémák és hatásviselő rendszerek azonosítása, valamint ezek szerepének azonosítása a helyi éghajlati sérülékenység kialakulásában. Ezt követően meg kell határozni a kitettségi és érzékenységi paramétereket, valamint az alkalmazkodóképesség tényezőit, majd meg kell határozni a várható hatás és a sérülékenységszámítási eljárását. Ezután nyílik lehetőség a konkrét indikátor értékek megadására, a számítások elvégzésére, valamint az eredmények elemzésére, értékelésére. Mindezek alapján egy olyan komplex mutatót kapunk a vizsgálataink eredményeként, amely integrálja az éghajlati paraméter változását (kitettség) a környezeti hatásviselő rendszer jellemzőit (érzékenység) valamint a társadalmi–gazdasági rendszer jellemzőit (alkalmazkodóképesség) (PÁLVÖLGYI és CZIRA 2011), így tehát az éghajlatválto-

zással — vagy egyéb környezeti hatótényező változásával — szembeni összetett, környezeti, gazdasági és társadalmi szempontokat egyaránt figyelembe vevő sérülékenységet határozhatunk meg.

1.4. Következtetések

Összességében megállapítható, hogy az IPCC megközelítésén alapuló, a CLAVIR nemzetközi klímakutatói projektben kidolgozott CIVAS modell széles nemzetközi tudományos megalapozottsággal rendelkezik. Ezt támasztja alá hogy a CIVAS modell struktúrája jól követi a nemzetközi környezetállapot-értékelésben széles körben alkalmazott DPSIR modellt (hajtóerő–terhelés–állapot–hatás–válasz), amely az Európai Unióban kidolgozott és elfogadott környezetértékelési vizsgálati módszer. A modellben az éghajlatváltozás területi hatásait a kitettség (exposure) → érzékenység (sensitivity) → várható hatás (impact) → adaptivitás (adaptive capacity) → sérülékenység (vulnerability) kontextusban vizsgáljuk, ezáltal a módszertan alkalmazásával kapott eredmények megfelelnek a sérülékenység IPCC által megfogalmazott definíciójának.

Kutatásunk eredményeként megállapítható továbbá, hogy a CIVAS modellen alapuló sérülékenység-vizsgálati módszertan alkalmas az éghajlatváltozásból fakadó változások okozta lokális és térségi sérülékenység meghatározására, ezáltal lehetőség nyílik a sérülékenység területi különbségeinek vizsgálatára, értékelésére. A bemutatott módszertan ugyanakkor nem kizárólag az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatásokban alkalmazható, hanem széles körben felhasználható a különböző környezetállapot-változásokkal szembeni sérülékenység mértékének és területi különbségeinek meghatározására is.

Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy a vizsgált módszertan megfelel a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer értékelési keretrendszerével szemben támasztott elvárásoknak, segítségével biztosíthatók a megfelelő információk az alkalmazkodási célú stratégiai tervezés és döntéshozatal számára.

1.5. A további kutatási–fejlesztési munka irányai

A sérülékenységvizsgálatokkal kapcsolatos elsődleges fontosságú feladat a megfelelő indikátorkészlet kialakítása, továbbfejlesztése. Ennek érdekében további kutatások szükségesek a kitettségi, érzékenységi és különösen az alkalmazkodóképességi indikátorok meghatározása, valamint a várható hatás- és sérülékenységszámítások számításai módszereinek továbbfejlesztése terén.

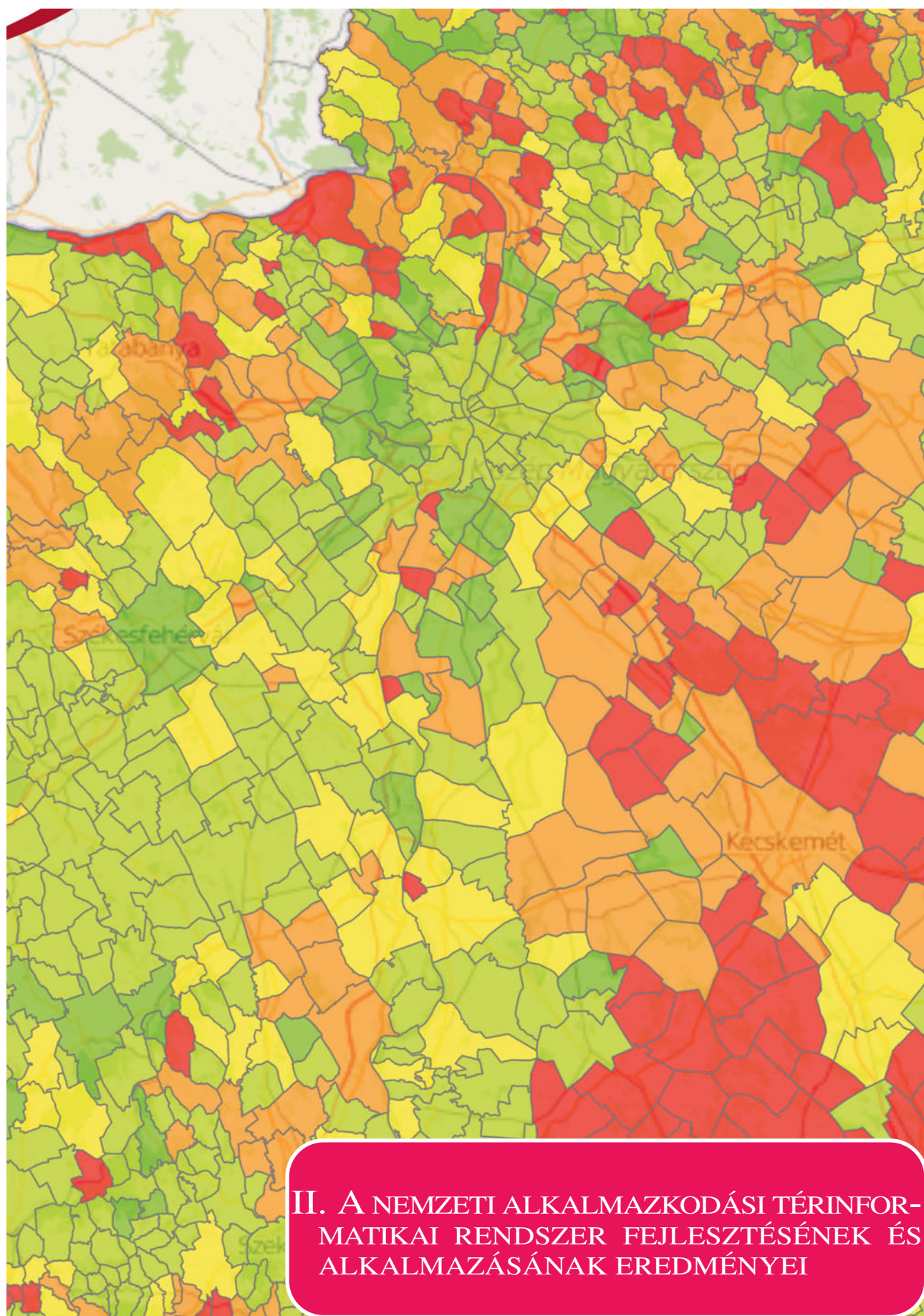
Fontos célkitűzésünk, hogy a sérülékenységvizsgálatok elvégzésre révén elősegítsük a sérülékeny térségek alkalmazkodási lehetőségeinek szélesítését, térségspecifikus alkalmazkodási stratégiai dokumentumok kidolgozását és

ezek integrálását a térségi fejlesztési tervekbe. Emellett célszerű a sérülékeny ágazatok (többek között a mező- és erdőgazdálkodás, a turizmus, az energetika, a közlekedés, az épületszektor, a telekommunikáció, a hírközlési rendszerek) rugalmas és innovatív alkalmazkodásának elősegítése, valamint az ágazat-specifikus alkalmazkodási stratégiai dokumentumok kidolgozása és integrálása az ágazati tervezésbe.

Az eredményeink alapján a jövőben a települések és megyék számára olyan web alapú, alkalmazkodási-döntéstámogató eszköz kifejlesztését tervezzük, amely a helyi és térségi éghajlati alkalmazkodási tervezést és az intézkedések végrehajtását úgy tudja megalapozni, hogy a vizsgálati eredményeket a szakemberek és a döntéshozók számára felhasználóbarát módon, közérthetően és látványosan legyen képes a NATÉR megjeleníteni.

Irodalom

- CARTER, T. R., PARRY, M. L., HARASAWA, H. and NISHIOKA, S. 1994: IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations. – Technical report. Department of Geography, University College London, UK. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Japan. 10 p.
- CARTER, T. R., JONES, R. N., LU, X., BHADWAL, S., CONDE, C., MEARN, L. O., O'NEILL, B. C., ROUNSEVELL, M. D. A. and ZUREK, M. B. 2007: New assessment methods and the characterisation of future conditions. – In: PARRY, M. L., CANZIANI, O. F., PALUTIKOF, J. P., VAN DER LINDEN, P. J. and HANSON, C. E. (eds): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, Cambridge, UK., 133–171.
- CSETE, M., PÁLVÖLGYI, T. and SZENDRŐ, G. 2013: Assessment of climate change vulnerability of tourism in Hungary. – Regional Environmental Change, ISSN 1436-3798, 13/5, Springer, 1043–1057.
- FÜSSEL, H. M. and KLEIN, R. J. T. 2006: Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. – Climatic Change 75/3, 301–329.
- IPCC 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds: PARRY, M. L., CANZIANI, O. F., PALUTIKOF, J. P., VAN DER LINDEN, P. J. and HANSON, C. E.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 976 p.
- IPCC 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [FIELD, C. B., BARROS, V., STOCKER, T. F., QIN, D., DOKKEN, D. J., EBI, K. L., MAstrandrea, M. D., MACH, K. J., PLATTNER, G.-K., ALLEN, S. K., TIGNOR, M. and MIDGLEY, P. M. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 p.
- LÁNG I., CSETE L. és JOLÁNKAI M. 2007: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. – A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.
- MEEHL, G. A., STOCKER, T. F., COLLINS, W. D., FRIEDLINGSTEIN, P., GAYE, A. T., GREGORY, J. M., KITOH, A., et al. 2007a: Global climate projections. – In: SOLOMON, S., QIN, D., MANNING, M., CHEN, Z., MARQUIS, M., AVERYT, K. B., TIGNOR, M. and MILLER, H. L. (eds): 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, UK. 747–845.
- PÁLVÖLGYI T. 2008a: Az éghajlatváltozás hatásai az épített környezetre és az infrastruktúrára. In: FODOR, I. és SUVÁK, A. (szerk.): A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében. MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs.
- PÁLVÖLGYI T. 2008b: Gazdaság, társadalom, infrastruktúra. – In: HARNOS ZS., GAÁL M. és HUFNAGEL L. (szerk.): Klímaváltozásról mindenkinek. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- PÁLVÖLGYI T. és CZIRA T. 2011: Éghajlati sérülékenység a kistérségek szintjén. – In: BULLA M. és TAMÁS P. (szerk.): Sebezhetőség és adaptáció: a reziliencia esélyei. MTA Szociológiai Kutató Intézet, 237–253.
- PÁLVÖLGYI T., CZIRA T., DOBOZI E., RIDEG A. és SCHNELLER K. 2010: A kistérségi szintű éghajlatváltozási sérülékenység vizsgálat módszere és eredményei. – „Klíma-21” füzetek 62, 88–102.
- PÁLVÖLGYI T., SELMECZI P., MATTÁNYI ZS., FANCSIK T., CZIRA T., CSETE M., SZÉPSZÓ G., CZÚCZ B., PÁHY A. és DUNKEL Z. 2012: Konceptuális és megvalósíthatósági tanulmány a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszerhez (NATÉR). – Kézirat, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest.
- PARRY, M. L. and CARTER, T. R. 1998: Climate Impact and Adaptation Assessment: A Guide to the IPCC Approach. – Earthscan, London, UK. 166 p.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., HOMOLYA E. és SELMECZI P. 2016: Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége. – Hidrológiai Közlöny. Nyomtatás alatt
- SELMECZI, P., CSETE, M. és PÁLVÖLGYI, T. 2015: Környezeti hatásokkal szembeni helyi sérülékenység-vizsgálat Tata város példáján, az eredmények alkalmazása a helyi tervezésben. – In: CSIGÉNÉ NAGYPÁL, N., PRINCZ-JAKOVICS, T. (szerk.) 2015: Fenntarthatóság – utópia vagy realitás?, Konferenciakiadvány. BME, Budapest 263–274.



A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A SEKÉLY FELSZÍN ALATTI VIZEKRE MAGYARORSZÁGON

Climate change impact on shallow groundwater conditions in Hungary

KOVÁCS ATTILA

tudományos főmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14, e-mail: kovacs.attila@mfgi.hu

MARTON ANNAMÁRIA

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024, Budapest, Kitaibel Pál u. 1, e-mail: marton.a@met.hu

TÓTH GYÖRGY

tudományos főmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14, e-mail: toth.gyorgy@mfgi.hu

SZÓCS TEODÓRA

főosztályvezető, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14, e-mail: szocs.teodora@mfgi.hu

Összefoglaló

A klímaváltozás a vízmérleg megváltozásán keresztül a felszín alatti vizek állapotát is befolyásolja. A csapadék és a hőmérséklet megváltozása közvetlenül hat az evapotranszpirációra és a beszivárgásra, és közvetetten a mesterséges vízkivételekre. Jelen tanulmány a NATÉR projekt keretében elvégzett országos léptékű talajvíz modellezés eredményeit ismerteti. A tanulmány célja a klímaváltozás sekély felszín alatti vizekre gyakorolt közvetlen hatásainak a vizsgálata volt. A projekt során kvantitatív módszertant dolgoztunk ki a talajvíz tükrök különböző klímaviszonyok mellett kialakuló eloszlásának meghatározására, melyet országos léptékben alkalmaztunk. A kialakított dinamikus, moduláris módszer során először klímazónákat és beszivárgási zónákat határoztunk le, melyekre meghatároztuk a beszivárgást egydimenziós hidrológiai modellek segítségével. A modellezett beszivárgások alkalmazásával a talajvíz országos eloszlását numerikus vízföldtani modellek segítségével határoztuk meg. A sekély felszín alatti vizek természetes állapotát mért klímamodellparaméterek felhasználásával határoztuk meg. Modell előrejelzéseket regionális klímamodell eredmények felhasználásával végeztünk három időintervallumra. A beszivárgás és a talajvíz szintek csökkenése követhető nyomon a hegyvidéki területeken mind a mért adatokból, mind pedig a klímamodell eredményekből levezetett szimulációk alapján. A jelen tanulmányban modellezett eloszlások országos léptékű pontossággal készültek, de a kidolgozott módszertan bármely léptékben alkalmazható a sekély felszín alatti vizek klímaérzékenységének vizsgálatára.

Abstract

Global climate change is impacting on shallow groundwater resources through the modification of water balance. Rainfall and temperature changes have direct influence on recharge and evapotranspiration, and indirect influence on groundwater withdrawals. Regional climate model projections indicate rising annual average temperature and decreasing annual rainfall rates in Hungary until the end of the century. The goal of this study was to develop a methodology for the assessment of direct climate impact on shallow groundwater conditions and to apply this methodology for the country-scale investigation of groundwater conditions in Hungary. The applied modular modelling methodology included the delineation of climate and recharge zones, calculation of water balances using hydrological models and the simulation of groundwater table with numerical models for various climate scenarios. Natural-state conditions were simulated based on measured climate parameters and historical groundwater level calibration data. Predictive modelling was undertaken using regional climate model projections for three time intervals. Based on model simulation results, recharge rates are expected to decrease in mountainous areas. Predictive simulations also indicate significant water level drops in elevated areas. A more subtle water level drop was simulated along foothill areas. The presented outputs are representative of groundwater conditions at the regional scale. The introduced methodology is valid for modelling climate impact on shallow groundwater resources at various scales.

1.1. A kutatás háttere és indokoltsága (célkitűzések)

A Föld édesvíz készleteinek legnagyobb része a felszín alatt helyezkedik el. A felszín alatti vizek alapvető fontosságúak mind a természetes ökoszisztémák, mind pedig az emberi társadalom működéséhez. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) által közzétett eredmények a huszonegyedik század hátralévő időszakára jelentős hőmérséklet-

emelkedést, valamint a csapadék mennyiségének és eloszlásának változását jelzik. A csapadék megváltozása közvetlenül hat a beszivárgásra, és közvetetten az öntözési és vízellátási célú vízkivételekre. A beszivárgás érzékeny a csapadékra, és kis csapadékváltozások jelentős beszivárgás-változást eredményezhetnek. A hőmérséklet emelkedése az evapotranszpiráció megnövekedésével jár, ami a beszivárgást csökkentheti. A felmelegedés továbbá jelentősen megváltoztathatja a hóval és jéggel fedett területek hidrológiai viszonyait.

Közép-Európa területén a téli és nyári átlaghőmérséklet a huszadik század során megnövekedett, ami az aszályos időszakok gyakoriságának és hosszának a megnövekedésével járt együtt (SPINONI et al. 2013). A meteorológiai mérések azt mutatják, hogy az éves átlagos csapadékmennyisége jelentősen csökkent a huszadik század folyamán. A regionális klímamodell projekciók a huszonegyedik század hátralevő időszakára 3–5 °C-os éves átlaghőmérséklet növekedést és az éves csapadékmennyiség csökkenését vetítik előre (ILLY et al. 2015). Látható, hogy a klimatikus viszonyok nemcsak jelentősen megváltoztak az elmúlt évtizedekben, de a század hátralevő évtizedeiben további jelentős változások várhatóak. Az éghajlati viszonyok intenzív megváltozása a felszín alatti vizekre is kifejti hatását, ami szükségessé tette a klímaváltozás felszín alatti vizekre gyakorolt hatásának részletes, kvantitatív vizsgálatát.

Ez a tanulmány a NATÉR projektben az országos talajvíz eloszlás modellezésére alkalmazott módszertan ismertetését, és a modellezés eredményeit tartalmazza. A projekt célja olyan módszertan kidolgozása volt, melynek segítségével a sekély felszín alatti víztükör (a továbbiakban talajvíz) különböző klímaviszonyok mellett modellezhető. A módszertan célja, hogy a klímaváltozás talajvízre gyakorolt hatását vizsgálja, és jellemezze a sekély felszín alatti vizek klímaérzékenységet.

1.2. Felhasznált adatok

A jelen tanulmányban a múltbeli klimatikus viszonyok jellemzéséhez az Országos Meteorológiai Szolgálat által az ország területére kiegészített CarpatClim-Hu (LAKATOS et al. 2013) adatbázis szolgáltatta a fő bemeneti adatokat. A CarpatClim-Hu egy homogenizált raszteres adatbázis, amelyet a Kárpát-medence klímaállomásainak adataiból állítottak elő interpolációval. Az adatbázishoz 258 klímaállomás és 727 csapadékmérő állomás adatát használták fel. Magyarország területére ebből 37 klímaállomás és 176 csapadékmérő állomás esik. Az adatbázis számos alapvető klímaméter és klímaindikátor 0,1 fokos (mintegy 10×10 km) felbontású homogenizált adathálóját tartalmazza napi, havi és éves felbontásban 1961-től 2010-ig.

A jövőbeni klímaviszonyok jellemzéséhez az Országos Meteorológia Szolgálat (OMSZ) által előállított ALADIN regionális klímamodell (ILLY et al. 2015) eredményeit használtuk fel. Az ALADIN regionális klímamodell bemenetét az ARPEGE-Climate globális általános cirkulációs modell adja, ami a Météo-France modellje. A modellezett klímaméterek alapján 3 db 30 éves időintervallumot (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100) vizsgáltunk. A klímamodell előrejelzések harminc éves átlagai alapján a vizsgált 110 éves időszak során az egész ország területén az átlagos évi csapadékösszeg 20–100 mm-es csökkenése, és az éves átlag hőmérséklet 3–5 °C fokos növekedése várható.

1.3. Módszertan

A talajvíz országos eloszlásának különböző klímaviszonyok mellett történő meghatározásához dinamikus, moduláris módszert dolgoztunk ki, amelyik az alábbi komponenseket tartalmazza:

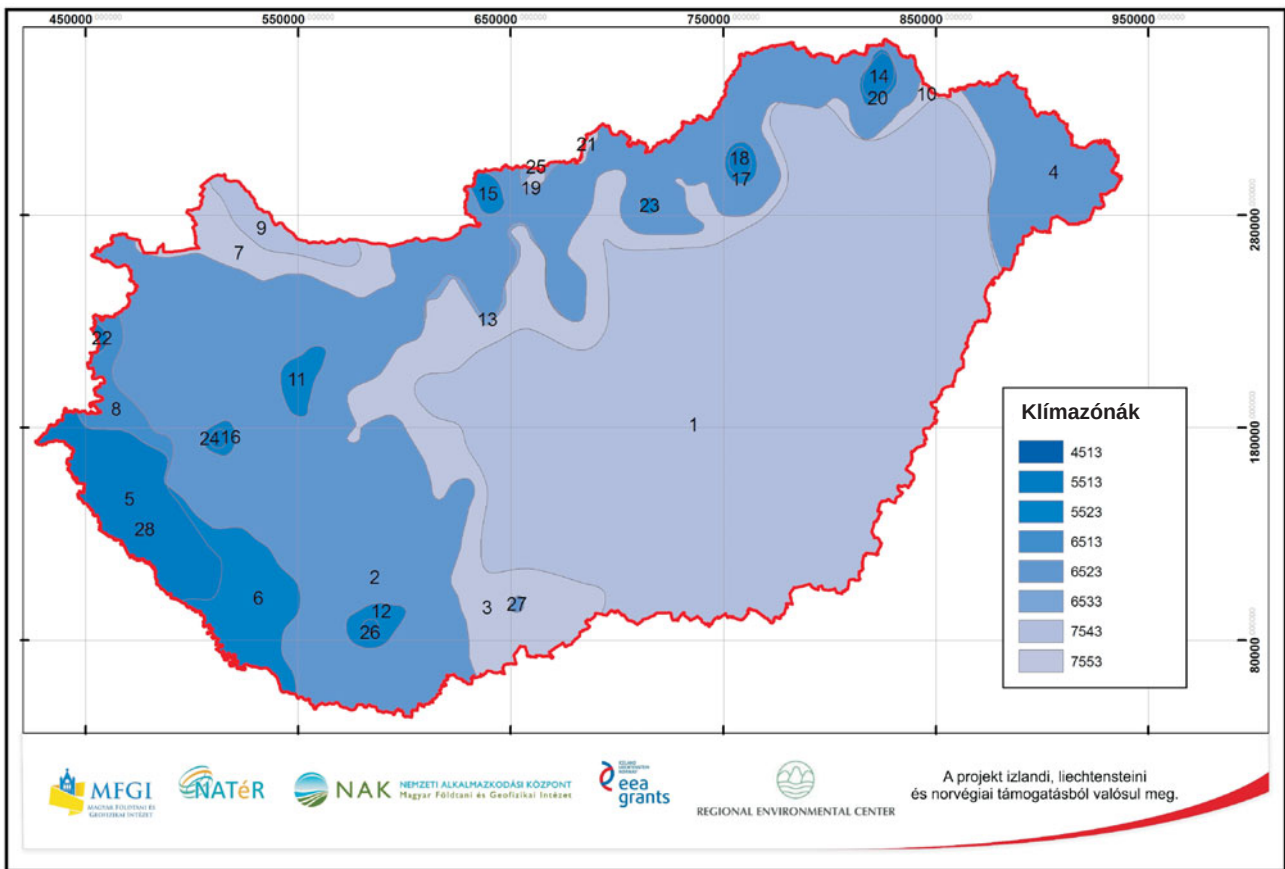
1. Klímazónák meghatározása klímaméterek országos eloszlása alapján,
2. Beszivárgási zónák lehatárolása,
3. Beszivárgás meghatározása egydimenziós hidrológiai modellek segítségével,
4. Talajvízeloszlás meghatározása numerikus vízföldtani modellek segítségével.

Vizsgálataink során területileg interpolált klímaméterek napi felbontású idősorait használtuk, melyeket a CarpatClim-Hu adatbázisból, illetve az ALADIN regionális klímamodell kimenő adataiból nyertünk ki. A klímazónákat a Thorntwaite klímazóna beosztás alapján állítottuk elő. A beszivárgási zónákat a geológia, területhasználat és lejtőszög alapján határoztuk le. A víztükör eloszlását a MODFLOW numerikus kóddal szimuláltuk.

A projekt során a talajvíz tükröt az 1961–1965, 2005–2009, 1961–1990, 2021–2050, 2071–2100 időintervallumokra, azok átlagolt klímaméterei alapján számítottuk. A múltbeli talajvíz eloszlásokat mért bemenő adatok alapján határoztuk meg. Az előrejelzéseink az Országos Meteorológiai Szolgálat által szolgáltatott ALADIN klímamodell eredményei (ILLY et al. 2015) alapján lettek szimulálva.

A klímamodell bizonytalanságai miatt megjelennek az előre jelzett beszivárgás és talajvíz eloszlásokban. A modellezés során feltételeztük, hogy a hozzáférhető adatok kezdeti 1961–1965-ös időszakában a talajvíz kvázi természetes egyensúlyi állapotban volt, ezért a bányászati vízszintsüllyesztések, illetve ivóvíz kitermelések hatásait ebben az időszakban elhanyagolhatónak tekintettük. A modellt erre a nyugalmi időszakra kalibráltuk, és az előrejelzések során ezen kalibrált modell paramétereit alkalmaztuk. Az előrejelzések a klímaváltozás hatására előálló hipotetikus vízszinteket mutatják, melyek nem tartalmazzák sem a jelenlegi, sem pedig a potenciális jövőbeni víztermelések depressziós hatásait.

A klímazónák lehatárolásának célja olyan elemi egységek előállítása volt, amelyeken belül a klimatikus viszonyokat homogénnek feltételezhetjük. A nemzetközileg elfogadott biofizikai klímaosztályozási módszerek áttekintése után a THORNTWAITE (1948) módszert értékeltük a vizsgálataink céljára alkalmasnak. Az alkalmazott számítási módszertant ÁCS és BREUER (2013) ismerteti. A Thorntwaite módszer a klíma típusokat klímaképletek formájában jellemzi. A klímaképleteket négy betű alkotja, melyeket a jelen tanulmányban négyjegyű számok helyértékeivel helyettesítettünk a könnyebb azonosíthatóság miatt. Az alkalmazott klímakódok az ÁCS és BREUER (2013) által közölt klímaképleteknek a behelyettesítésével azonosíthatók.



1. ábra. Az 1961–1990 időszakra átlagolt CarpatClim-Hu klímáparaméterek alapján meghatározott Thorntwaite klímazónák eloszlásai. A jelkulcs az alkalmazott klímakódokat, míg a számok a klímapoligonok sorszámaát mutatja.

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

A klímazónákat a 1961–1990, 1981–2010, 2021–2050, 2071–2100 időszakokra határoztuk meg átlagolt havi klímaadatok felhasználásával. A számítások grid alapú eljárással történtek, a végső zónaeloszlás vektoros formába lett átalakítva. A beszivárgást minden szimulációs időszakra és beszivárgási zónára az időben ahhoz illeszkedő klímazóna beosztás felhasználásával számítottuk ki. A CarpatClim-Hu klímáparaméter eloszlásokból számított klímazóna beosztást a 1. ábra szemlélteti.

1.3.1. Beszivárgási zónák lehatárolása

A jelen tanulmányban definiált beszivárgási zónák olyan vízföldtani egységek, melyeken belül a beszivárgási viszonyok nem mutatnak jelentős változékonyságot. A SWAT (NEITSCH et al. 2002) modellezési nomenklátúra ezeket az egységeket „Hydrological Response Unit”-ként definiálja. A beszivárgási zónákat négy adatrét (felszíni geológia, területhasználat, lejtőszög, klímátípus) szuperpozíciójaként határoztuk meg. A modellezéshez használt területhasználati beosztást az Európai CORINE (EEA 2006) adatbázis alapján állítottuk elő. A projekt igényeinek megfelelően a nagyszámú CORINE kategóriát összevonás után hat osztályba soroltuk be úgy, mint lakott területek (1),

szántó (2), legelő (3), gyümölcsös (4), erdő (5), víztestek (6).

A geológiai réteghez a MÁFI fedett földtani térképét használtuk fel (GYALOG és SÍKHEGYI 2005). A felszíni formációkat hat litológiai típusba soroltuk be, úgymint hasadozott kőzetek (10), dolomit (20), mészkő (30), finom porózus üledékek (40), durva porózus üledékek (50), felszíni vizek (60). A lejtőszög kategóriákat az 50 méteres felbontású Digitális Terepmodell alapján határoztuk meg (HM Zrinyi 2014). Két lejtőkategóriát különítettünk el. A 0–4,99 % lejtőszögű területeket lapos területnek (100), az 5 %-nál nagyobb lejtőszögű területeket lejtőnek (200) soroltuk be. A klímátípusokat az előző fejezetben tárgyalt módon, a Thorntwaite módszert alkalmazva határoztuk meg. A beszivárgási zónákat a fenti adatrétegek szuperpozíciójaként állítottuk elő. A beszivárgási zónákat ötjegyű azonosítókkal láttuk el, ahol az első és második tag a klímazónát, a harmadik a lejtőkategóriát, a negyedik a geológiát, az ötödik a területhasználatot jelzi (KOVÁCS et al. 2015).

1.3.2. Beszivárgás számítás

A talajvíz szintek numerikus modellezéséhez szükséges beszivárgási intenzitásokat egydimenziós vízmérleg mo-

dellek segítségével számítottuk ki minden egyes beszivárgási zóna típusra. A projekt során a HELP modellt (SCHROEDER et al. 1994) alkalmaztuk. A HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) egy numerikus egydimenziós modell, ami kitűnően alkalmas bármilyen talajprofil dinamikus vízmérlegének a számítására, így gyakran alkalmazzák klímaviszonyok hatásának vizsgálatára. A modell napi hőmérséklet és csapadék, havi besugárzás és, fél éves felbontású szélsőérték idősorokat használ. Ezeket az adatokat a CarpatClim-Hu és ALADIN adatbázisokból nyertük ki a Thorntwaite klímazónákra.

A klímáparamétereken kívül a HELP modellhez szükség van talajprofilok definiálására, amikre a modell egydimenziós tranziens vízmérleget számít. A beszivárgási zónák lehatárolásához használt földtani kategóriákhoz típusprofilokat rendeltünk, melyeket mintaterületeken gyűjtött szemeloszlási adatok alapján tipizáltunk. A szimulált beszivárgási idősorokat megfigyelő kutak vízszint idősoraival hasonlítottuk össze, és a talajprofilok paramétereit ezek alapján valamint mért és irodalmi beszivárgás adatokhoz „kalibráltuk”. A felszínborítottság és a lejtőszög hatását összevontan a „runoff curve number” (CN) alkalmazásával reprezentáltuk. A CN szám egy empirikus hidrológiai tényező, a direkt lefolyás meghatározására.

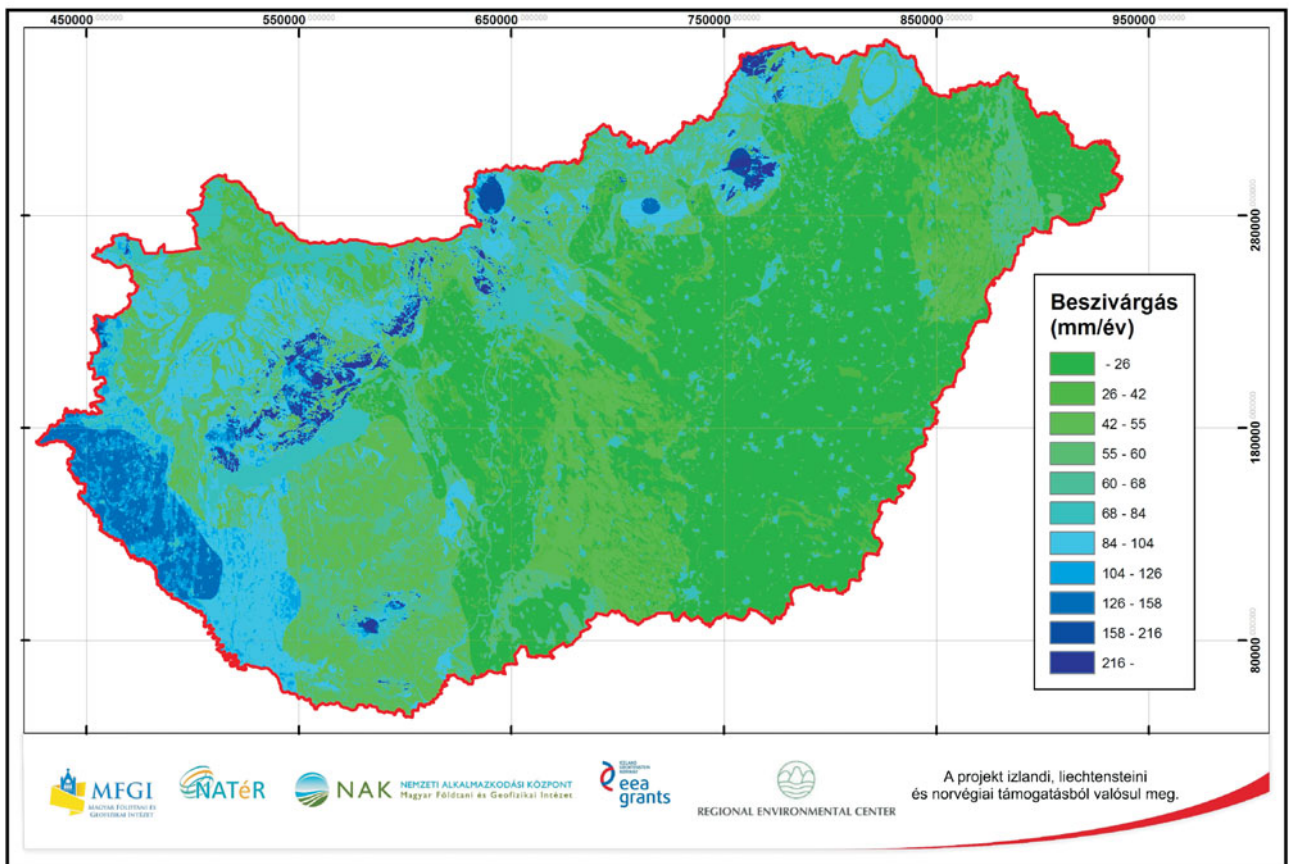
A beszivárgás számítás a teljes CarpatClim-Hu és

ALADIN adatsorra elvégeztük, majd a vizsgált öt és harminc éves időszakokra átlagoltuk a szimulált napi beszivárgás adatokat. A referencia időszakra (1961–1965) átlagolt beszivárgás eloszlást a 2. ábra szemlélteti.

1.3.3. Vízföldtani modellezés

A projekt keretei között elvégzett vízföldtani modellezés elsődleges célja a talajvíz szintek előrejelzésén keresztül a sekély víztestek klímaérzékenységeinek jellemzése volt. A klímáparaméterek változása a beszivárgás változásán keresztül a talajvíz szintjének megváltozásához vezethet, ami mind ökológiai mind pedig gazdasági szempontból jelentős változásokat idézhet elő. A jelen tanulmányban minden — közvetlen beszivárgásnak kitett — szabadfelszínű sekély felszín alatti vizet talajvíznek nevezünk, függetlenül az áramlási közeg milyenségétől (talaj, üledék, vízáadó kőzet).

A talajvíz tükör kvázi természetes állapotának — a rendelkezésre álló értékelhető kalibrációs adatokat és a bányászati aktivitást figyelembe véve — az 1961–1965-ös időszakot tekintettük. A modell kalibrációt erre az időszakra végeztük el, és a jövőbeni forgatókönyveket ezen paraméter eloszlás mellett szimuláltuk. A vízszintek előrejelzésére permanens modelleket alkalmaztunk, melyeket többéves átlagos beszivárgási viszonyok mellett szimu-



2. ábra. Szimulált beszivárgás eloszlás az 1961–1965 referencia időszakra átlagolva.

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

láltunk, feltételezve, hogy a szimulált időszak során kvázi egyensúlyi állapot alakul ki. A mesterséges víztermelések nem szerepelnek a modellben, mivel annak célja a klímaváltozás közvetlen hatásának vizsgálata volt. Emiatt az előre jelzett víztükrök hipotetikus eloszlások.

Az országos talajvíz modell előállításához a MODFLOW modellezési kódot használtuk, melyet Visual Modflow 4.6 szoftver környezetben futtattunk (Waterloo Hydrogeologic Inc., 2005). A modell célja a sekély felszín alatti vizek szimulációja volt, ezért a modellezést kétdimenziós egyrétegű modellel végeztük el. A modell országos léptékű, melyhez 250×250 méteres cellaméretet alkalmaztunk.

A modell kétdimenziós permanens jellegéből kifolyólag a transzmisszivitás eloszlást kalibráltuk. A transzmisszivitás zónák meghatározásakor a víztesteket nagyobb egységekké vontuk össze, melyeket azonos hidraulikai paraméterrel láttunk el. A modellt a sekély monitoring kutak kalibrációs időszakra átlagolt vízszintjeihez, a forrásszintekhez és a felszíni vizek átlagos vízállásához kalibráltuk. A kalibrációt a PEST autokalibrációs kóddal végeztük el. A PEST (WNC 2005) egy nem-lineáris paraméterbecslő kód, amely a Gauss-Marquardt-Levenberg módszert alkalmazza a mért és számított értékek közötti eltérés minimalizálására.

A nemzetközi modellezési irányelvek (BARNETT et al.

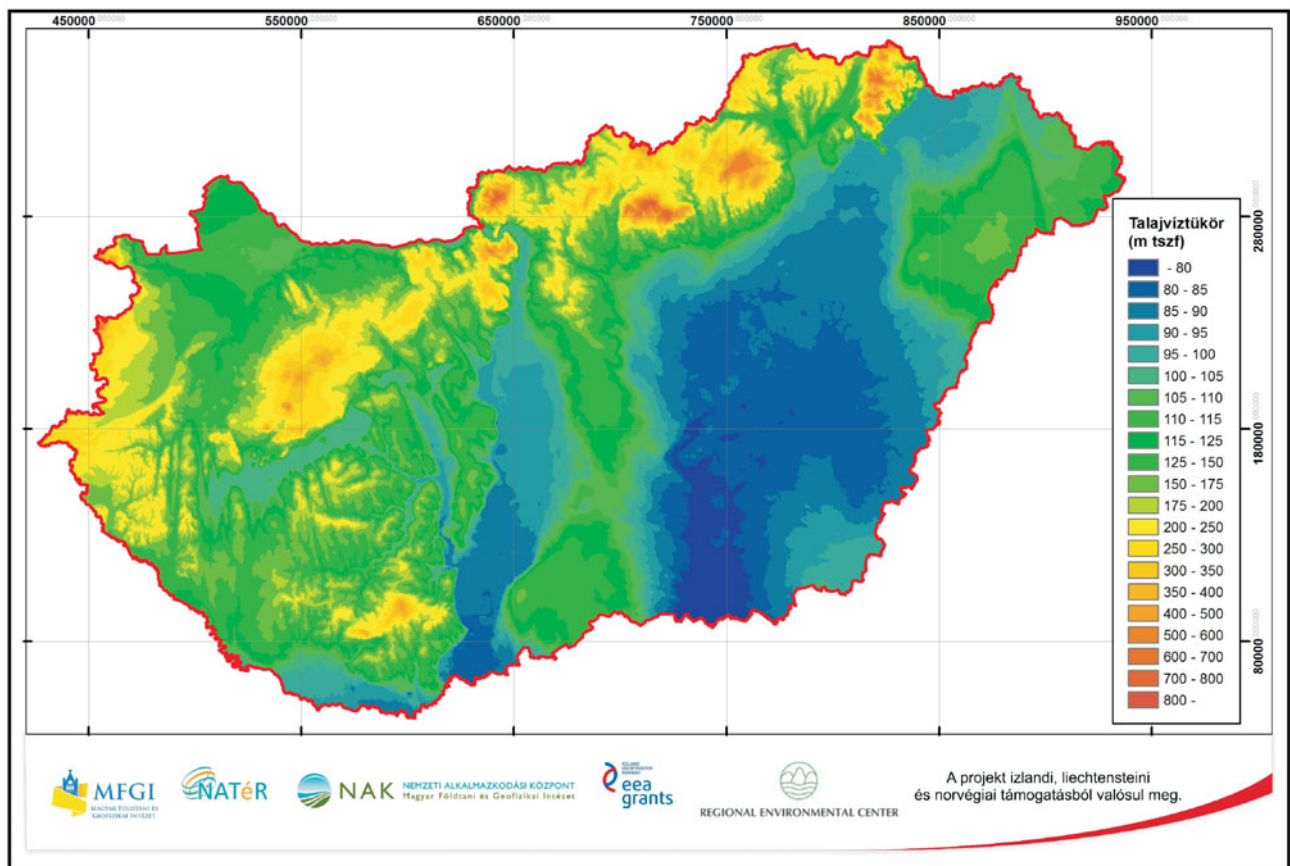
2012) regionális léptékű modellek esetén a szimuláció normált négyzetes középérték hibájára (SRMS) 10%-os hibahatárt javasolnak. Az országos talajvíz modell 3,3%-os SRMS hibája tehát elfogadható modell pontosságot jelez. Mivel a projekt elsődleges célja a módszertan kidolgozása és demonstrációja volt, a modellezés során előlegesen a módszertan következetes alkalmazására törekedtünk. A jövőbeni beszivárgás eloszlások klímamodell adatokból lettek számítva, melyek hibái átöröklődnek a vízföldtani modell eredményeibe, így a szimulált eloszlások országos léptékű, tájékoztató jellegű eloszlásnak tekintendők.

1.4. Eredmények

A talajvíz szinteket a 1961–1965 és 2005–2009 időszakokra mért (CarpatClim-Hu), valamint az 1961–1990, 2021–2050, és 2071–2100 időszakokra számított (ALADIN) klímaparaméterek alapján modellezett beszivárgás eloszlások alkalmazásával szimuláltuk.

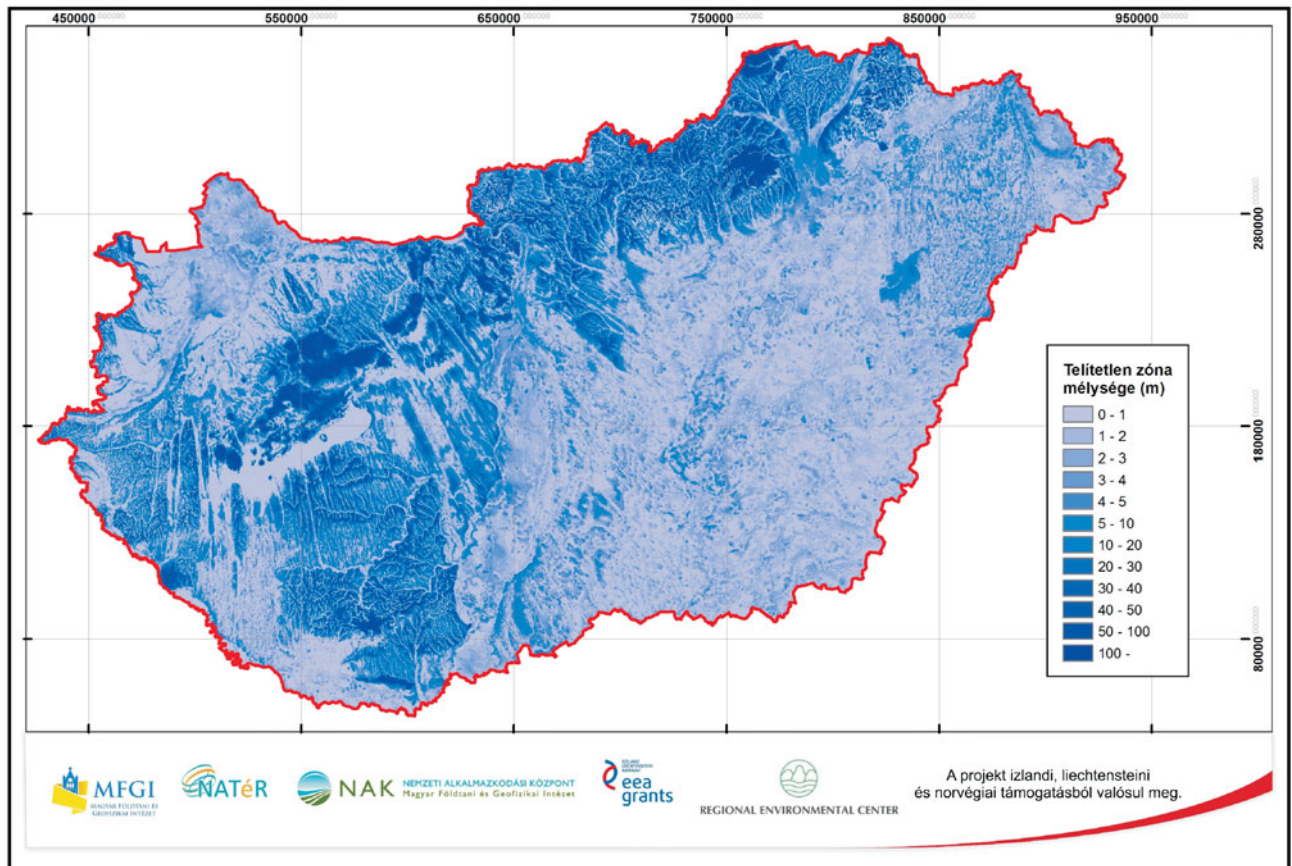
A kalibrációs időszakra (1961–1965) számított talajvíztükrö-eloszlást a 3. ábra, a telítetlen zóna számított vastagságát pedig a 4. ábra mutatja.

A klímaváltozás hatását a különböző szimulációs idősza-



3. ábra. Az 1961–1965 referencia időszakra számított talajvíztükrö-eloszlás.

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet



4. ábra. Az 1961–1965 referencia időszakra számított talajvízmélység-térkép.
 Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

kokhoz tartozó talajvíz szintek különbsége jelzi. Az 1961–1965 és 2005–2009 időszakok különbség térképe a talajvíz szintek jelentős csökkenését jelzik a hegyvidéki területeken (Északi-középhegység, Dunántúli-középhegység, Alpokalja) (5. ábra).

A klímamodell kimenetek alapján szimulált talajvíz szintekből számított különbség térképek hasonló mértékű vízszint csökkenéseket jeleznek az elkövetkező évtizedekre, habár ezek eloszlása némileg eltérő (6. ábra). A legjelentősebb csökkenések az Északi-középhegység, Dunántúli-középhegység és a Mecsek területén várhatók.

1.5. Következtetések

A talajvíz országos eloszlásának különböző klíma-viszonyok mellett történő meghatározásához dinamikus, moduláris módszert dolgoztunk ki. A kidolgozott módszertan kvantitatív kapcsolatot teremt a klímamutatók, a beszívargás és a talajvíz tükör között, melyet sikeresen alkalmaztunk a klímaérzékenység jellemzésére.

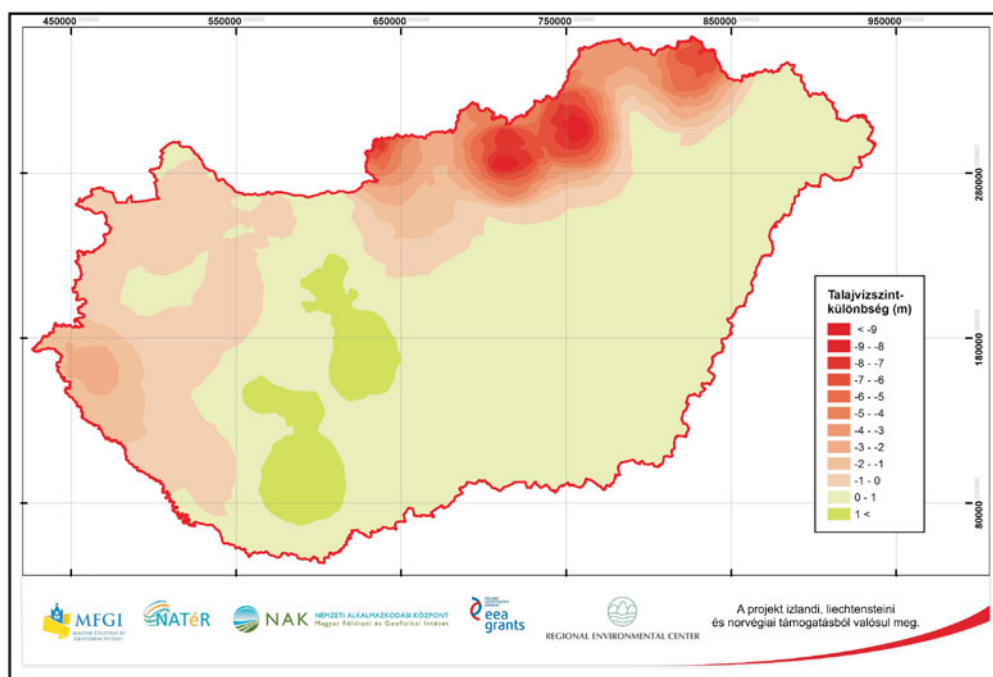
A beszívargás-modellezés alapján elmondható, hogy a beszívargás több tíz mm/éves csökkenése valószínűsíthető a hegyvidéki területeken a hatvanas évektől a kétezres évek végéig. Ez a folyamat az előrejelzések alapján a 21. század végéig tovább fog folytatódni.

A klímaváltozás hatását a különböző szimulációs időszakokhoz tartozó talajvíz szintek különbsége tükrözi. A szimulációk az elmúlt évtizedekben a talajvízszintek jelentős klíma eredetű csökkenését jelzik a hegyvidéki területeken (Északi-középhegység, Dunántúli-középhegység, Alpokalja). A csökkenés a hegyperemi régiókban kevésbé markáns.

A klímamodell kimenetek alapján elvégzett számítások hasonló mértékű talajvízszint csökkenéseket jeleznek az elkövetkező évtizedekre, habár ezek eloszlása némileg eltérő. A legjelentősebb csökkenések az Északi-középhegység, Dunántúli-középhegység és a Mecsek területén várhatók.

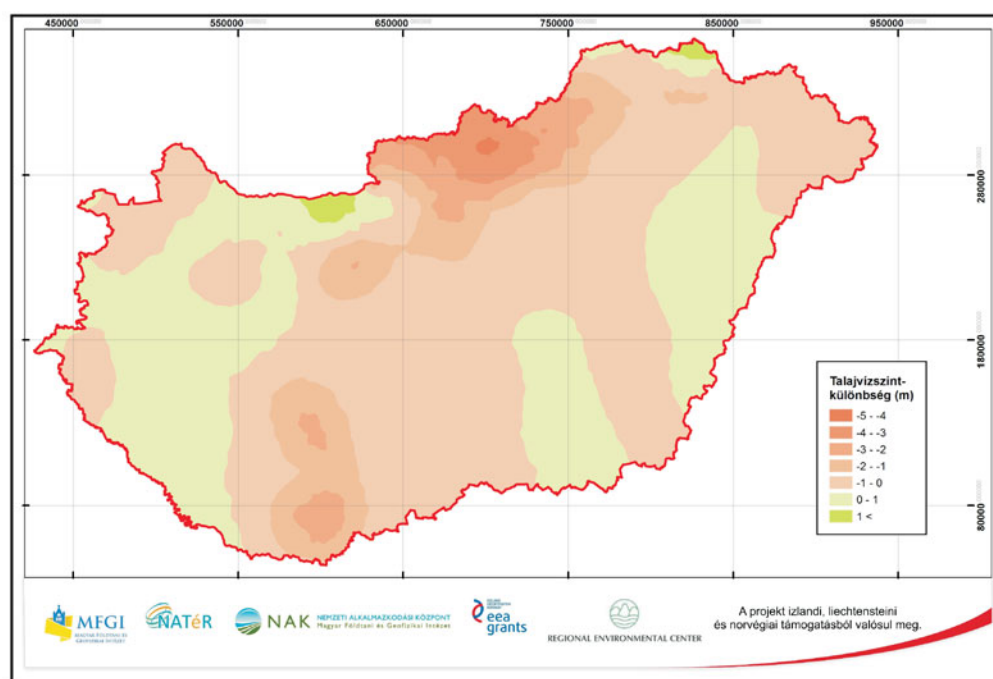
1.6. A további kutatási-fejlesztési munka irányai

Ez a tanulmány a készítése során hozzáférhető adatok alapján készült. A vizsgálatok eredményei a felhasznált adatbázisok hibáit és hiányosságait is tartalmazzák. A modellezett eloszlások országos léptékű pontossággal készültek, ezért lokális vizsgálatok céljára nem alkalmasak. A projekt során kidolgozott modellezési módszertan és eszköztár alkalmas mind frissített és kibővített bemeneti adatbázisok, mind pedig nagyobb felbontás mellett az eredmé-



5. ábra. Az 2005–2009 és 1961–1965 időszakok CarpatClim-Hu adatok alapján számított talajvíz szintjeinek különbség térképe.

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet



6. ábra. Az 2071–2100 és 1961–1990 időszakok ALADIN klímamodell kimenetek alapján számított talajvíz szintjeinek különbség térképe.

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

nyek nagyobb pontosságú előállítására, így sokrétű eszközt jelent a sekély felszín alatti vizek eloszlásának és klíma-érzékenységének a meghatározásához.

A szimulációs eredmények tovább finomíthatóak a legfrissebb regionális klíma projekciók eredményeinek alkal-

mazásával. A valós talajvíz szintek előrejelzése az indirekt hatások (öntözés, vízkivétel) előrejelzése és modellezése útján lesznek becsülhetők. Lokális léptékű vizsgálatokhoz részterületek önálló modellezése szükséges nagyobb felbontással, a kidolgozott módszertan alkalmazása mellett.

Irodalom

- ÁCS, F. és BREUER, H. 2013: Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 131 p.
- BARNETT B., TOWNLEY L.R., POST V., EVANS R.E., HUNT R.J., PEETERS L., RICHARDSON S., WERNER A.D., KNAPTON A. and BORONKAY A., 2012: Australian groundwater modelling guidelines. Waterlines Report Series No. 82. National Water Commission, ISBN: 978-1-921853-91-3
- European Environment Agency 2006: Corine Land Cover raster data. Downloaded from the world wide web at <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster>
- GYALOG L. és SÍKHEGYI F. 2005: Magyarország földtani térképe, M=1:100 000. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- ILLY, T., SÁBITZ, J., SZABÓ, P., SZÉPSZÓ G. és ZSEBEHÁZI, G. 2015. A klímamodellekből levezethető indikátorok alkalmazási lehetőségei. – Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 2015. június.
- KOVÁCS, A., SZŐCS, T., TÓTH, GY., MARTON, A., KUN, É. és KERÉKGYÁRTÓ, T. 2015: A talajvíz klímaérzékenységének modellezése a NATÉR projekt keretei között. – NATÉR projekt jelentés, MFGI, Budapest.
- LAKATOS, M., SZENTIMREY, T., BIHARI, Z., and SZALAI, S. 2013: Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. – Időjárás, Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service 117/1, 143–158.
- NEITSCH, S. L., ARNOLD, J. G., KINIRY, J. R., SRINIVASAN, R. and WILLIAMS, J. R. 2002: Soil & Water Assessment Tool. – Grassland, Soil & Water Research Laboratory, Temple, Texas.
- SCHROEDER, P. R., AZIZ, N. M. and ZAPPI, P. A. 1994: The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model: User's Guide Version 3, EPA/600/R-94/168a, U.S Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Washington D.C.
- SPINONI, J., ANTOFIE, T., BARBOSA, P., BIHARI, Z., LAKATOS, M., SZALAI, S., SZENTIMREY, T. and VOGT, J. V. 2013: An overview of drought events in the Carpathian Region in 1961–2010. – Adv. Sci. Res. 10/1, 21–32.
- THORNTHWAITE, C.W. 1948: An approach toward a rational classification of climate. – Geogr. Review 38, 55–93.
- Waterloo Hydrogeologic Inc., 2005: Visual MODFLOW v.4.1 User's Manual 02/05.
- Watermark Numerical Computing Inc. 2004: PEST: Model Independent Parameter Estimation. User Manual: 5th Edition.

IVÓVÍZBÁZISOK KLÍMAVÁLTOZÁSSAL SZEMBENI SÉRÜLÉKENYSÉGÉNEK VIZSGÁLATI MÓDSZERE

*Methodological framework of climate change vulnerability assessment of
drinking water resources*

ROTÁRNÉ SZALKAI ÁGNES

tudományos munkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Vízföldtani Főosztály, e-mail: szalkai.agnes@mfgi.hu

SELMECZI PÁL

műszaki fejlesztő mérnök, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Nemzeti Alkalmazkodási Központ, e-mail: selmeczi.pal@mfgi.hu

HOMOLYA EMESE

tudományos segédmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Nemzeti Alkalmazkodási Központ, e-mail: homolya.emese@mfgi.hu

Összefoglaló

Az éghajlatváltozás hatásai, a szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribb megjelenése, illetve a jövőben várható további változások szükségessé teszik, hogy ivóvízbázisaink biztonsága érdekében meghatározzuk azok klímásérülékenységét. A NATÉR projekt keretében kísérletet tettünk az ivóvízbázisok klímásérülékenység-vizsgálati módszertanának kidolgozására, illetve egy olyan térinformatikai elemeket tartalmazó adatrendszer felépítésére, amely segíti az alkalmazkodási képesség fokozását, illetve a kedvezőtlen hatások csökkentését. A kidolgozott módszertan lehetőséget nyújt arra, hogy a döntéshozók számára átfogó információt nyújthassunk az éghajlatváltozás ivóvízbázisokat érintő hatásairól, ezáltal pedig elősegítsük az alkalmazkodási és fenntarthatósági szempontok figyelembe vételét az ágazati és térségi stratégiai tervezésben.

Abstract

Impacts of climate change, including extreme weather conditions that are expected to occur more frequently in the future, may affect our drinking water resources considerably. Therefore, in order to protect our natural drinking water supplies, analysis of their vulnerability to climate change has become essential. Our work covers analyses of climatic parameters describing aridity conditions and water budget, in addition to the hydrogeological characteristics of the geological media in different regions throughout the country. Effects on drinking water resources and their reduction or exclusion may imply societal and economic consequences; therefore we extended the analyses with the investigation of possibilities concerning the adaptation capacity to changed conditions. The methodology we built up provides a basis for the objective evaluation of the potential hazards on drinking water resources brought about by climate change, thereby fostering the efforts made towards working up the appropriate adaptation strategies.

1.1. A kutatás háttere és indokltsága (célkitűzések)

Magyarország ivóvízkészletének 95%-a felszín alatti vizekből származik, ezért a felszín alatti vizek jelentősége az ivóvízellátásban kiemelkedő. Az elsősorban öntözővíz szempontjából fontos talajvizeken kívül a síkvidékek alatt húzódó üledékes mélymedencék jelentős rétegvíz készlete egyúttal legnagyobb ivóvízkészletünk is. Középhegységeink karsztvizei szintén a felszín alatti vizek fontos részét képezik, egyes régiókban pedig az ivóvizek fő forrását jelentik. Mind a jelenlegi, mind a távlati ivóvízellátás szempontjából hazánkban a felszíni és felszín alatti vizek határeseteként jelentkező parti szűrűs rendszerek kiemelt szerepet töltenek be.

A szélsőséges időjárási viszonyok a múltban számos esetben okoztak problémát az ivóvízellátásban. Nyári száraz időszakokban a csökkent vízkészletek és az egyidejűleg

jelentkező magasabb vízigény hatására egyes területeken vízhiány alakult ki, amely gyakran vízkorlátozásokhoz vezetett. Más esetben a csapadékos időjárás hatására kialakult árvizek, illetve karsztárvizek miatt a fertőzésveszély elkerülése érdekében kellett egy-egy vízbázist időszakosan kikapcsolni a vízellátásból.

A szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribb megjelenése, illetve a jövőben várható további változásokból adódóan szükségessé vált a klímaváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatásának részletes vizsgálata. A Víz Keretirányelv által előírt, hétévente felülvizsgálandó vízgyűjtő-gazdálkodási tervek részét képezi a változó klimatikus viszonyok figyelembevétele, azonban a részletes vizsgálatok, illetve az intézkedéseket megalapozó célirányos adatrendszerek eddig nem álltak rendelkezésre.

A NATÉR projekt keretében, a projekt egyik részfeladataként végzett kutatás során célunk az ivóvízbázisok klímásérülékenységének meghatározása és jellemzése volt. A

klímaváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatása területileg eltérő, amely az éghajlati-, földtani-, vízföldtani adottságok függvénye. A projekt keretében feladatunk tehát a várható klímaváltozás ivóvízbázisokat leginkább érintő éghajlati elemeinek, valamint az ivóvízbázisok sérülékenységét nagymértékben meghatározó földtani közeg, azon belül a vízföldtani sajátosságok jellemezése. Az ivóvízbázisokra gyakorolt hatás, illetve ennek csökkentése és kiküszöbölése társadalmi-gazdasági következményeket vonhat maga után. Vizsgálatainkat ezért kiegészítettük a megváltozó körülményekhez történő alkalmazkodási lehetőségek jellemzésével. Munkánk során olyan térinformatikai elemeket tartalmazó adatrendszer felépítésére került sor, amely segíti az alkalmazkodási képesség fokozását, illetve a kedvezőtlen hatások csökkentését.

1.2. Módszertan

A vízbázisok klímásérülékenységének jellemzéséhez a CLAVIER nemzetközi klímakutatási projektben kidolgozott CIVAS modellt (Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme) alkalmaztuk (PÁLVÖLGYI et al. 2008). A térségi kitettség, érzékenység és alkalmazkodóképesség együttes értékelésén alapuló CIVAS modell egységes módszertani kereteket biztosít a kvantitatív éghajlati hatásvizsgálatokhoz, segítségével jellemezhető a klímásérülékenység, amelyet jelen tanulmány keretében az ivóvízbázisokra, illetve a települések ivóvízellátására végeztünk.

lési vizsgálati modell) modellhez hasonló elvet követ (PÁLVÖLGYI et al. 2010). A CIVAS modell ugyanakkor nem kizárólag az éghajlatváltozás hatásaival szembeni sérülékenység vizsgálatára alkalmas, széles körben felhasználható a környezeti állapotban bekövetkezett különböző változások okozta sérülékenység vizsgálatához is (SELMECZI et al. 2015).

A CIVAS modell alapján az éghajlatváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatásait tehát a kitettség (exposure) → érzékenység (sensitivity) → várható hatás (potential impact) → alkalmazkodás (adaptive capacity) → sérülékenység (vulnerability) kontextusban vizsgáltuk, ezáltal a várható környezeti változásokon túl figyelembe vettük a közvetetten eredményezett társadalmi-gazdasági folyamatokat is.

Más, emberi tevékenység által okozott, a klímaváltozástól független hatások hasonló jelenségeket eredményeznek, a két folyamat együttes érvényesülése esetén nehezen szétválasztható. A víztermelések által kiváltott felszín alatti vízszintváltozások, illetve a vízminőségben egyéb, emberi hatásra bekövetkező változások a klímaváltozás hatásaival együttesen, egymást felerősítve érvényesülnek. Az egyéb antropogén hatásokat tehát a klímásérülékenységi vizsgálatok keretében figyelembe kell venni. Ennek megfelelően klímásérülékenységi vizsgálatunk során a CIVAS modell módosított változatát (1. ábra) alkalmaztuk, amelynek elemeit az alábbiak szerint határoztuk meg.

(a) A *kitettség* a klíma várható változását, illetve ennek jellemzését foglalja magába. Csak földrajzi helyre jel-



1. ábra. A módosított CIVAS modell alkalmazása a vízbázisok klímáérzékenységi és -sérülékenységi vizsgálata során.

Forrás: PÁLVÖLGYI et al. 2010 alapján ROTÁRNÉ et al. 2015

A CIVAS modell az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület Negyedik Értékelő Jelentésében (IPCC 2007) közölt megközelítésen alapul. A CIVAS modell a környezeti állapotértékelésben széles körben alkalmazott DPSIR2 ("Driving Force – Pressure – State – Impact – Response" az Európai Unióban kidolgozott és elfogadott környezetértéke-

lemző, amelyről adatok, információk a korábbi meteorológiai mérési adatsorokból, illetve klímamodellekből nyerhetők.

(b) Az *érzékenység* a hatásviselő rendszer (esetünkben az ivóvízbázisok) azon sajátosságainak összessége, amely megmutatja, hogy a hatásviselő rendszer milyen

mértékben változik meg a klímaváltozás hatására. A hatásviselő rendszerek érzékenysége független magától a klímaváltozástól, elsősorban a hatásviselő rendszer környezeti, illetve fizikai paramétereiből tevődik össze, ami az ivóvízbázisok esetében a földtani, vízföldtani adottságokból vezethető le.

(c) Az *egyéb antropogén hatások* a felszín alatti vizek mennyiségében és minőségében a klímaváltozás hatásától függetlenül, az emberi tevékenység hatására bekövetkező változásokat foglalják magukba.

(d) A *várható hatás* a kitettség, az érzékenység és az egyéb emberi hatások kombinációja, amely egyaránt jellemző a földrajzi helyre és a vizsgált hatásviselő rendszerre.

(e) Az *alkalmazkodóképesség* nem klimatikus tényező, a helyi társadalmi–gazdasági válaszokat fejezi ki a klímaváltozással, illetve annak kedvezőtlen hatásaival szemben. Ivóvízbázisok esetében a társadalmi, gazdasági tényezőknél kívül fontos szerepet kapnak a műszaki tényezők, amelyek a megváltozott körülmények között az ivóvíz szolgáltatás biztonságát, illetve változatlan szintű biztosítását teszik lehetővé.

(f) A *sérülékenység* komplex mutató, amely integrálja a kitettséget (azaz egy adott helyen az éghajlat várható megváltozását), az éghajlati érzékenységet (azaz egy adott helyen a természeti környezet éghajlatváltozás által érintett fizikai jellemzőit), valamint az alkalmazkodóképességet (azaz a társadalom és a gazdaság kedvezőtlen változásokat enyhítő erejét).

Az alkalmazkodóképesség vizsgálatához, illetve az alkalmazkodási indikátorok meghatározásához közvetlenül az ivóvízbázisok üzemeltetőjétől származó információra volt szükségünk, ezért egy kiválasztott mintaterületre vonatkozóan — a Duna Menti Regionális Vízmű Zrt. (DMRV) üzemeltetési területére — végeztük el a klímasérülékenység vizsgálatát. A mintaterület kiválasztásánál fontos szempont volt az is, hogy az üzemelő vízbázisok között valamennyi típusú vízbázis reprezentálva legyen.

1.3. Eredmények

1.3.1. A kitettség meghatározása

A felszín felett zajló légköri folyamatok többnyire csak közvetett hatással vannak a felszín alatt elhelyezkedő vízbázisokra, a klímaváltozás ezért a felszín alatti vizek készletváltozásában, illetve a felszín alatti áramlási rendszerek paramétereinek változásában, mint következmény lép fel. A légkör és a felszín alatti vizek közötti kapcsolat a beszívargás és a megcsapolás — az evapotranszspirációval együtt — folyamataiban nyilvánul meg. Az ivóvízbázisok klímaváltozásnak való kitettségét ennek megfelelően azoknak a meteorológiai elemeknek a változékonysága és várható jövőbeli alakulása jelenti, amelyek ezeket a folyamatokat döntően meghatározzák. Ilyen tényezők a csapadék változékonysága, valamint a csapadékhullást megelőző időszakban

az adott talajzónából történő párolgás, illetve párologtatás, mely utóbbi nagyrészt a hőmérsékletváltozás függvénye.

A felszín alatti ivóvízbázisok sajátos formáját képezik a partiszűrűsű rendszerek, amelyek kitettségét elsősorban nem a helyi meteorológiai viszonyok, hanem az utánpótlás szempontjából érintett folyó vízgyűjtő területén tapasztalható éghajlatváltozás befolyásolja. Ezen vízbázisok kitettségét a felszíni vízfolyások vízjárásában bekövetkező változások jellemzésével adtuk meg.

A kitettség meghatározása céljából olyan éghajlati indikátorokat alkalmaztunk, amelyek jól jellemzik a vizsgált területnek a talajvíz-utánpótlás szempontjából releváns jelenlegi, valamint a jövőben várható éghajlati jellegzetességét és annak változékonyságát. Elemzésünk során négyféle indikátorral dolgoztunk, melyeket a vizsgálat célja, valamint a szükséges háttéradatbázis elérhetősége alapján választottunk ki. A csapadék és a potenciális evapotranszspiráció hányadosaként értelmezett ariditási index, valamint a módosított Pálfai-féle aszályindex mellett vizsgálatunk kitért a téli és a nyári hidrológiai félévi csapadékmennyiségek arányának, valamint a klimatikus vízmérleg elemzésére.

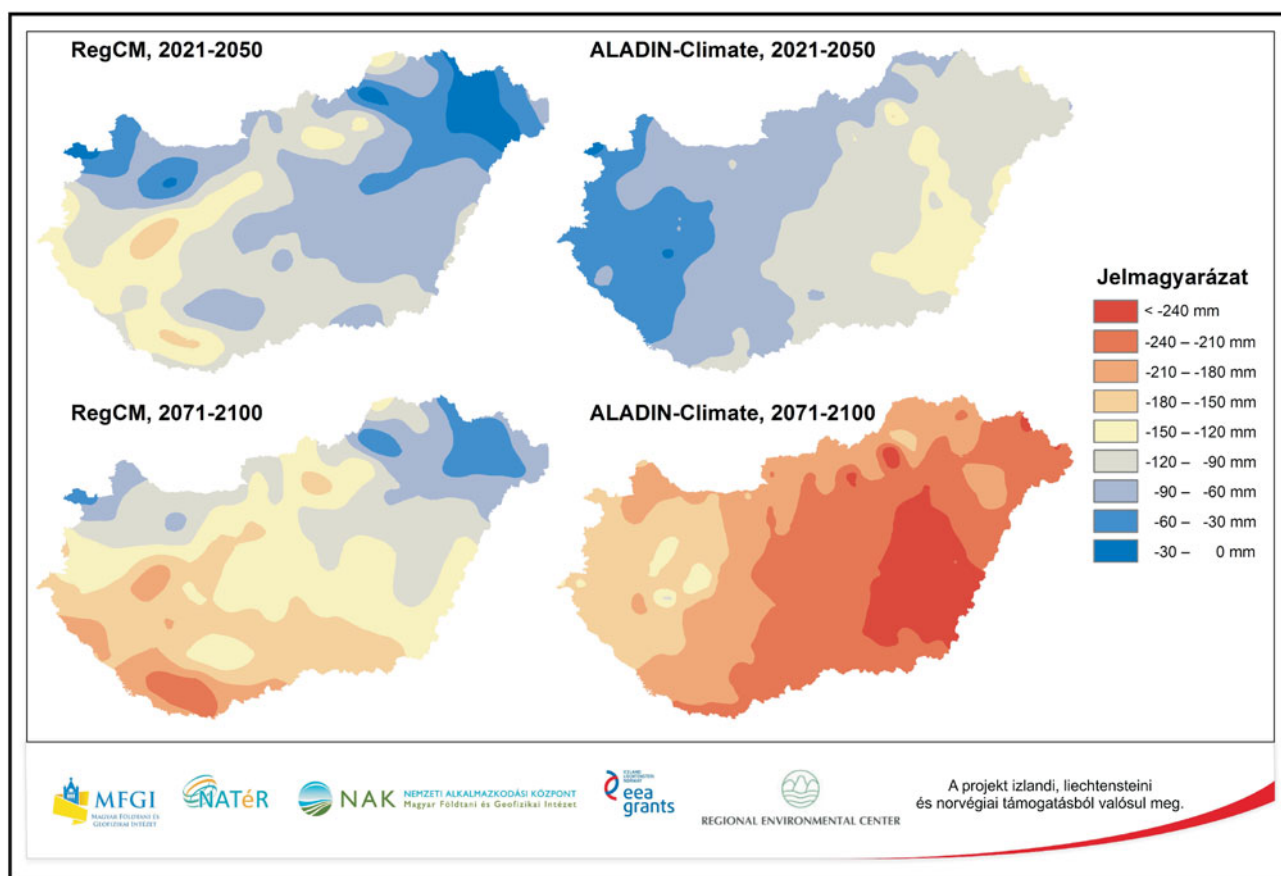
A továbbiakban az egyes területek vízellátottságát jól jellemző klimatikus vízmérlegre vonatkozó eredményeinket ismertetjük. Elemzésünkben a klimatikus vízmérleg az évi csapadékösszeg és az évi összes potenciális evapotranszspiráció különbségeként áll elő, ahol a potenciális evapotranszspirációt Thornthwaite módszere alapján számítottuk ki (Ács et al. 2013). Pozitív előjelű vízmérleg mellett csapadéktöbblet, ellenkező esetben jobbra a csapadék hiánya jellemzi a vizsgált területet.

Az 1961–1990 referencia időszakban az ország legnagyobb részén az átlagos éves vízmérleg negatív, vagyis az elpárologtatható víz mennyisége meghaladja a lehulló csapadékét. A legjelentősebb vízhiány az Alföld középső területeit érinti, a tengerszint feletti magasság emelkedésével a vízmérleg egyre inkább a pozitív értékek felé tolódik el.

A várható jövőbeli változások területi eloszlását szemlélteti a 2. ábra, az elemzésben felhasznált két klíma-modell adatai alapján. A két különböző klíma projekció egységesen a vízmérleg negatív irányú eltolódását vetíti előre az ország egészére. A vízellátottság legnagyobb mértékű csökkenését az ALADIN-Climate modell az Alföld keleti részére, a RegCM modell ezzel szemben délnyugatra helyezi. A legkevésbé érintettek a szimulációk alapján a nyugati, északi, észak-nyugati területek. A szárazodás az idővel egyre intenzívebben jelentkezik, a század végére a vízmérlegben bekövetkező negatív irányú változás helyenként akár a 200 mm-t is meghaladhatja.

1.3.2. Ivóvízbázisok klímaérzékenysége

A különböző földtani környezeteket reprezentáló hidrológiai rendszerek más-más éghajlati elem változékonyságára érzékenyebbek. A vízbázisok eltérő klímaérzékenysége a magában foglaló hidrológiai rendszerek alapján



2. ábra. A klimatikus vízmérleg várható változása a 2021–2050, valamint a 2071–2100 időszakokra a RegCM, illetve az ALADIN-Climate adatok alapján.

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

klíma-érzékenységi kategóriákba sorolható. A kategóriák kialakításakor figyelembe vettük a vízbázist meghatározó vízadó képződmény hidrogeológiai jellegét és porózus vízbázisok esetében a vízadó mélységét. Karsztos vízadók esetében fontos szempont volt a karsztjáratok jellege, a fedő üledékek vastagsága, illetve a közvetlen beszivárgási területet jelentő nyíltkarsztos területekkel való hidraulikai kapcsolat. Partiszűrősű rendszerek esetében a felszíni

vízből történő utánpótlódás mértéke volt meghatározó. Az érzékenységi kategóriákhoz hozzárendeltük a klíma-érzékenység mértékét, amelyben négy kategóriát különítettünk el (1. táblázat).

Az üzemelő vízbázisok adatbázisa, az egyes vízbázisokhoz tartozó kutak adatai, a rendelkezésre álló vízbázis diagnosztikai vizsgálatok, illetve az ezek keretében elkészült áramlási modellezések eredményeinek áttekintésével

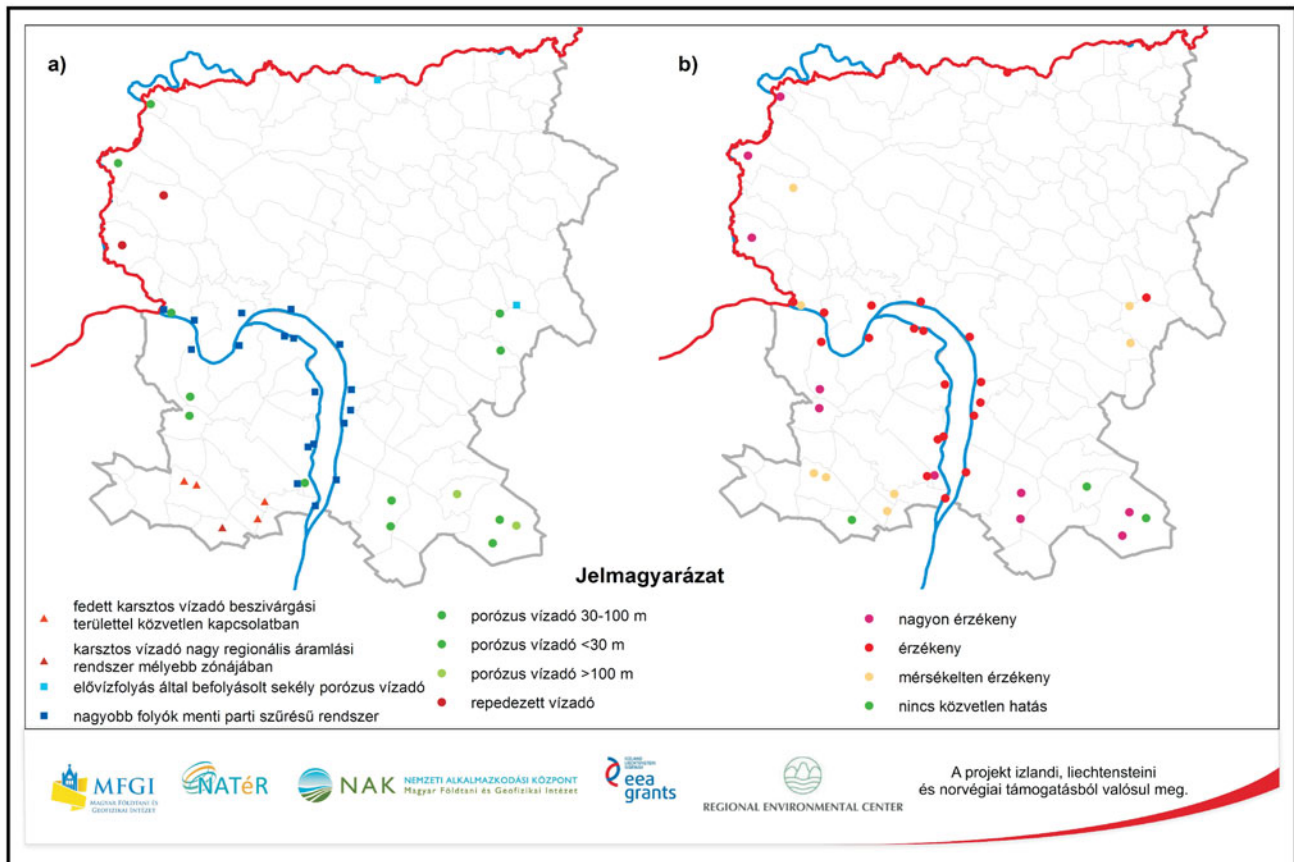
1. táblázat. Vízbázisok klímaérzékenységi kategóriái

Forrás: ROTÁRNÉ et al. 2015

Vízadó típusa	Klímaérzékenységi kategória	Klímaérzékenység mértéke
Porózus vízadó	porózus vízadó <30 m	nagyon érzékeny
	porózus vízadó 30–100 m	mérsékelten érzékeny
	porózus vízadó >100 m	nincs közvetlen hatás
Karsztos vízadó	járatos karsztos vízadó	nagyon érzékeny
	nyíltkarsztos vízadó beszivárgási területtel közvetlen kapcsolatban	érzékeny
	fedett karsztos vízadó beszivárgási területtel közvetlen kapcsolatban	mérsékelten érzékeny
	karsztos vízadó nagy regionális áramlási rendszer mélyebb zónájában	nincs közvetlen hatás
Parti szűrősű rendszerek	nagyobb folyók kavicsteraszán kialakított parti szűrősű rendszer	érzékeny
	kisebb folyók allúviumán elhelyezkedő, részben parti szűrősű, sekély porózus vízadó	érzékeny
Repedezett vízadó	repedezett vízadó	mérsékelten érzékeny
Felszíni vizek	felszíni vizek	nagyon érzékeny

valamennyi vízbázist a meghatározott klímaérzékenységi kategóriákba soroltuk. Ha a besorolás nem volt egyértelmű, a domináns jelleget vettük alapul, és jeleztük, hogy másodlagosan melyik típusba tartozik. Az érzékenységi kategóriákba sorolt vízbázisokat országos léptékben (ROTÁRNÉ et al., 2016), illetve a kiválasztott mintaterületre — a DMRV működési területére — is térképen ábrázoltuk (3. ábra).

határozzunk az éghajlatváltozás hatásaival szembeni alkalmazkodóképességüket is. E vizsgálathoz a KSH T-STAR és a NAV SZJA adatbázis Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszerben (TeIR) elérhető társadalmi-gazdasági mutatóit, valamint a DMRV által a mintaterületre vonatkozóan átadott, az ivóvíz-ellátási infrastruktúra állapotára vonatkozó adatokat használtuk fel.



3. ábra. A vízbázisok klíma-érzékenységi kategóriái (a), valamint a vízbázisok klímaérzékenysége mértéke (b) a DMRV működési területén.

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

1.3.3. A települések éghajlatváltozás hatásaival szembeni alkalmazkodóképessége az ivóvízellátás területén

Az éghajlatváltozás a nyári hőhullámos időszakok jelentős mértékű hosszabbodását és gyakoribbá válását hozhatja magával, valamint várható a csapadékviszonyok átrendeződése is. A téli félévben várhatóan nő, míg a nyári félévben, azaz a vegetációs időszakban csökken a csapadék mennyisége. Ennek következtében növekedhet a jövőben a lakosság vízigénye, részben a háztartási vízfogyasztás, részben pedig a lakosság öntözési célú vízfelhasználásának növekedése miatt. Az alkalmazkodóképesség terén tehát az infrastruktúra állapota és fejleszthetősége, valamint a lakosság vízigénye a legfőbb hatótényezők.

A települések ivóvízellátásának klímasérülékenység-vizsgálatához a kitettség és az érzékenység mellett meg kell

A vizsgálat első lépésében a DMRV-vel együttműködésben meghatároztuk azokat az adatköröket, amelyeket a továbbiakban használni kívánunk, illetve csoportosítottuk a felhasználandó adatok körét. Elvégeztük az adatsorok hibáinak szűrését, valamint az egyes kiugró adatok ellenőrzését, korrigálását.

Fontos szempontot jelentett, hogy a vizsgálatba bevont adatok lehetőség szerint egy adott évre vonatkozzanak, ez azonban csak részben teljesíthető. Az infrastruktúra állapotára vonatkozó adatok naprakészek, tehát a jelen állapotra vonatkoznak, a társadalmi-gazdasági viszonyokat leíró legfrissebb mutatók azonban egységesen a 2013-as évre állnak rendelkezésünkre. Mindezeket figyelembe véve az alábbi fajlagos mutatókat használtuk fel (ROTÁRNÉ et al. 2016):

- Az alkalmazkodóképesség infrastrukturális tényezői.
- Egy adott települést közvetlenül ellátó ivóvízbázisok száma.

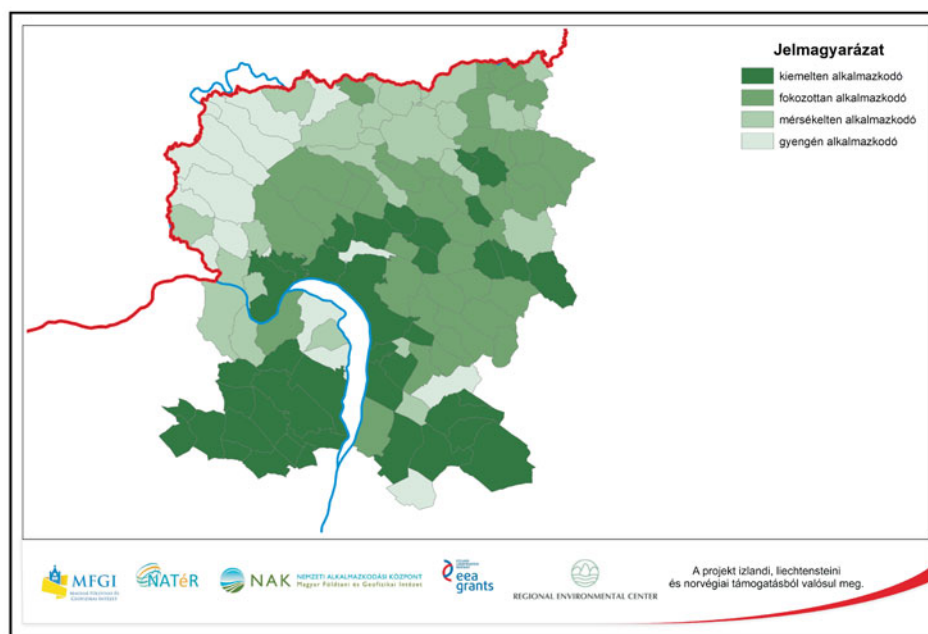
- Az ivóvízbázis bővíthetősége (kategória).
- Az ivóvízellátás kapacitásának növelhetősége (kategória).
- Az alkalmazkodóképesség társadalmi–gazdasági hatótényezői.
 - Egy lakosra jutó ivóvízfogyasztás, 2013 (m³/fő).
 - Egy lakosra jutó összes belföldi jövedelem, 2013 (Ft/fő/év).

A vizsgálat további lépései során kategóriaértékeket rendeltünk az egyes mutatókhoz, majd a kategóriaértékek összegzésével meghatároztuk az egyes települések alkalmazkodóképességének mértékét az ivóvízellátás tekintetében (4. ábra). Ennek során egyenlő súlyban vettük figyelem-

sérülékenység vizsgálatát is a DMRV működési területén végeztük el.

A sérülékenység mértékének meghatározására kategóriákat határoztunk meg, ahol a kitettség, érzékenység, igénybevételi és alkalmazkodási tényezőket egyenlő súllyal, az egyes indexekből levezetett komplex indikátorokkal vettük figyelembe. Az indikátorok értékét és a sérülékenységi kategóriákat oly módon határoztuk meg, hogy alkalmazhatók legyenek az egész ország jellemzése során, és a vizsgálat az ország teljes területére azonos kategóriák alkalmazásával kiterjeszthető legyen.

A vízbázisok klímásérülékenységét mind a két klíma-moddellel, a projekciókban szereplő mindkét klímaablakra



4. ábra. A települések éghajlatváltozással szembeni alkalmazkodóképessége az ivóvízellátás területén

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

be az ivóvízbázis-ellátottságot, az ivóvízellátás fejleszthetőségét, a lakosság vízigényét, valamint a lakosság jövedelmi viszonyait jellemző mutatókat. Alkalmazkodóképesség szempontjából pozitívnak tekinthető, ha több ivóvízbázis lát el egy települést, van lehetőség a meglévő ivóvízbázis bővítésére és termelőkapacitásának fejlesztésére, valamint alacsony a lakosság vízigénye és kedvező a jövedelmi helyzete.

1.3.4. A települések éghajlatváltozás hatásaival szembeni sérülékenysége az ivóvízellátás területén

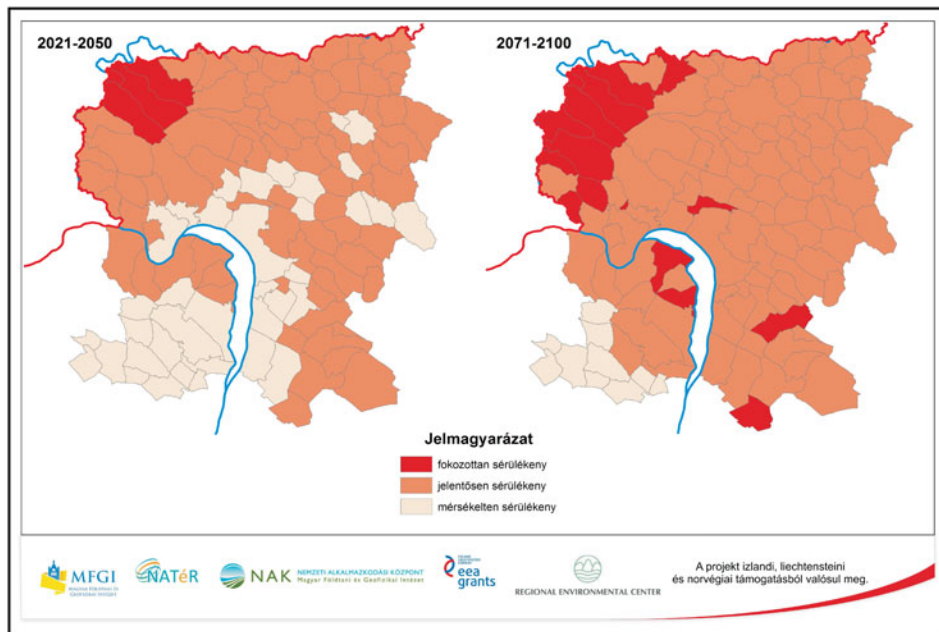
Az ivóvízbázisok klímásérülékenységét a módszertan ismertetése során bemutatott, kitettség, érzékenység és alkalmazkodóképesség együttes jellemzéséből vezettük le. A sérülékenységet a települések közigazgatási területére vonatkoztatva határoztuk meg. Mivel az alkalmazkodási indikátorokat csak a DMRV területére tudtuk megadni, a

meghatároztuk (5. ábra). Az ábrák jól szemléltetik, hogy mindkét modell esetében már a 2021–2050 időszakban is jelentkeznek különböző mértékben sérülékeny területek. Az idő előrehaladtával a 2071–2100 közötti időszakra pedig fokozódik a sérülékenység mértéke.

1.4. Következtetések

Fenti vizsgálat eredményeként megállapíthatjuk, hogy a vízbázisok klímakitettsége az ország területén nem egy-egyes, de európai viszonyok között relatív szűk sávban változik. A klímaváltozás hatására számolni kell a felszín alatti vizek utánpótlásának várható csökkenésével. Ezt a folyamatot valamennyire ellensúlyozza a csapadék éven belüli eloszlásának változása, azaz a téli hidrológiai félévben lehulló csapadék mennyiségének várható növekedése.

A vízbázisok földtani, vízföldtani helyzetükből adó-



5. ábra. Települések ivóvízellátásának sérülékenysége az ALADIN-Climate modell adatai alapján a 2021–2050 (bal) és 2071–2100 (jobb) időszakban

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

dóan eltérő klíma-érzékenységgel rendelkeznek. A felszín alatti vizekből történő vízellátás során nagyobb figyelmet kell fordítani a kevésbé klíma-érzékeny vízbázisokra. Kiemelt fontosságúak lesznek a partiszűrészű rendszerek, amelyek klíma-érzékenységük ellenére, nagy tároló kapacitásuknak és folyamatosan megújuló készletüknek köszönhetően a távlati ivóvízellátás alapjait jelenthetik. Célzerű a fokozottan klímasérülékeny karsztos, illetve sekély porózus vízbázisok kiváltása nagyobb biztonságot jelentő új vízbázisok létesítésével. Amennyiben erre a földtani, vízföldtani adottságokból adódóan korlátozottak a lehetőségek, megnő a tartalék vízbázisok szerepe.

A felszín alatti vizek állapotát, a klímaváltozás hatásait, valamint az igénybevétel mértékét rendszeres monitoring tevékenység során nyomon kell követni. Hasonló módon regisztrálni szükséges a vízfogyasztás mértékét, a jellemző szokásokat, illetve az ezeket befolyásoló társadalmi, gazdasági tényezőket. E megfigyelések rendszere időszakonkénti értékelésével, a változások meghatározásával és jellemzésével lehetséges kialakítani a klímaváltozás hatásait mérséklő alkalmazkodási intézkedéseket.

A klímaváltozás hatásainak csökkentése céljából nagyobb hangsúlyt kell fektetni az alkalmazkodásra. A vízellátás során nagyobb biztonságot jelenthetnek a regionális ellátórendszerek, ahol fontos szerepet tölthet be a már ma is sok helyen alkalmazott vízkormányzás, különböző térségek közötti vízátvétel.

Az alkalmazkodás részeként a lakosság vízfogyasztási szokásainak változására van szükség, a tudatos és víztakarékos fogyasztás irányába.

Az ivóvízigények folyamatos biztosítását szolgálhatja az ivóvízbázisok kizárólag ivóvíz céljára történő hasznó-

sítása, az egyéb célú vízhasználatok más forrásból történő biztosításával, illetve a két rendszer szétválasztásával.

A térségi fejlesztések során figyelembe kell venni a vízbázisok klímasérülékenységét, illetve az ezeket szintén meghatározó társadalmi, gazdasági tényezőket. Az ivóvízellátás infrastrukturális fejlesztéseinek tervezése során figyelembe kell venni, hogy mely térségekben jelenthetnek problémát a jövőben az éghajlatváltozás hatásai, törekedni kell olyan fejlesztések végrehajtására, amelyek az alkalmazkodóképesség javításával csökkentik az egyes térségek ivóvízellátásának sérülékenységét.

1.5. A további kutatási-fejlesztési munka irányai

A jelenlegi klímamodellek meglehetősen nagy bizonytalansággal jellemezhetők, ezért a későbbi kutatások során fontos a bizonytalanság mértékének csökkentése további klíma projekciók figyelembe vételével, valamint új, nagyobb felbontású klímamodellek eredményeinek felhasználásával. A klíma-kitettség pontosításán felül további vizsgálatok szükségesek a parti szűrészű rendszerek kitettségének jellemzésére.

Az ivóvízbázisok klímasérülékenységi vizsgálatához további kutatásokra van szükség. Szükséges a kidolgozott sérülékenységi vizsgálat egész országra történő kiterjesztése a többi regionális vízmű szolgáltató bevonásával, a kitettségi, érzékenységi, igénybevételi és alkalmazkodási elemzések részletes elvégzésével.

A klímaváltozás hatására változás következhet be a felszín alatti vizek kémiai összetételében. Kiemelten fontosak

ebből a szempontból a parti szűrésű rendszerekben bekövetkező változások, illetve a klímaváltozás hatására a szenny-nyeződésterjedési folyamatok megváltozása. E folyamatok

a különböző klíma forgatókönyvek esetén eltérően alakulhatnak, így részletes vizsgálatuk szükséges a megelőzés érdekében.

Irodalom

- ÁCS, F. és BREUER, H. 2013: Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. – Az Eötvös Loránd Tudományegyetem kiadványa.
- BIHARI Z., GAUZER, B. GNANDT, B. GREGORIČ, G. HERCEG, Á. KOVÁCS, T. KOZÁK, P. LAKATOS, M. MATTÁNYI, Zs. NAGY, A. NÉMETH, Á. PÁLFAI, I. SZALAI, S. SZENTIMREY, T. és VINCZE E. 2012: Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt: A projekteredmények összegzése. Országos Meteorológiai Szolgálat.
- CLAVIER (CLimate ChAnge and Variability: Impact on Central and Eastern EuRope) <http://www.clavier-eu.org/>
- IPCC 2007: Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. – Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. (ISBN 978 0521 88009-1 Hardback; 978 0521 70596-7 Paperback).
- KESSLER H. 1954: A beszivárgási százalék és a tartósan kitermelhető vízmennyiség megállapítása karsztvizekben. – Vízügyi Közlemények 1954/2, 179–188.
- PÁLVÖLGYI, T. and HUNYADY, A. 2008: Common methodological framework of CLAVIER Impact Case Studies. In: Database on the statistical-empirical interrelations between the high resolution climate indicators and the parameters of impact issues. CLAVIER Report, www.clavier-eu.org
- PÁLVÖLGYI T., CZIRA T., DOBOZI E, RIDEG A. és SCHNELLER K. 2010: A kistérségi szintű éghajlatváltozási sérülékenységi vizsgálat módszere és eredményei. – „Klíma-21” füzetek 62, 88–102.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., HOMOLYA E. és SELMECZI P. 2015: A klímaváltozás hatása az ivóvízbázisokra. – NATÉR Kutatási jelentés. Magyar Földtani és Geofizikai Intézet. Budapest.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., HOMOLYA E. és SELMECZI P. 2016: Ivóvízbázisok klímsérülékenysége. – Hidrológiai Közöny. Nyomtatás alatt.
- SELMECZI, P., CSETE, M. és PÁLVÖLGYI, T. 2015: Környezeti hatásokkal szembeni helyi sérülékenységi-vizsgálat Tata város példáján, az eredmények alkalmazása a helyi tervezésben. – In: CSIGÉNY NAGYPÁL, N., PRINCZ-JAKOVICS, T. (szerk.) 2015: Fenntarthatóság – utópia vagy realitás?, Konferenciakiadvány. BME, Budapest 263–274.

A MAGYARORSZÁGI HEGY- ÉS DOMBVIDÉKI TERÜLETEK VILLÁMÁRVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉGE

TURCZI GÁBOR

informatikai és koordinációs igazgatóhelyettes, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail: turczi.gabor@mfgi.hu

HOMOLYA EMESE

tudományos segédmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Nemzeti Alkalmazkodási Központ, e-mail: homolya.emese@mfgi.hu

MATTÁNYI ZSOLT

NATÉR szakmai koordinátor, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Nemzeti Alkalmazkodási Központ, e-mail: mattanyi.zsolt@mfgi.hu

Összefoglaló

A klímaváltozás egyik legszembetűnőbb hatása a mindennapi életben meg tapasztalható időjárási szélsőségek sokasága. A villámárvíz igen nagy károkat tud okozni, amennyiben hegy és dombvidéki területeken a rövid idő alatt lehulló koncentrált, nagymennyiségű csapadék hatására lehetőség nyílik a kialakulására. Ez a veszélyeztetettség akkor áll fenn, ha a település vízgyűjtőjének mérete, alakja és egyéb, a felszíni lefolyást befolyásoló tulajdonságai egymást erősítve a településre vezetnek a csapadékokat. A vízgyűjtő csak egy potenciális lehetőség, a kitettséget az extrém mennyiségű csapadék okozza. A projekt egységes elemzést ad a hegy- és dombvidéki települések vízgyűjtőinek veszélyeztetettségére, valamint a klímamodellekre támaszkodva kiértékeli az extrém csapadékhelyzetek várható alakulását.

Abstract

Flash flood is defined as a sudden flood caused by heavy rainfall in the course of a relatively short time. Exposure of an area to heavy rain is analysed on the basis of the frequency of extreme precipitation, which, in this study, was set to a 30 mm/day threshold. Sensitivity of certain settlements to flash flood mostly depends on the characteristics of the related water catchments. The primal aims of this study were to classify the settlements according to their sensitivity on a country level, and to give an overview of the spatial distribution and frequency of excessive rainfall events. The hazard on an individual water catchment is expressed by the weighted sum of separate attribute classes assigned to it. The attributes - such as the size and the shape of a water catchment, slope conditions, height range and land cover - influence the gathering time of water falling on the surface.

1.1. A kutatás háttere és indokoltsága (célkitűzések)

A klíma változása napjainkban nemcsak statisztikailag mutatható ki, hanem az időjárási események kapcsán is tapasztalható. Ennek a változásnak az egyik legszembetűnőbb velejárója az extrém időjárási helyzetek egyre gyakoribb megjelenése. A koncentrált, hirtelen lezúduló, nagymennyiségű csapadék bizonyos feltételek között villámárvíz kialakulását eredményezheti (DOUVINET et al. 2015). A problémakör elemzésének, modellezésének gazdag irodalma van, mely döntően egy-egy konkrét vízgyűjtőn, kisebb régióban, megtörtént eseménnyel foglalkozik (DURGA RAO et al. 2014; CZIGÁNY et al. 2010).

A 'Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR)' — az Európai Gazdasági Térség Támogatási Alap által finanszírozott — projekt keretében országos, település szintű villámárvíz veszélyeztetettség elemzésére került sor. A villámárvíz problémakört feldolgozó részprojekt célki-

tűzése nem új módszertan kialakítása, hanem a rendelkezésre álló adatok, ismeretek alapján, település-vízgyűjtő szintű megközelítésben a veszélyeztetettség mértékének meghatározása volt. Fejezetünk egyfelől a vízgyűjtők minősítésével áttekintést ad azok veszélyeztetettségéről a villámárvíz kialakulás feltételeinek statikus elemei alapján, másfelől bemutatja az extrém mennyiségű csapadék kialakulásának várható térbeli és időbeli gyakoriságát a klímamodellek adatainak kiértékelésével.

Technikai célunk az volt, hogy algoritmizált eljárást fejlesszünk, amely új, vagy módosított paraméterekkel könnyen fejleszthető adatbázist, modellel eredményez.

1. 2. Anyag, felhasznált adatok és módszer

Villámárvíz kialakulása egy adott településre nézve komoly veszélyt jelenthet. Ennek lehetősége a településre vonatkoztatott vízgyűjtő tulajdonságaitól és a rövid idő alatt várható

csapadék mennyiségétől függ. E két komponens közül a vízgyűjtő tulajdonsága tetszőleges mértékben finomítható, mert nagyrészt statikus tényadatról van szó. Az egy időben nagy mennyiségben lehulló csapadék regisztrációs távlatokban ismert, a várható kritikus mérték bekövetkezése azonban vízgyűjtőnként változó és csak klímamodellek alapján valószínűsíthető. Kritikus csapadékmennyiségnek az tekinthető, ami csak villámárvíz formájában képes a vízgyűjtőkön lefolyni.

Az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) a heves esőzéssel járó időjárási események számának növekvő tendenciájáról számol be 2013-as kiadványában (IPCC 2013), amely tendencia a villámárvizek számának növekedését vonhatja maga után. A magyarországi biztosítók jelenleg a 30 mm-t meghaladó napi csapadékösszeg okozta kárt térítik meg (Czigány et al. 2010), ebből kifolyólag az elemzés során azokat a napokat tekintjük „villámárvíz esélyesnek”, amelyek csapadékösszege eléri, vagy meghaladja a 30 mm-t.

1.2.1. A villámárvíz-elemzés előkészítése

A villámárvíz-elemzés előkészítése a NATÉR általános elveinek megfelelően a részadatbázis tematikus elemeinek számbavételével, adatgyűjtéssel indult. Teljességre nem törekedve az alapvető adatforrások a következők:

- 1:100 000 földtani térkép,
- CORINE felszínborítottság,
- vízfolyások,
- DTA50 topográfiai elemek, pl.: települések belterületi határa,
- DTM digitális terepmodell,
- hegy- és dombvidékek lehatárolása,
- CarpatClim-Hu meteorológiai adatbázis,
- ALADIN-Climate klímamodell,
- RegCM klímamodell,
- karszt területek lehatárolása,
- települések kifolyási pontjai,
- kifolyási pontokra számított vízgyűjtő területek,
- lejtőkategóriák,
- vízgyűjtő területek geometriai tulajdonságai,
- vízgyűjtő területek tematikus jellemzői (felszínborítottság, lefolyás viszonyok),
- extrém csapadék gyakoriság különféle megközelítése a klímamodellek felhasználásával.

Az előkészítés leginkább munkaigényes szakasza a digitális terepmodell felkészítése volt. A terepmodell más témakörök számára is bemenő adat, a vele szemben támasztott követelmények azonban eltérő előfeldolgozást igényelnek. Értelemszerűen a valóság legpontosabb közelítése a cél. A felszíni vízmozgások szempontjából a völgytalpak monoton lejtése és a vízrajzzal való egybevághósága a legfontosabb szempont.

Elemezni kellett a völgytalpak és vízfolyások helyzetét, illetve további bemért pontok figyelembevételével újra-interpolálással pontosítani lehetett a terepmodellt.

A klimatológiai vizsgálatok alapjául a mérésekből rácsra interpolált CarpatClim-Hu, valamint az ALADIN-

Climate és a RegCM klímamodellek egy-egy projekcióinak adatbázisai szolgáltak. A klímamodellek adatai három klímaablakot fednek le, az elemzéseinkben rendszerint referenciaként szolgáló 1961–1990-es, a jövőre vonatkozóan pedig a 2021–2050-es és a 2071–2100-as időszakokat. A különböző típusú adatok egységes, 10×10 km-es felbontású rácson állnak rendelkezésre.

A nyers adatok előzetes statisztikai elemzése céljából megvizsgáltuk a csapadék mennyiségi eloszlását, évszakos változékonyságát és területi eloszlását. Mivel villámárvízhez csak a folyadék fázisú csapadék vezet, a vizsgálat során azokat az eseteket vettük figyelembe, amikor a napi középhőmérséklet eléri, vagy meghaladja a 0 °C-ot.

1.2.2. A villámárvíz-érzékenység meghatározása

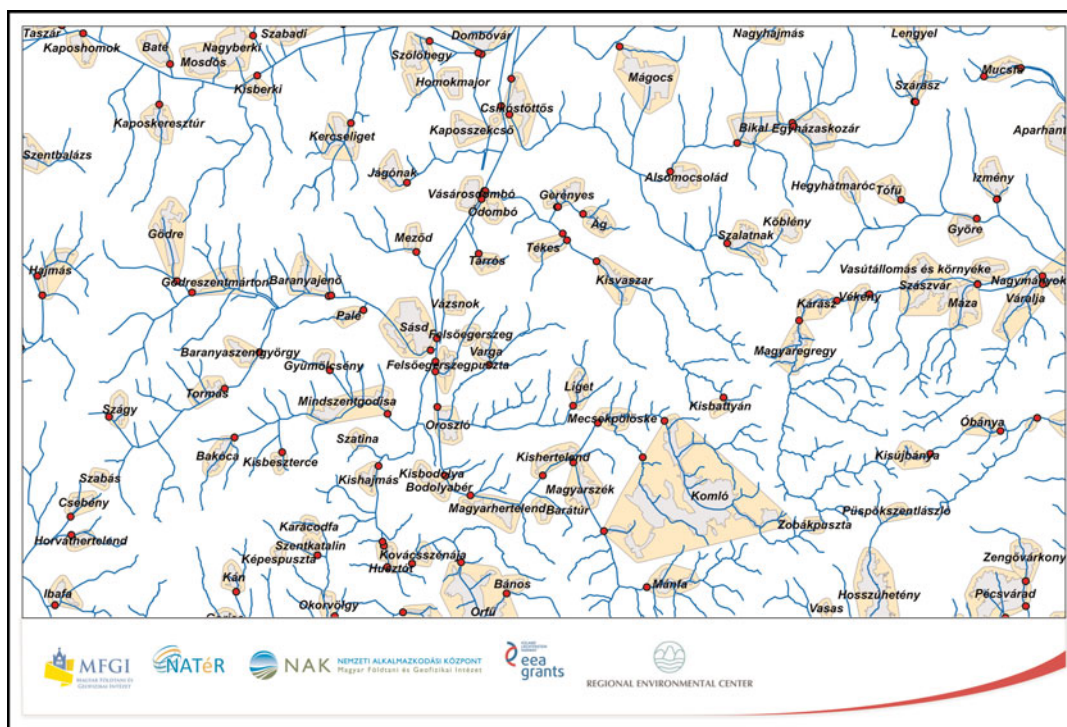
A villámárvíz-érzékenység meghatározásának alapköve a településekre vonatkozó vízgyűjtők lehatárolása, mely a következő feldolgozási folyamatokon keresztül történik:

- a hegyvidéki területre eső települések kiszűrése és pufferrel növelt, egyszerűsített, a településhatárt befoglaló poligon előállítás,
- a településhatárt metsző vízfolyások metszéspontjainak előállítás,
- a metszéspontok helyzetének meghatározása (határvonalon van, belső pont),
- a kifolyási pont meghatározása a digitális terepmodellel való egybevetés alapján (legalacsonyabb település határvonalon fekvő kilépési pont),
- a kifolyási ponthoz tartozó vízgyűjtő meghatározása.

A NATÉR egy teljes országot lefedő adatbázis, a villámárvíz kérdéskört csak a hegy-, és dombvidéki területekre értelmeztük. Ennek megfelelően történt egy településszintű szűrés. Következő lépésben a településre vonatkozó vízgyűjtő kifolyási pontját szükséges meghatározni.

A kifolyási pont — ami egyben a település szempontjából döntő részvízgyűjtő bázispontja — meghatározása a településkontúr, a vízhálózat és a terepmodell összevetésével történt. Ez a pont a belterületekre fektetett, egyszerű lefutású, konkáv, befoglaló poligon és az átfolyó vízfolyás kilépő metszéspontja. A befoglaló poligon generálása egy puffer távolságra is történhet, hogy a kilépési pont a településhatártól kellő távolságra kerüljön. A feladat alapvető térinformatikai eszközökkel, összemetszés és tulajdonságok öröklése, valamint a megfelelően szűrt pontthalmazból a legkisebb magassági értékkel rendelkező kilépési pont kiválasztása alapján történik (1. ábra).

A kapott kifolyási pontokra kell a vízgyűjtőket meghatározni. Természetesen számos olyan kifolyási pont keletkezett, ami összevonható lenne, pl. egy Y összefolyás két szárán kijelölt pont vagy esetenként hibásan kijelölt pontok, amelyek a terepmodell lokális hibájára vezethetők vissza. Ezek manuális módosítása vagy törlése időigényes és a végeredményt érdemben nem befolyásolja. A völgytalpak mentén összeköttetésbe hozható kifolyási pontokra (településre) generált vízgyűjtők akár többszörösen is átfedhetik egymást. A víz-



1. ábra. A települések kifolyási pontjai
Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

gyűjtő-karakterisztikák meghatározása és kiértékelése után a település csak a közvetlenül hozzá tartozó vízgyűjtő veszélyeztetettségi besorolását öröklí.

A településekhez tartozó vízgyűjtők ismerete különféle többtematikás elemzés előtt nyitja meg az utat. Vízgyűjtőről vízgyűjtőre lépve a vízgyűjtőpoligon és egyéb tematikák metszetén egységes eljárással elemzés, statisztikai kiértékelés végezhető.

Az a település tekinthető villámárvízre nézve veszélyeztetettnek, amelyhez olyan vízgyűjtő tartozik, melynek villámárvíz kialakulására alkalmasak a tulajdonságai.

1.3. Eredmények

1.3.1. Vízgyűjtők érzékenységi vizsgálata

A vízgyűjtőpoligon és a tematikus rétegek összevetése számszerűsíthetővé teszi a villámárvízre való érzékenység

fokozatait. Azokat a tematikákat vettük figyelembe, amelyek domináns mértékben befolyásolják a villámárvíz kialakulásának lehetőségét. Az extrém mennyiségű, koncentrált csapadékgóc kiterjedése viszonylag kis területet érint. Meghatározó szempont a felületre érkező csapadék összegyűlési ideje, ennek figyelembevételére a következő tényezőkkel számoltunk: vízgyűjtő mérete, alakja, lejtési viszonyai, legnagyobb magasságkülönbség, erdőborítottság. Minden vízgyűjtő jellemző tényező típust 5 osztályba soroltunk, s meghatároztuk a típusok összegzést befolyásoló súlyát. Az eredőt a tematikus osztály értékek súlyozott átlagértéke képezi (1. táblázat).

A vízgyűjtő mérete a vízgyűjtőt határoló poligon EOVS rendszerben mért (síkra vetített) területe km^2 -ben. A 2 km^2 -nél kisebb és az 1000 km^2 -nél nagyobb vízgyűjtőket nem értékeltük. A kisebb vízgyűjtő egy koncentrált csapadék esetén a rövidebb összefolyási idő miatt kitettebb, mint egy nagyobb kiterjedésű.

1. táblázat. A villámárvíz veszélyeztetettség vízgyűjtőkre vonatkoztatható osztályozása

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

Tematika	Osztályok/kategóriák					Súly
	5	4	3	2	1	
Terület (km^2)	2–10	10–50	50–100	100–500	500–1000	0,5
Erdőborítottság (%)	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0,2
Alak (körhasonlóság)	0,8–1	0,6–0,8	0,4–0,6	0,2–0,4	<0,2	0,1
Magasság különbség (Z)	500–1000	200–500	100–200	50–100	0–50	0,1
Lejtőkategória	>25	17–25	12–17	5–12	<5	0,1

A vízgyűjtő alakját szintén az összefolyási idő szempontjából kell értelmezni. Esetünkben az ideális körhöz való hasonlóságot a következő képlettel fejeztük ki (RATNAYAKE 2004):

$$R_c = \frac{A}{A_0},$$

ahol R_c a területarány, hasonlóságérték; A a vízgyűjtő területe; A_0 a vízgyűjtő kerületének megfelelő kör területe.

A vízgyűjtő legmagasabb és legalacsonyabb pontja közötti különbség szintén a várható összefolyási időt közvetve jellemző érték, ahol a nagyobb érték gyorsabb lefolyást feltételez.

A lejtési viszonyok az összefolyási sebesség tekintetében a teljes területet jellemzik. A terepmodellen a következő lejtőkategóriákat képeztük: 0–1, 1–5, 5–12, 12–17, 17–25, 25–40, 40– (a szélső osztályokat a statisztikai kiértékelésnél összevontuk).

A vízgyűjtő és a lejtőkategória rétegek metszetén a lejtőkategória területekkel súlyozott átlagot képeztük:

$$\frac{\sum (\text{kategória területe} \times \text{kategória érték})}{\sum \text{kategória terület}}$$

Az eredményül kapott, dimenzió nélküli érték alkalmas a lejtésviszonyok kifejezésére.

Hasonló a helyzet a Corine felszínborítottság esetében, ahol az erdős területek teljes területhez vett arányát képezzük, vízgyűjtőnként (BÜTTNER et al. 2004).

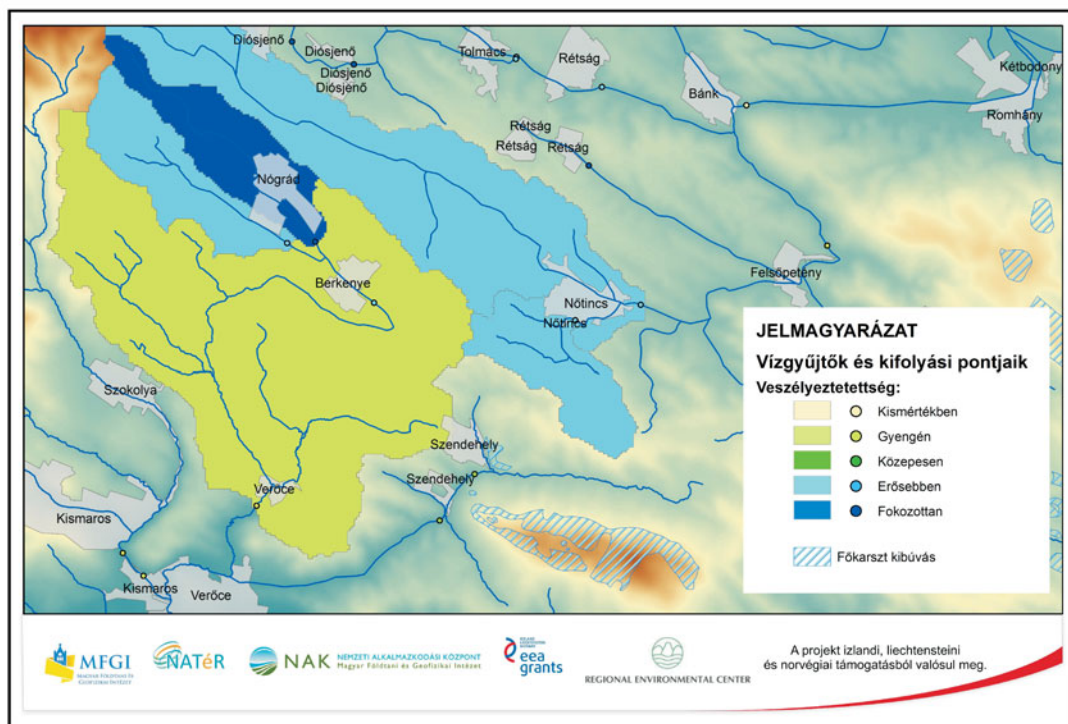
Vízgyűjtőnként tehát a következő, 1–5 skálára vetített villámárvíz veszélyeztetettséget kifejező, dimenzió nélküli

mérőszám áll rendelkezésre: terület, magasságkülönbség, körhöz viszonyított alak, lejtőkategória, erdőborítottság. Az öt értéket súlyozott átlaga a vízgyűjtő villámárvíz-veszélyeztetettségi mutatója. A veszélyeztetettségi besorolást a vízgyűjtő- és a településkontúr metszete alapján a település is öröklí (2. ábra).

A vízgyűjtőkkel kapcsolatban leírtak a csapadék beszívargásának lehetőségével nem számolnak. Ennek oka az, hogy a gyorsan lehulló, nagy mennyiségű csapadék esetén a rendelkezésre álló rövid idő következtében elhanyagolható a beszívargó mennyiség. Összetettebb a helyzet a nyílt karszt területeken, ahol a felszíni lefolyást, a csapadék összefolyását víznyelők és források módosítják. Különösen igaz ez, ha figyelembe vesszük, hogy a karszt vízgyűjtő területe és kifolyási pontja nem esik egybe a felszíni vízgyűjtővel. A projekt keretei nem terjednek ki a karszt vízgyűjtők vizsgálatára, ezért a karszt területek lehatárolása tájékoztató jelleggel része a NATÉR adatbázisnak, de a veszélyeztetettségi osztályozásban nem szerepel.

1.3.2. A villámárvíz-kitettség klimatológiai vonatkozásai

A 30 mm-t meghaladó csapadékos helyzetek előfordulása a CarpatClim-Hu adatbázis alapján várakozásainkkal összhangban nyáron a legmagasabb. Ekkor az intenzívebb besugárzás és a felszín ezzel együtt járó erőteljesebb felmelegedése kedvez a légköri instabilitás erősödésének, mely a konvektív folyamatok intenzívebbé válását eredményezi. Az ilyen módon kialakuló, konvektív eredetű időjárási jelensé-

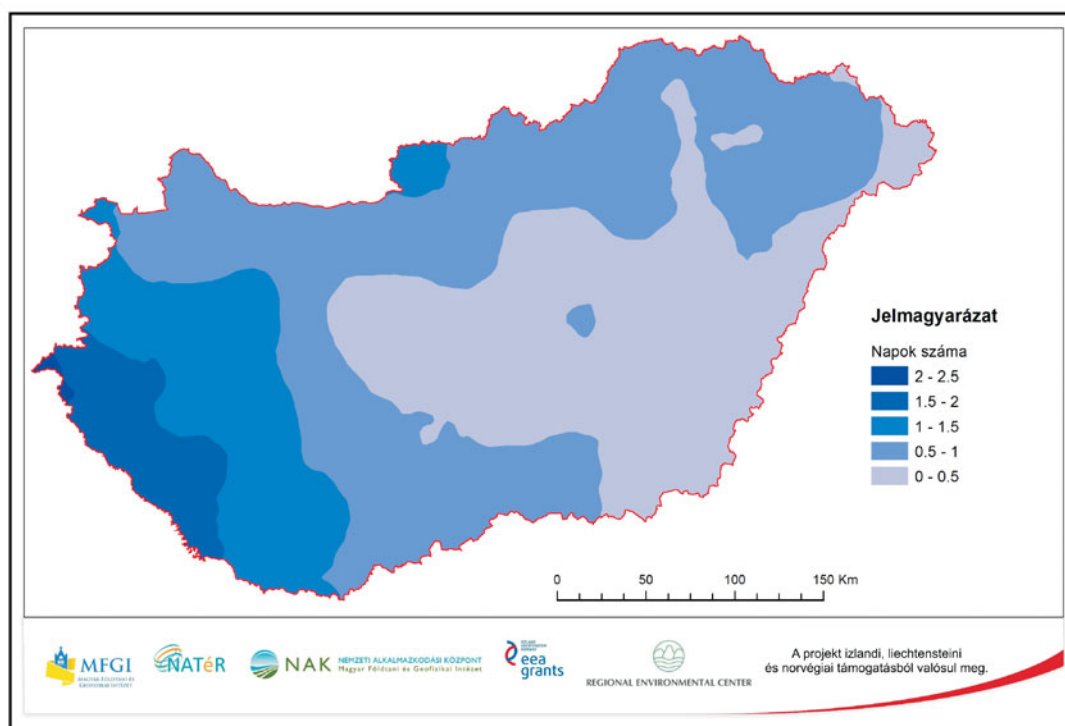


2. ábra. Minősített vízgyűjtők és kifolyási pontjaik
Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

gekhez, viharokhoz rendszerint rövid idő alatt lehulló, nagy mennyiségű csapadék társul. A frontális felhőzethez kapcsolódó, hosszú ideig tartó folyamatos esőzés ugyancsak vezethet nagyobb napi csapadékösszegekhez, mivel azonban az ilyen típusú csapadék intenzitása jellemzően kisebb, villámárvíz kialakulásához kisebb valószínűséggel járul hozzá.

A vizsgált időszakban a gyakoriság nyári maximumát az ősz követi, majd a tavasz, a legkevesebb, 30 mm-t meghaladó csapadékos helyzetet pedig télen találjuk. Télen a Kárpát-medencében a frontális jellegű időjárási helyzetek dominálnak, a konvekció ezzel párhuzamosan háttérbe szorul. Bár egyenletesebb eloszlást mutatva, de ugyanezt a tendenciát

A klímamodellek karakterisztikáiból adódó eltérések korrekciója céljából megkerestük azokat a csapadékmennyiségeket, amelyeket küszöbértéknek tekintve közelítőleg ugyanazt a gyakoriságot kapjuk, mint a CarpatClim-Hu adatbázisban 30 mm-re. A referencia időszakra ez a küszöbérték ALADIN esetében 26,1 mm-nek, RegCM esetében 31,2 mm-nek adódott. A CarpatClim-Hu előfordulási gyakorisághoz igazított küszöbértékek alkalmazásával kapott eredmények számottevően jobb egyezést mutatnak a referencia időszakra, mint a fix 30 mm-es küszöb esetén, ebből kifolyólag a további vizsgálatokat a CarpatClim-Hu adatoknak megfelelően küszöbértékek alapján végeztük el.



3. ábra. A 30 mm-t meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának területi eloszlása az 1961–1990 időszakra a CarpatClim-Hu adatbázis alapján

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

hozza az ALADIN, ellentétben a RegCM modellel, amely nyár helyett ősze teszi a vizsgált események gyakoriságának maximumát.

A különféle adatbázisokban nem ugyanakkora a 30 mm-t meghaladó esős napok számának előfordulási gyakorisága. Mérésekből előállított adatbázis lévén a valósághoz legközelebbi értékelést a CarpatClim-Hu alapján kaphatjuk. A klímamodellek ugyanerre az időszakra vonatkozó adatainak felhasználásával eltérő eredményekhez jutunk, melynek oka a szimulációk bizonytalanságaiban keresendő. Mivel a klímamodellek a folyamatok összetettsége miatt az éghajlati rendszer viselkedését csak közelítő jelleggel képesek leírni, a projekciók minden esetben magukban foglalnak bizonyos fokú bizonytalanságot, mely a közelítések, számítási módszerek, parametrizációk különbözőségére vezethető vissza.

A küszöbértéket meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának területi eloszlását mutatja a 3. ábra. Minél nagyobb egy területen a vizsgált esetek várható előfordulási gyakorisága, az annál inkább veszélyeztetett villámárvíz kialakulása szempontjából.

A térképen kivehető a domborzat hatása: a tengerszint feletti magasság emelkedésével az átlagos csapadékösszeg is növekszik. A legkisebb gyakoriságértékeket az Alföldön találjuk, a lejtősebb területeken, hegy- és dombvidékeken jellemzően magasabb az előfordulási arány. Nyugaton, a Dunántúli-dombság és a Bakony környékén, valamint északon, az Északi-középhegység vonulatainak köszönhetően láthatóan gyakoribb az extrém csapadékos esetek előfordulása.

A küszöbértéket meghaladó csapadékos esetek várható jövőbeli változását és annak területi eloszlását foglalja össze

a 4. ábra, ahol a két felső térkép a 2021–2050, a két alsó a 2071–2100 időszakra vonatkozik, a bal oldalon az ALADIN-Climate, a jobb oldalon pedig a RegCM modellek adatai alapján.

A klímamodellek eredményei alapján a 2021–2050 időszakra Magyarország területének számottevő hányadán várható a kritikus értéket meghaladó csapadékos napok számának növekedése, egyes régiókban azonban a gyakoriság nem változik, vagy akár csökkenhet is. A csökkenés mértéke jellemzően nem haladja meg a kétevenkénti egy esetet, abban azonban, hogy mely területeket érinti, nem egységes a két modell. Az ALADIN az ország keleti részére, a RegCM egyes északkeleti, közép- és délnyugati régiókra helyezi a vizsgált esetek számában bekövetkező csökkenő tendenciát. Az ország területének jelentős részén az átlagos évi gyakoriságban bekövetkező növekmény a század végére sem éri el az évi 1 esetet. Helyenként ennél nagyobb, pozitív irányú változás is előfordulhat, melyet a RegCM jellemzően északkeletre, az ALADIN az ország nyugati szélére helyez.

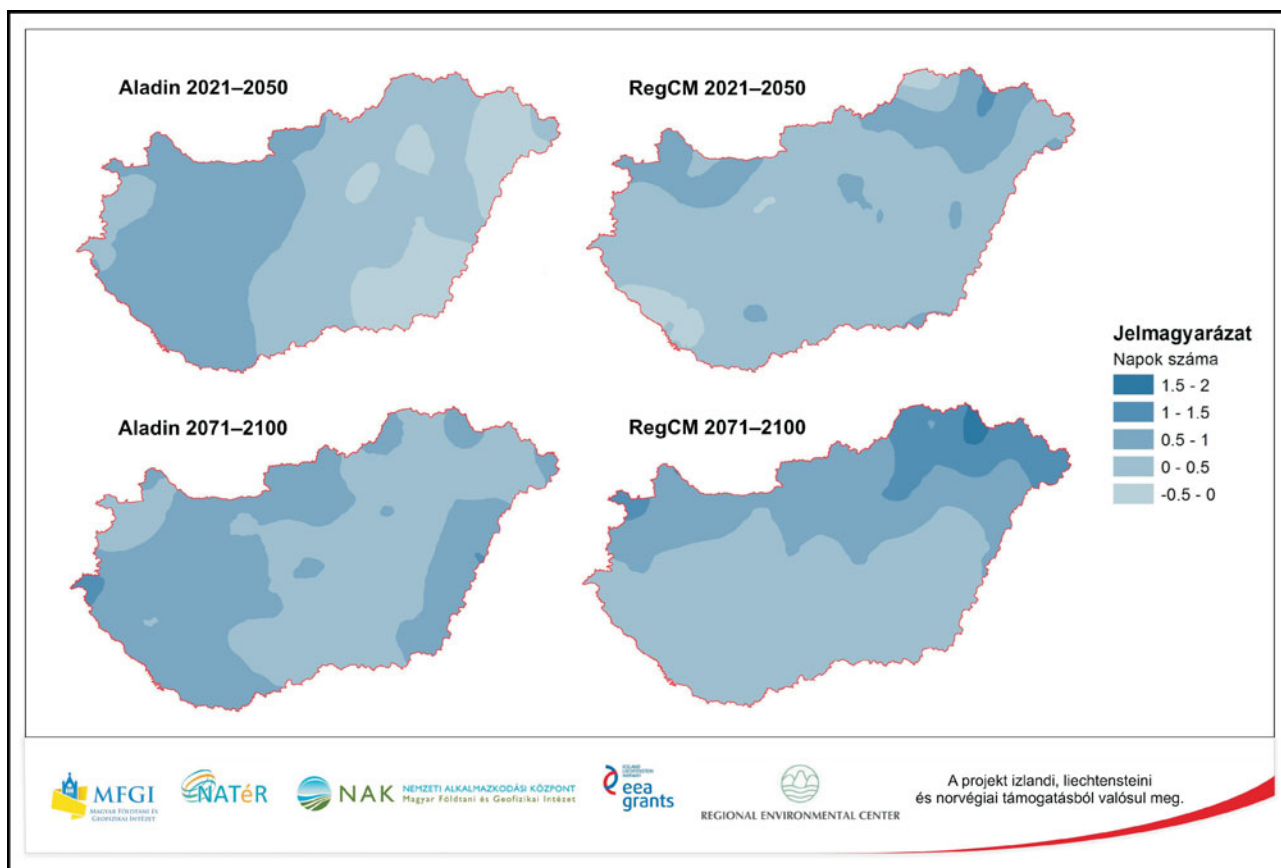
1.4. Következtetések

Villámárvíz kialakulásának lehetősége egy adott településen a hozzá tartozó vízgyűjtő tulajdonságaitól és a rövid

idő alatt lehulló csapadék mennyiségétől függ. A vízgyűjtő mérete, alakja, lejtési viszonyai, a magasságkülönbség, az erdőborítottság meghatározó jelentőségű tulajdonságok a felületre érkező csapadék összegyűlési ideje szempontjából. Az a település tekinthető villámárvízre nézve veszélyeztetettnek, amelyhez olyan vízgyűjtő tartozik, melynek villámárvíz kialakulására alkalmasak a tulajdonságai.

A kritikus csapadék, amely vízgyűjtőnként különböző lehet, az a mennyiség, ami az adott körülmények között villámárvíz formájában folyik le a vízgyűjtőnkön. Elemzésünkben kritikus csapadékmennyiségnek egy egységes határértéket választottunk, erre alapozva végeztük el az extrém csapadékesetekben bekövetkező várható változás elemzését, a klímamodellek adatai alapján.

Bár a változás mértékében vannak eltérések a két modell projekciói alapján, abban egyeznek az eredmények, hogy a század végére lényegében az egész ország területén számíthatunk a kritikus értéket meghaladó csapadékos napok számának növekedésére. Ez a növekedés összességében az Alföld térségét érinti a legkevésbé, itt a gyakoriságban bekövetkező változás mindkét modell szimuláció szerint is legfőljebb évi 1 nap. Az ALADIN a gyakoriság növekmények egyenletesebb eloszlását mutatja az ország területére, a RegCM az északi régiókra nagyobb mértékű, helyenként akár a kétevenkénti 3 napot is meghaladó változást becsül.



4. ábra. A küszöbértéket meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának változása a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakokra az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodellek adatai alapján
Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

Fontos figyelembe venni, hogy a klíma modellezése a teljes éghajlati rendszer viselkedésének leírásán alapul, amely azonban a benne közreműködő fizikai folyamatok kaotikus jellege következtében csak közelítő módon tehető meg. A modellezés bizonytalansága ezekre a közelítő módszerekre, valamint arra a tényre vezethető vissza, hogy nincs pontos ismeretünk arról, milyen hatással lesz a jövőben az emberi tevékenység az éghajlat alakulására. Az eredmények értékelése során ezért fontos szem előtt tartani, hogy azok egy-egy lehetséges forgatókönyvet jelentenek, nem a várható változások pontos előrejelzéseiként szolgálnak.

1.5. A további kutatási–fejlesztési munka irányai

A NATÉR projekt első közelítésben sikeresen bizonyítja azt a készséget, hogy algoritmizálható a villámárvíz potenciális kialakulását befolyásoló, a vízgyűjtő tulajdonságaira épülő veszélyeztetettség osztályozás. A módszer alkalmas további tulajdonságok figyelembevételére és a felhasznált adatok pontosításával, az osztályozás finomításával na-

gyobb megbízhatóság kialakítására. A felszíni domborzati modell és a növényzetborítottság az elsődlegesen finomítható elem. A magyarországi hegy- és dombvidéki területek jelentős része karsztos területnek minősül. Ezek a területeken a felszíni lefolyás viselkedése jelentősen eltér. Célszerű lenne a karszt területekre a pontos karszt vízgyűjtő és ehhez kapcsolódóan lehetőség szerint a kifolyási pontok meghatározása, illetve a karszt terület felszín alatti vízmegtartó képességének, vagy az átfolyási időnek a meghatározása. Optimális az lenne, ha településenként meghatározható lenne az a csapadékmennyiség és időfaktor, ami olyan lefolyást eredményez, ami a település vízelevezetési lehetőségeit meghaladja. Természetesen a legpontosabb ilyen kimutatás továbbra is csak a potenciális veszélyt jelenti. A tényleges villámárvíz bekövetkezéséhez a felszín kedvezőtlen feltételeinek egybe kell esnie az időjárási helyzettel. Az extrém időjárási helyzet kialakulásának gyakorisága becsülhető, pontos helye azonban kevésbé.

További klímaszimulációk bevonása a vizsgálatba, valamint a rendelkezésre álló klíma modellek fejlesztése nagyban hozzájárulhat a villámárvíz-veszélyeztetettség kiértékelésének pontosításához.

Irodalom

- IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013. – The Physical Science Basis, 213 p.
- BÜTTNER, G., FERANEC, J., JAFFRAIN, G., MARI, L., MAUCHA, G., SOUKUP, T. 2004. The CORINE Land Cover 2000 Project. – *EARSeL eProceedings* 3/3, pp. 331–346.
- CZIGÁNY, SZ., PIRKHOFFER, E., BALASSA, B., BUGYA, T., BÖTKÖS, T., GYENIZSE, P., NAGYVÁRADI, L., LÓCZY, D., GERESDI, I. 2010: Villámárvíz mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. – *Földrajzi Közlemények* 134/3, pp. 281–298.
- DOUVINET, J., VAN DE WIEL, M. J., DELAHAYE, D., COSSART, E. 2015: A flash flood hazard assessment in dry valleys (northern France) by cellular automata modelling. – *Natural Hazards* 75, pp. 2905–2929.
- DURGA RAO, K. H. V., VENKATESHWAR RAO, V., DADHWAL, V. K., DIWAKAR, P. G. 2014: Kedarnath flash floods: a hydrological and hydraulic simulation study. – *Current Science* 106/ 4, pp. 598–603.
- RATNAYAKE, U. 2004: Watershed Characteristics., CE 205. – *Engineering Hydrology Lecture Note*, 5.

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A TERMÉSZETES ÉLŐHELYEKRE

Impact of climate change on natural habitats

SOMODI IMELDA

tudományos munkatárs, MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet, e-mail: somodi.imelda@okologia.mta.hu

BEDE-FAZEKAS ÁKOS

tudományos segédmunkatárs, MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet, e-mail: bede-fazekas.akos@okologia.mta.hu

LEPESI NIKOLETT

PhD-hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, e-mail: lepesiniki@gmail.com

CZÚCZ BÁLINT

tudományos munkatárs, MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet, e-mail: czucz.balint@okologia.mta.hu

Összefoglaló

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer számos olyan környezeti adatot tartalmaz, amelyre alapozva meg lehet becsülni a természetközeli élőhelyek jelenlegi megfigyelt előfordulásainak jövőbeli fennmaradási esélyeit (klímaváltozás várható hatása). Ebből a célból prediktív modellek építésével, majd a modellek jövőbeli célidőszakra történő kivetítésével előrejelzéseket (ún. predikciókat) készítettünk, és a modelleket elemezve meghatároztuk az éghajlat változására legérzékenyebben reagáló (klímaérzékeny) élőhelyeket. Az egyes élőhelyek térbeli összekötöttségét (konnektivitását), az élőhelyi sokféleséget (diverzitást) és a természetességet számszerűsítve komplex alkalmazkodóképességi indikátort képeztünk, majd az alkalmazkodóképesség és a várható hatás figyelembevételével az élőhelyek sérülékenységet is meghatároztuk. E modellezési rendszer segítségével a NATÉR térképi felbontásában minden olyan területegységre számszerűsíteni tudtuk a klímaérzékeny élőhelyek (szám szerint 12 élőhely) sérülékenységet, ahol az adott élőhely napjainkban előfordul. Az eredmények szerint a klímaváltozás hatása a klímaérzékeny élőhelyek többségére, s különösen az erdőkre nézve kedvezőtlen. A vizsgálatba vont két vízhez kötődő és néhány fátlan élőhelyet viszont valószínűleg — ha csak részben is, de — előnyösen fogja érinteni az éghajlatváltozás. Az eredmények egybecsengenek azzal a várakozással, hogy a nyíltabb élőhelyek felé tolódik el a vegetáció melegebb és szárazabb klíma esetén, lévén, hogy Magyarország az erdős és a sztyepp bióm határán fekszik. Mivel az erdőkkel borított hegyvidékek természetes növényzete bizonyult sérülékenyebbnek az alföldiekénél, a jövőben az erdők fenntartása Magyarországon nehézségekbe ütközhet, illetve nyíltabb élőhelyek válhatnak fenntarthatóvá.

Abstract

Numerous environmental data available from the National Adaptation Geo-information System that enable us to evaluate the future potential survival of natural habitats where they are present now (potential impacts of climate change). For this purpose we built predictive models and then made predictions to the studied future periods based on the models. Habitats that are the most exposed to climate change (climate sensitive habitats) were identified based on the variable structure of the predictive models. A complex adaptive capacity indicator was developed based on the spatial connectivity of habitats, habitat diversity, and naturalness. Then the vulnerability was calculated by combining adaptive capacity and potential impact. The framework used allowed the evaluation of vulnerability of altogether 12 climate sensitive habitats at the resolution of NAGIS for existing stands of the studied habitats. According to the results the potential impact of climate change is negative for most of the climate sensitive habitats. Forests are the most affected ones. The two studied wetland types and some grassland habitats are likely to benefit at least partially from climate change. Our results are congruent with the expectation that Hungary, lying roughly at the biogeographic boundary between the forest and steppe zones, is likely to experience a shift towards more open habitat types. Since the natural vegetation of mountainous areas, predominantly forests, appear to be more vulnerable than that of the lowlands, maintaining forests in Hungary might become difficult and the more open habitat types may become sustainable.

1.1. A kutatás háttere és indokoltsága (célkitűzések)

Jelen kutatás legfontosabb célkitűzése volt elkészíteni a részletes éghajlati sérülékenységi értékelést Magyarország legjelentősebb, illetve leginkább klímaérzékeny természetes és természetközeli élőhelyeire. Másodlagos célunk volt a CIVAS (Climate Impact and Vulnerability Assessment

Scheme) keretrendszer alkalmazásának bemutatása ágazati éghajlati hatástanulmányokban. E két kitűzött célt sikeresen elértük azáltal, hogy eredményesen megbecsültük a CIVAS keretrendszer (CLAVIER projekt 2006–2009) elemeit Magyarország leginkább klímaérzékeny élőhelyeire (climate sensitive natural habitats).

Az értékelés első lépése a magyarországi élőhelyek klíma-érzékenységének felderítése és a klímaérzékeny élőhelyek

kiválasztása volt. A klímaérzékenységet az éghajlatváltozással kapcsolatos abiotikus faktoroktól való függés mértékéeként definiáltuk. A klímaérzékenység így, a természetes élőhelyek abiotikus igényeinek formalizálásán keresztül került meghatározásra. Ezáltal céljaink között szerepelt az is, hogy ezen formalizációra megfelelő statisztikai modellt alkossunk.

Mivel a CIVAS keretrendszer elemei csak klímaérzékeny rendszerekre értelmezettek, mindenekelőtt a fokozottan klímaérzékeny élőhelyek kiválasztására került sor. Második lépésként ezen klímaérzékeny élőhelyek jelenlegi elterjedési területe esetén meghatároztuk a klímaváltozás várható hatását (potential impact).

A kiválasztott klímaérzékeny élőhelyek alkalmazkodóképességének számításához Czúcz et al. (2011) által kidolgozott elméleti modellt adaptáltuk. Ennek megfelelően három indikátorcsoportot számszerűsítettünk minden egyes élőhelytípusra és területre:

- Az élőhely jelenlegi viszonyok közötti természetessége.
- A területet övező táj diverzitása.
- A klímaérzékeny élőhelyek jelenlegi táji mintázata, mellyel az ökoszisztémák közötti migráció alapján tudjuk becsülni az alkalmazkodóképességet.

Végül bemutatunk egy kidolgozott példát a természetes ökoszisztémák alkalmazkodóképességén és a rájuk vonatkozó várható hatáson alapuló, táji szintű, összevont sérülékenységi elemzésre.

1.2. Anyag, felhasznált adatok és módszer

A klímaérzékenységet bioklimatikus modellek segítségével határoztuk meg. Ezek a modellek az élőhelyek megfigyelt előfordulásai és az ott megfigyelt környezeti viszonyok között teremtenek kapcsolatot. Esetünkben az élőhelyi megfigyelések a Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisából (MÉTA, HORVÁTH et al. 2008, MOLNÁR et al. 2007, BÖLÖNI et al. 2011) származnak, míg a környezetet leíró változókat, köztük az éghajlatot, a talaj- és vízrajzi viszonyokat valamint domborzatot a NATÉR-ből számszerűsítettük. A klímaérzékenységet a klímaváltozók relatív fontosságával jellemeztük, amely a bioklimatikus modellezés egyik eredménye.

Az alkalmazkodóképesség esetén három forrást vettünk figyelembe: helyi rugalmasság, refúgium-alapú alkalmazkodás és vándorlás-elvű alkalmazkodás. Az elsőt a táj természetességével közelítettük, ehhez a természeti tőke indexet (Cook 2002, Czúcz et al. 2012) használtuk. A refúgium-alapú alkalmazkodás akkor sikeres, ha a táj heterogén, ezért ezt az élőhelydiverzitással közelítettük. A vándorlás-elvű alkalmazkodást a táj összekötöttsége határozza meg, melynek számszerűsítéséhez az azonos élőhelyfoltok közelségén alapuló indexet használtunk (Czúcz et al. 2011). Mindhárom indexet átskáláztuk egy 5 fokozatú ordinális skálára és ezek megfelelő térbeli egységre (NATÉR négyzet-rács, ill. a település külterületének határa) vonatkoztatott maximuma lett az alkalmazkodóképesség mérőszáma.

A várható hatást az adott élőhely jelenlegi és a jövőbeli

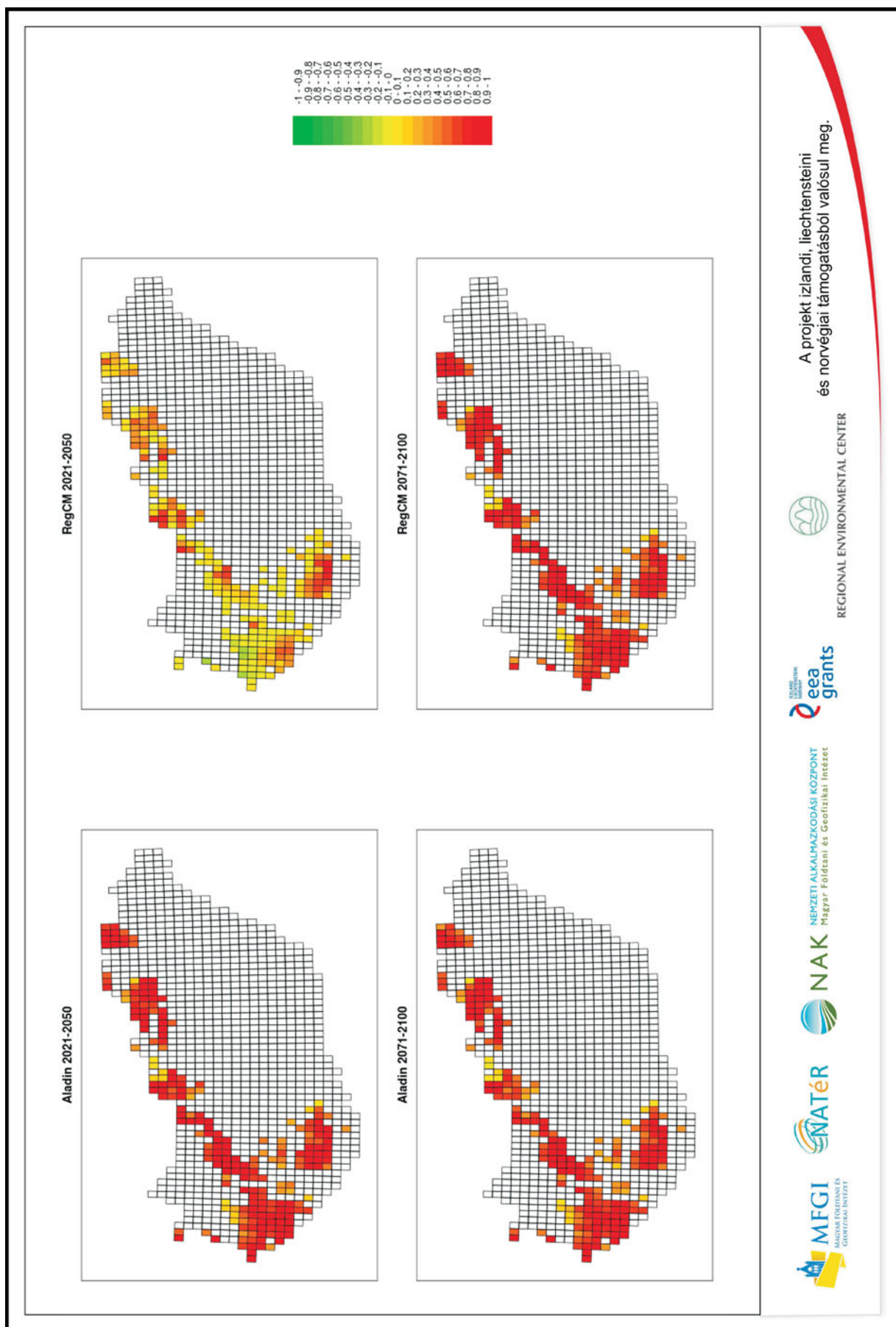
előfordulási valószínűségének különbségével jellemeztük. Mivel a NATÉR keretében két jövőbeli időszakra (2021–2050, 2071–2100), két eltérő klímamoddellel előállított adatok álltak rendelkezésre, ezért a várható hatást is négy változatban tudtuk becsülni. A várható hatás értékei esetünkben –1 és 1 közé esnek, az 1-es jelenti a legsúlyosabb kedvezőtlen klímahatást, míg –1 esetén a klímaváltozás hatása kedvező az adott élőhelyre.

A sérülékenység a várható hatás és az alkalmazkodóképesség függvénye, minél nagyobb a várható hatás az élőhely annál sérülékenyebb, ám a várható hatást csökkentheti az alkalmazkodás. A sérülékenység számszerűsítése kérdésfüggő, ezért a NATÉR online felületein a várható hatás és az alkalmazkodóképesség rétegeit tettük elérhetővé, amelyből egyedi kérdéseknek megfelelően előállítható többféle reprezentáció. Ugyanakkor demonstratív jelleggel mi is készítettünk egy táji szempontú sérülékenységi elemzést, amelyben először élőhelyenként számoltunk sérülékenységet. Ehhez a várható hatás 0 feletti értékeit (kedvezőtlen klímahatás) megszoroztuk az alkalmazkodóképesség hiányával. Ez utóbbit úgy számszerűsítettük, hogy az alkalmazkodóképességet kivontuk a maximuma+1-ből. Így a magas alkalmazkodóképességhez 1 tartozott, míg az alacsonyhoz 5. Így biztosítottuk azt, hogy kis alkalmazkodóképesség magasabb sérülékenységhez vezessen. A sérülékenység NATÉR négyzet szinten került meghatározásra, úgy hogy élőhelyi identitástól függetlenül a négyzetben előforduló legmagasabb sérülékenységet rendeltük az adott négyzethez. Ez tehát az adott négyzetre vonatkozóan állapítja meg a természetes élőhelyek sérülékenységét. A sérülékenység becslés 4 rétegben készült a jövőbeli időszakoknak és klímamodelleknek megfelelően.

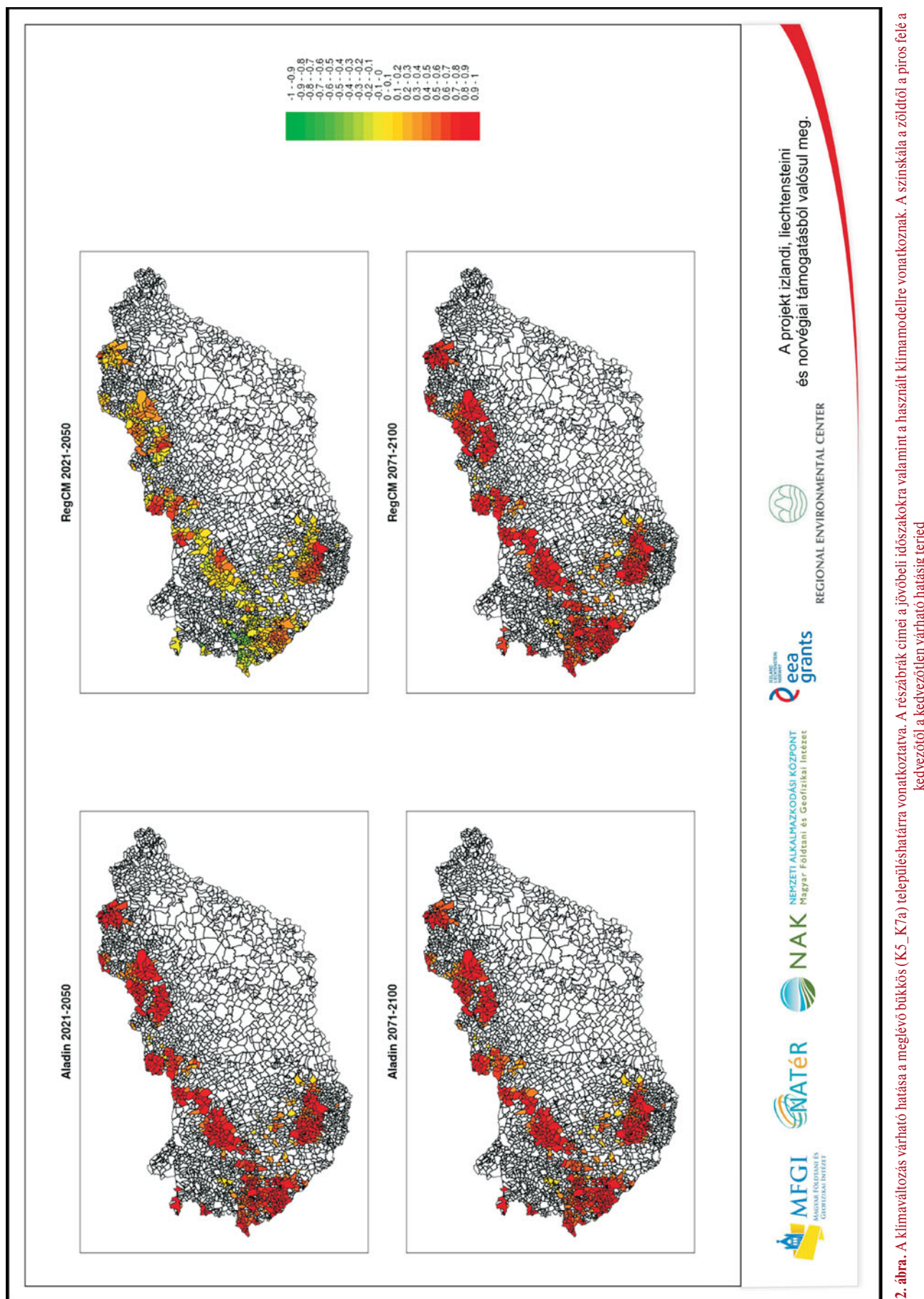
1.3. Eredmények

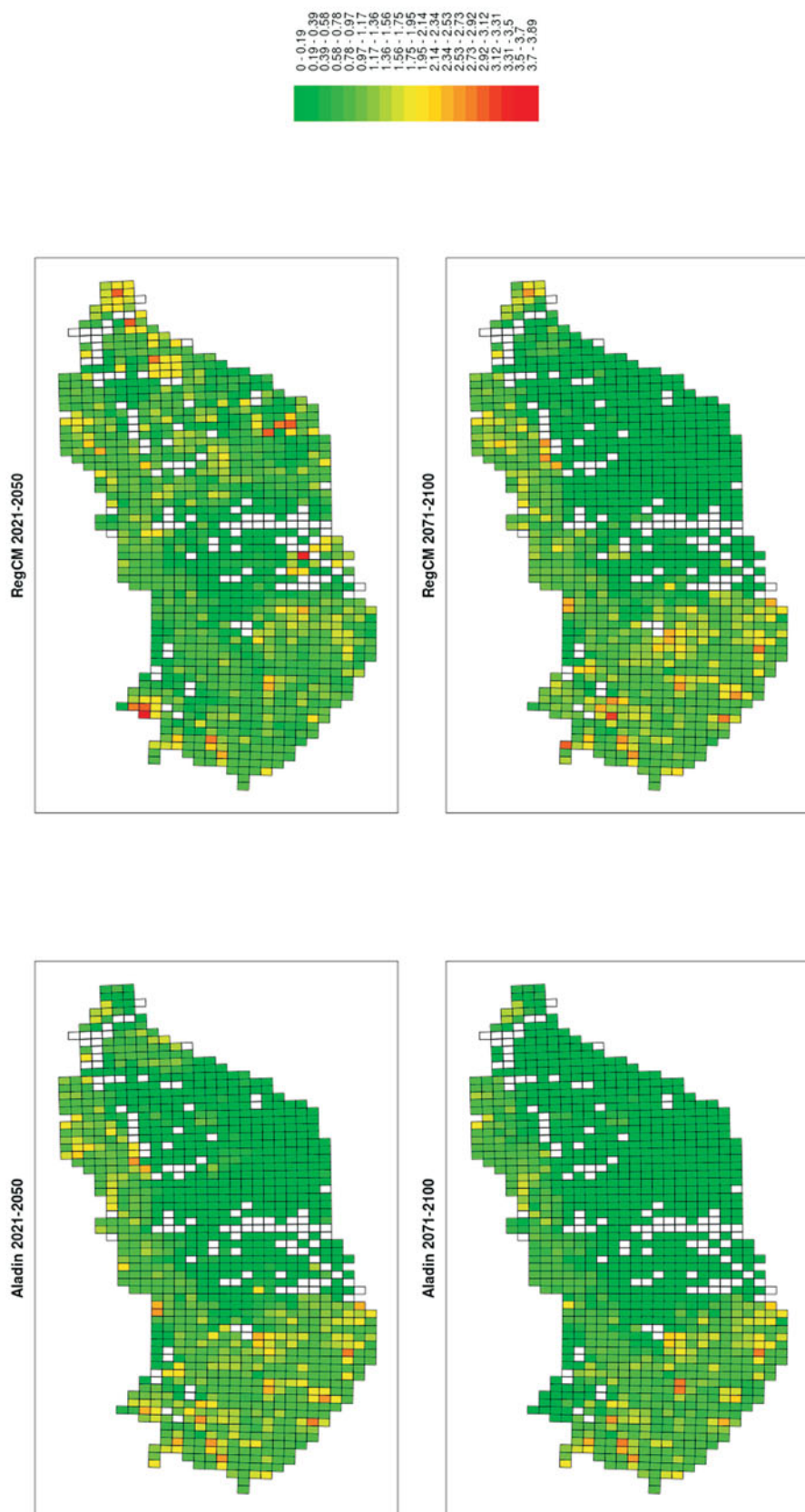
A következő 12 élőhely bizonyult a leginkább klímaérzékenynek: mészkerülő lomelegyes fenyvesek (N13), törmelékletjő-erdők (LY2), padkás szikesek, szikes tavak iszap- és vakszik növényzete (F5), bükkösök (K5_K7a), úszólápok, tűzeges nádasok és télisásosok (B1b), alföldi zárt kocsányos tölgyesek (L5), löszgyepek és kötött talajú sztyepprétek (H5a), hegylábi zárt erdőssztyepp és lösztölgyesek (L2x_M2), cseres tölgyesek (L2a_L2b), erdőssztyepprétek (H4), fűzlápok (J1a), gyertyános tölgyesek (K1a_K2_K7b). Ezek mindegyikében a klímaváltozók relatív fontossága legalább 55% volt (100-ból). A további elemzéseket ezekkel az élőhelyekkel végeztük.

A várható hatás és alkalmazkodóképesség-elemzések eredményei NATÉR négyzet szinten (1. ábra) bekerültek az online adatbázisba, valamint a településsoros eredmények (2. ábra) táblázatos formában részei a végső jelentésnek. A várható hatás becslések időszakonként és klímamoddelenként külön-külön rétegben, az alkalmazkodóképesség becslések pedig élőhelyenként elérhetők a NATÉR-WEB-en. Mindebből becslést lehet adni a természetközeli élőhelyek általános éghajlati sérülékenységére (3. ábra).



1. ábra. A klímaváltozás várható hatása a meglévő bükkös (K5_K7a) NATÉR négyzetekre vonatkoztatva. A részbrák címei a jövőbeli időszakokra valamint a használt klímamoddellre vonatkoznak. A színskála a zöldtől a piros felé a kedvezőtlen várható hatásig terjed





A projekt izlandi, liechtensteini
és norvégiai támogatásból valósul meg.

REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

eea
grants

NEHETI ALKALMAZKODÁSI KÖZPONT
Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

NAK

WATER

MFGI
MAGYAR FÖLDTANI ÉS
GEOFIZIKAI INTÉZET

3. ábra. Természetes élőhelyek sérülékenysége a leginkább klímaérzékeny 12 élőhely sérülékenysége alapján a NATeR négyzetekre vonatkoztatva. A részabrák címei a jövőbeli időszakokra valamint a használt klímamodellre vonatkoznak. A színskála a zöldtől a piros felé növekvő sérülékenységet jelez

A klímaváltozás várható hatása jellemzően kedvezőtlen a klímaérzékeny erdőkre (1–2. ábra). Kivételt jelentenek az alföldi zárt kocsányos tölgyesek (L5), amelyeknél a becslések nagyon változnak mind a vizsgált időszak, mind a klíamodell függvényében. Hasonló bizonytalanságok voltak tapasztalhatók az erdőössztyeppréteknél (H4) is, ezért ennek a két élőhelynek a becsléseit óvatosan kell kezelnünk. A többi (egyben fátlan) klímaérzékeny élőhely legalább részben profitálni látszik a klímaváltozásból. A vizes élőhelyeknél ez lehet a megnövekedett téli csapadék eredménye. Kedvező a várható hatás a löszsztyepprekre (H5a) és az egyéves szikes vegetációra (F5). Az utóbbi különösen erős kedvező hatást mutat, ami jól illeszkedik ahhoz a tényhez, hogy a szikes talajok jellemzően száraz és meleg klímában alakulnak ki, amerre a hazai klíma is halad a forgatókönyvek szerint.

A CSH-ek (Climate Sensitive Habitats) többsége klímazonális és elterjedt élőhely, így viszonylag magas alkalmazkodóképességgel rendelkeznek, ami nagyban kompenzálhatja a várható hatást. A széles elterjedtségű vagy egyébként blokkokban előforduló élőhelyek (gyertyános-tölgyes, bükkös, mészkerülő fenyőegyes erdők) alkalmazkodóképessége a blokkok belsejében magas, majd a szélek felé haladva csökken. Ettől eltér pl. a legelterjedtebb klímaérzékeny élőhely, a cseres-tölgyes (L2a_L2b) alkalmazkodóképesség mintázata, mivel ez anynyira jó összekötöttségű, hogy mindenhol magas alkalmazkodóképességgel rendelkezik. A többi élőhely alkalmazkodóképessége változatosabb mintázatot mutat, ezért kevésbé jósolhatóan hat a sérülékenységre.

A klíamodell megkezdésénél egységes képet mutatnak a hosszú távú (2071–2100) sérülékenység viszonylatában. A természetes vegetáció erőteljesebben sérülékeny Nyugat-Magyarországon és a középhegységekben, valamint a Nyírség keleti részén. Ennek valószínű oka, hogy az erdővegetáció a leginkább sérülékeny a klímaváltozás szempontjából. A rövidtávú sérülékenységet illetően ugyanakkor a két klíamodell alapján végzett elemzés eredménye eltér. Az ALADIN-Klíma jóslataival számolva a hosszú távú sérülékenységre hasonló mintázatot kapunk. A RegCM-et alkalmazva kisebb sérülékenység mutatkozik rövid távon a Dunántúlon, viszont nagyobb a délnyugati országrészben.

1.4. Következtetések

A bioklimatikus modellek alapján 12 klímaérzékeny élőhelyet azonosítottunk és elemeztünk a várható hatás és alkalmazkodóképesség szempontjából. A klímaérzékeny élőhelyek jelentős részt lefedik a hazai klímazonális vegetációt, így az ezek alapján levont következtetések várhatóan

reprezentatívak is a klímaváltozásra adott reakciókra nézve hazánkban. Azok a becslések tekinthetők leginkább megbízhatónak, amelyeknél mind a különböző klíamodell alapján kapott eredmények hasonlóak, mind pedig az időbeli trendek illeszkednek a két vizsgált periódusban. A klímazonális erdők és a gyepek közül kettő ilyen volt. Azokat a becsléseket azonban, ahol klíamodell vagy időszakok szerint jelentős eltérés van, fenntartásokkal kell kezelnünk.

A várható hatás és alkalmazkodóképesség becslések részletesen bekerültek az online adatbázisba, ami tudományos elemzések és gyakorlati lépéseket megalapozó vizsgálatok széles skáláját teszi lehetővé. Fontos azonban megjegyezni, hogy a jelen becslések csak az adott élőhely meglévő állományaira vonatkoznak. Ebből adódóan csak azokra a területi egységekre található adat a NATÉR adatbázisban, ahol jelenleg előfordul az élőhely. Javasoljuk, hogy ezeknek a részleteikben elérhető rétegeknek a felhasználásával kérdésenként történjen sérülékenységelemzés. Ez hatékonyabb és specifikusabb választ tud adni, mint egyetlen előre elkészített sérülékenységi réteg. Az ilyen jellegű elemzések eredményei leginkább a természetvédelmi és restaurációs prioritások megállapításához, valamint a tájértékelésben és a tájtervezésben használhatók fel.

1.5. A további kutatási-fejlesztési munka irányai

Eredményeink rámutattak, hogy a számunkra megfelelő felbontásban jelenleg elérhető két jövőbeli éghajlatmodell használatával egyes élőhelyeknél eltérő konklúziókra jutunk. Különösen igaz ez rövidtávon (2021–2050). Ezért a legfontosabb továbblépési irány a további, megfelelő felbontású (~10 km-es cellaméretű alapadat, majd térbeli leskálázás) modellek bevonása a vizsgálatokba.

Az elkészült várhatóhatás- és alkalmazkodóképesség-rétegek felhasználásával számos specifikus ökológiai kérdés megválaszolása lehetséges, további sérülékenységelemzési változatokra van mód.

Jelenleg a meglévő állományok sérülékenységéhez adtunk információt, de a várható hatás kiterjeszthető az egyéb területekre is, valamint alkalmazkodóképességi potenciál is értelmezhető a jelenleg az adott élőhelyet nem tartalmazó térbeli egységekre is. Ez utóbbihoz — az eltérő felhasználás okán — az alkalmazkodóképesség számítását is igazítani kell.

A várhatóhatás-eredmények további külső adat bevonásával felhasználhatók az éghajlatváltozás ökoszisztéma-szolgáltatásokra való hatásának vizsgálatához. Végül hosszú távú cél, hogy a természetes élővilágra vonatkozó elemzések beágyazódjanak átfogó, integrált CIVAS elemzés(ek)be.

Irodalom

- BÖLÖNI J., MOLNÁR Zs. és KUN A. (szerk.) 2011: Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója. – ÁNÉR 2011. MTA ÖBKI, 441 p. (Habitats in Hungary. Description and identification guide of the Hungarian vegetation.) In Hungarian with English summary.
- COOK, E. A. 2002: Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. – *Landscape and urban planning* 58, 269–280.
- CZÚCZ, B., CSECSERITS, A., BOTTA-DUKÁT, Z., KRÖEL-DULAY, Gy., SZABÓ, R., HORVÁTH, F. and MOLNÁR, Zs. 2011: An indicator framework for the climatic adaptive capacity of natural ecosystems. – *Journal of Vegetation Science* 22, 711–725.
- CZÚCZ, B., MOLNÁR, Z., HORVÁTH, F., NAGY, G. G., BOTTA-DUKÁT, Z. and TÖRÖK, K. 2012: Using the natural capital index framework as a scalable aggregation methodology for regional biodiversity indicators. – *Journal for Nature Conservation* 20, 144–152.
- HORVÁTH, F., MOLNÁR, Zs., BÖLÖNI, J., PATAKI, Zs., RÉVÉSZ, A., OLÁH, K., KRASSER, D. and ILLYÉS, E. 2008: Fact sheet of the MÉTA database. – *Acta Botanica Hungarica* 50, 11–34.
- IPCC 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed: PARRY, M. L., CANZIANI, O. F., PALUTIKOF, J. P., VAN DER LINDEN, P. J. and HANSON, C. E.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 976 p.
- MOLNÁR, Zs., BARTHA, S., SEREGÉLYES, T., ILLYÉS, E., BOTTA-DUKÁT, Z., TIMÁR, G., HORVÁTH, F., RÉVÉSZ, A., KUN, A. and BÖLÖNI, J. 2007: A grid-based, satellite-image supported, multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA). – *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 42, 225–247.

A NEMZETI ALKALMAZKODÁSI TÉRINFORMATIKAI RENDSZER INFORMATIKAI HÁTTERE

Info-technological background of National Adaptation Geo-information System

OROSZ LÁSZLÓ

főosztályvezető, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail:
oroszl.laszlo@mfgi.hu

SÓRÉS LÁSZLÓ

tudományos főmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail:
sores.laszlo@mfgi.hu

SIMÓ BENEDEK

webGIS fejlesztő, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, e-mail:
simo.benedek@mfgi.hu

KOVÁCS TAMÁS

programozó, piLINE Számítástechnikai Kft., e-mail: tamas.kovacs@piline.hu

SIPOS ATTILA

programozó, piLINE Számítástechnikai Kft., e-mail: attila.sipos@piline.hu

POPOVICS ISTVÁN

adatbázis szakértő, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet; e-mail:
popovics.istvan@mfgi.hu

Összefoglaló

A NATÉR-t nevéből is fakadóan, a kezdetektől kezdve informatikai környezetbe tervezték, elsődleges megjelenési formájának az internetet határozták meg. Külön munkacsoport feladata volt az informatikai háttér megtervezése, felépítése. A rendszer felépítésében a legnagyobb kihívást a portálrendszer jelentette. A webes felületeknek meg kellett felelnie a projekt elvárásainak és a kor követelményeinek is. A projekt egységesen és könnyen kezelhetően akarta megjeleníteni a különböző formátumú, nagyszámú végterméket. Ezek főleg dokumentumok, térképek, adatok és metaadatok. Ezeken túl lehetőséget akart biztosítani hosszú távon a web alapú kétirányú kommunikációra. Jelenti ez egyfelől a projekt mindenkor hivatalos publikus felületét, mint a kifelé történő kommunikáció fő fórumát, másfelől a projekt kívülről történő megszólítási lehetőségét. A NATÉR nem egy portált, hanem egy több portálból álló rendszert jelent. Ezek összessége alkotja a NATÉR portált, aminek 4 fő pillére van. (1) Az alapportál, mely mindenki számára elérhető és a projekt fő általános információkat közlő felülete. Fontos része ennek a portálnak a felhasználók kezelése (regisztráció, be/kilépítés). (2) A metaadat rendszer, mely a több száz adatrétegről tárol szabványos formában meta információkat és egyúttal segíti az adatok közötti tájékozódást. (3) A térképi portál, mely a több 100 tematikus réteget mutatja be. A felület mindenki számára elérhető. (4) Az adatbázis-kezelő felület. Ez a felület hivatott az adatbázisban lévő adatok táblázatos megjelenítésére. A felület lehetővé teszi az adatok szűrését, exportálást. A felület csak regisztrált felhasználók számára érhető el. Ezekre a pillérekre alapozott rendszer jelenti jelenleg a NATÉR interfészt. Fontos megemlíteni, hogy a „színfalak mögött” található a NATÉR belső adatrendszere, mely szintén a NATÉR informatikai háttérének része. Ezek a publikus felületen elérhető anyagokhoz képest sok esetben több információt hordoznak és alkalmasak újabb vagy a publikáltaktól eltérő tematikák levezetésére.

Abstract

The overall objective of the National Adaptation Geo-information System (NAGiS) project is to develop a multipurpose geo-information system that can facilitate the policy-making, strategy-building and decision-making process related to the impact assessment of climate change and founding necessary adaptation measures in Hungary. Based on statutory authorization, Government Decree No. 94 of 2014 (III. 21.) laying down detailed rules of operation of the National Adaptation Geoinformatic System, was issued in March 2014 and the General Rules of Operation of NAGiS were approved in May 2014. Based on the Decree, NAGiS will be run by the Geological and Geophysical Institute of Hungary. The development of the NAGiS took 2.5 years. Beside the many final documents and reports four main pillars of the system can be seen and used on the web: (1) The web portal: nagis.hu, (2) The metadata portal: nagis.hu/metaadat, (3) The webmap portal: map.mfgi.hu/nagis (4) The database portal: nagis.hu/geodat. The portals shows the results of the project. NAGiS has more than 900 data layers and ca. 650 map layers at the beginning. The layers covers the following topics: groundwater level, climate, drinking water protected area, ecology, heatwave, demography, road accidents due to extreme weather, economy, land cover, climate change attitude, forestry, field production, tourism climatology, flashflood. NAGiS provides you reports, metadata, map layers and after being registered you can even reach numeric data. The main goal was to create a flexible system that can be updated any time. New layers can be added in a very simple way in the future. Also a very important message to the users that NAGiS is not only the webportals but all the background data and the experts ready to answer more complex questions about our future.

1.1. A NATÉR informatikai igényei

A 2016. május 1-jén induló rendszer több mint 900 adatréteget tartalmaz, melyek a következő fő klímaváltozásnak kitett témaköröket érintik: talajvíztükör, ivóvízbázis, villámár-

víz, klíma, éghajlatváltozás, hőhullámok, szélsőséges időjárási helyzetek közötti balesetekre gyakorolt hatása, demográfia, gazdaság, felszínborítás, lakossági klímaváltozási attitűdök, ökológia, ökoszisztéma szolgáltatás indikátor, erdészet, szántóföldi növénytermesztés, turisztikai klimatológia.

A projektben összegyűjtött adatokat egységes módon kellett tárolni, kereshetővé tenni és megjeleníteni. E mellett létre kellett hozni azt az informatikai környezetet, amely a belső hálózaton (MFGI intranet) és az Interneten is a felhasználók számára ideális körülmények között teszi elérhetővé és jogosultság függvényében szerkeszthetővé az adatokat.

Ennek érdekében a NATÉR projekt nem egy portált, hanem egy több portálból álló rendszert hozott létre. Ezek összessége alkotja a NATÉR portált, aminek 4 fő pillére van:

1. *nagis.hu*: az alapportál, mely mindenki számára elérhető és a projekt fő általános információkat közlő felülete. Fontos része ennek a portálnak a metaadat rendszer és a felhasználók kezelése (regisztráció, be/kilépítés)
2. *nagis.hu/metaadat*: a több száz térkép mellett a NATÉR több ezer kapcsolódó munkaállományt tárol. Ebben az óriási adathalmazban tájékozódni nem egyszerű feladat. A létrehozott metaadat rendszer a különböző szintű felhasználói igényekhez alkalmazkodva szükséges és elégséges mennyiségű információt biztosít az eligazodáshoz. Valamint az egyes adatelemek kapcsolatait, előállításuk módszerét, az eszközök használati módját, és a háttér adatok fellelhetőségét hivatott leírni és a felhasználó számára közvetíteni.
3. *map.mfgi.hu/nater*: a térképi portál. Ezen a felületen lehet megtekinteni az interaktív térképi böngészőt, mely a több mint 600 tematikus réteget mutatja be. A felület mindenki számára elérhető.
4. *nagis.hu/geodat*: az adatbázis-kezelő felület. Ez a felület hivatott az adatbázisban lévő adatok táblázatos megjelenítésére. A felület lehetővé teszi az adatok szűrését, exportálást. A felület csak regisztrált felhasználók számára érhető el.

1.2. A NATÉR felépítése

A NATÉR három belépési ponttal rendelkező webportálrendszerből áll. (1. ábra) Az egyik a mindenki számára szabadon elérhető NATÉR portál, a másik a térképi portál, a harmadik a GeoDat nevű, egyedi fejlesztésű adatbázis-kezelő felület. A három egység működését, felépítését, funkcióit valamint a metaadat környezetet és háttérét mutatjuk be a következőkben.

1.2.1. NATÉR portál: *nagis.hu*

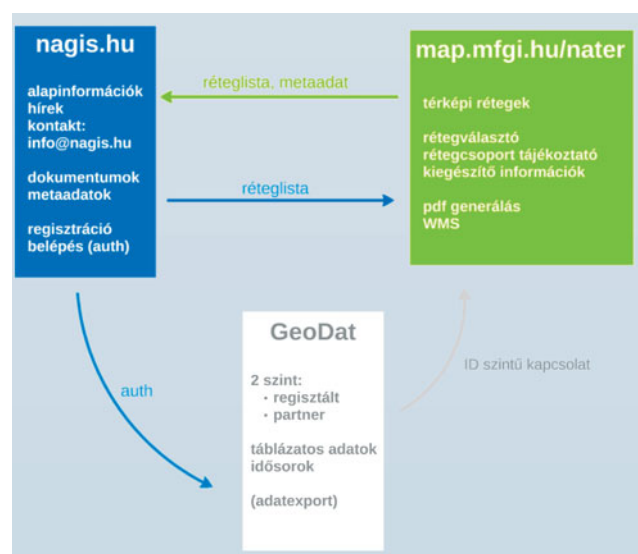
A felület egy Drupal 7.x tartalomkezelő (CMS) alapú klasszikus portál. Célja az általános információk, hírek és elérhetőségek publikálása. Fontos funkciója a regisztrációs lehetőség biztosítása, mely a 94/2014. (III. 21.) Kormányrendelet értelmében részben történik csak ezen a felületen. A felhasználó kitölti a regisztrációhoz szükséges adatokat, majd a felület által generált PDF állományt kinyomtatva, aláírva és postai úton juttatja el a megadott címre. Az adminisztrációt követően a regisztrált felhasználó szintén ezen az oldalon tud belépni a rendszerbe.

A portálon található egy dokumentumtár is, mely tartalmazza a rendszer létrehozása során keletkezett kutatási zárójelentéseket, az összegző tanulmányt, a döntéstámogató tanulmányokat, PR anyagokat és hírleveleket.

1.2.2. NATÉR metaadat rendszer: *nagis.hu/metaadat*

A metaadatbázis implementációja során az MFGI által kifejlesztett Általános Földtudományi Adatbázis (ALFA) rendszert használtuk. Az ALFA fejlesztésekor az alapvető szempont az volt, hogy az MFGI INSPIRE adatszolgáltatási kötelezettségének teljesítéséhez megfelelő háttérrel biztosítson.

A metaadat rendszer elsődleges használata a célorientált keresés támogatása. A térképekre vonatkozó összes metaadatot a rendszer ún. ALFA Map objektumokban, érvényesített XML állományok formájában tárolja. A Map objektumok halmaza egy térképkatalógust alkot. A katalógushoz az ALFA kétféle keresési lehetőséget biztosít: attribútum szerinti és szabad szöveges keresést. Az attribútum szerinti keresésnél a következő tulajdonságok értékeire kereshetünk rá: szerző, cím, absztrakt, adatszolgáltató, témacsoport, CIVAS kategória, kulcsszó. A címben és absztraktban előforduló szöveg töredékre, a többi tulajdonság esetén kiválasztható értékre kereshetünk. A szabad szöveges kereső tetszőleges szöveget, vagy szöveg töredéket tartalmazó rekordok azonosítására szolgál. A keresések pontosítása a Lucene szintaxisal lehetséges. A találati halmaz elemei a térképek címét és rövid kivonatát tartalmazzák, valamint egy linket, ami a legfontosabb metaadatokat tartalmazó lapra mutat. A metaadat kezelő alkalmazás a hierarchikus szerkezetet elfedi, abból csak a felhasználó számára érdekes adatokat és linkeket, valamint a térképekhez kapcsolódó dokumentáció elérhetőségét emeli ki, mutatja meg. A kivonatos leírásból tovább



1. ábra. A NATÉR portálrendszer felépítése

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

lehet lépni a Map objektum teljes leírásához. Az ALFA rendszer innen biztosítja az átjárást a térképhez kapcsolt objektumlánc elemeihez, pl. a térkép előállítására használt háttér adatokhoz is (mintavételi alakzatok).

A térképi metaadatok azonosítói megegyeznek a NATÉR térképi adatbázis azonosítóival. A két rendszer rekordjai ezáltal kapcsolódnak egymáshoz. A metaadatok a térképi portáljáról is elérhetők. A mindenkor kiválasztott réteghez az adott térkép metaadat leírása megjeleníthető.

A NATÉR rendszerhez kialakított attribútum készlet az ISO-19139 szabványhoz igazodik. Az ALFA térképkatalógus állományából XSL transzformációval állnak elő az ISO 19139 metaadatok, amelyek a Geonetwork alapú metaadat katalógusba kerülnek. Ez biztosítja az INSPIRE előírások szerint működő nyilvános kereső szolgáltatást.

1.2.3. NATÉR térképi portál:

map.mfgi.hu/nater

A NATÉR térképi háttere az ESRI cég térinformatikai szoftverein alapul. Ez főleg a rendszer felépítésért és működtetésért felelős MFGI geoinformatikai hátterének köszönhető. Mind szerver, mind kliens-oldalon az ArcGIS 10.3-as szoftverkörnyezetben épült fel a rendszer. A több száz térképi réteg szolgáltatói a következő szervezetekből állnak: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Országos Meteorológiai Szolgálat, Országos Közegészségügyi Központ Országos Környezetegészségügyi Igazgatóság, Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Regionális Kutatások Intézet, MTA Agrártudományi Kutatóközpont, MTA Ökológiai Kutatóközpont, MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézet, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Erdészeti Tudományos Intézet, Szegedi Tudományegyetem.

A lehetőség szerint egységes adatszolgáltatást egy részletes GIS útmutató segítségével alapoztuk meg. Az útmutató tartalmazta azokat a technikai feltételeket, melyek szükségesek voltak ahhoz, hogy egy tematika a NATÉR rendszer részévé váljon.

Az adatszolgáltató partnerek eltérő módon szolgáltatták az adatokat. A feldolgozás után az alábbi területi vonatkozásokat határoztuk meg:

- közigazgatási egységekre (település, járás, kistérség, megye) vonatkoztatott adatok,
- CarpatClim-HU rácspontra vonatkoztatott adatok,
- vektorizált raszterek (1×1 km-es poligon egységekkel)
- raszteres adatok.

A CarpatClim-HU adatsoroknál minden esetben egyeztetünk az adatgazdával, hogy alkalmazhatók-e interpolálási eljárások, melyek segítségével a térkép olvashatóságát könnyíteni lehet. A klíma témakört leszámítva szakmai okok miatt nem támogatták az interpolálást, így az 1104, rácspontra illesztett „csempés” megjelenítés mutatja be ezeket a tematikákat.

A klímarétegek esetén az interpolálási ArcGIS Spatial Analyst környezetben végeztük el két eszköz (tool) segítségével, az alábbi paraméterezéssel:

- IDW (inverse distance weighted): Cellsize: 250; Power: 0.5; Search Radius (fixed), distance: 25 000; (environments-processing extent: same as layer orszaghatar).
- Focal Statistics: Circle; Radius: 13 Cell; MEAN.

A NATÉR térképi rétegek méretaránya általában 1:500 000 és 1:1 000 000 közé esik. Tematikaként egységes. A NATÉR jelenlegi verziója — bár technológiailag alkalmas lenne — nem teszi lehetővé egyszerre több tematikus réteg megtekintését, egymásra hívását. Erre a döntésre azért volt szükség, mert szakmailag nem volt vállalható, hogy a tematikák bármilyen kombinációban egymás mellett megtekinthetők legyenek. Nem csak az esetleges méretarány-eltérések okán, hanem a szakmailag indokolatlan, megalapozatlan kombinációk miatt sem. Ugyanakkor jogos elvárás, hogy a rendszer kezelje ezt a problémakört. A NATÉR lehetséges fejlesztési lehetőségei között szerepel is ez a témakör. (A térinformatikus szakemberek a WMS szolgáltatások segítségével könnyen egymásra tudják hívni már most a rétegeket.)

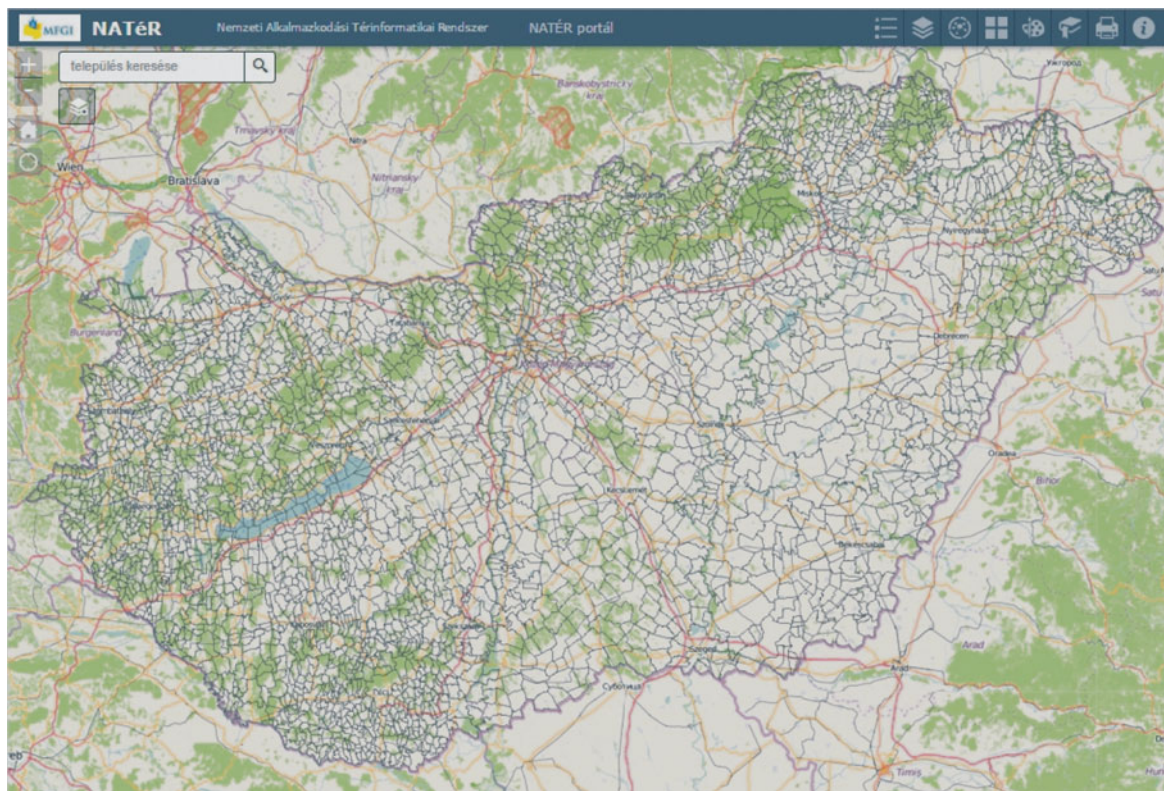
A térképi előkészítés az MFGI belső hálózatán zajlott. Témakörönként egy File Geodatabase (fgdb) tartalmazza az adatokat. A fgdb-ekben lévő feature class-ok (fc) nevezéktana egységes. Minden fc-nak egyedi neve van. Ezt az egyedi — kódszótár alapú — azonosítót használjuk az adatrétegek metaadattal és a nem térképi adatokkal való összekötésénél is. Ennek köszönhetően minden NATÉR tematika a teljes rendszerben egységes módon definiálható, meghívható.

A fgdb-ekhez több mxd tartozik. Ezek az mxd-k tartalmazzák azokat a megjelenítési beállításokat, melyek a webes publikáláshoz szükségesek. Fontos szempont volt, hogy a felhasználó/térképolvasó a réteg neve, a jelmagyarázat és adott esetben az infó gomb — mely a térképre kattintással automatikusan információt jelenít meg az adott objektumról — segítségével minden szükséges tájékoztatást megkapjon a tematika értelmezéséhez.

Az így előkészített térképi tematikákat a webes publikálás előtt át kellett vetíteni EOVR rendszerből Web Mercator vetületbe, ami a webes térképek legelterjedtebb vetülete.

Az elkészült mxd kiterjesztésű állományokból ArcGIS Server segítségével jöttek létre a térképi alkalmazás alapjául szolgáló rétegek. A metaadat-szolgáltatáshoz szükséges alapok is ebben a folyamatban alakultak ki. Az elkészült térképi rétegeket az ArcGIS Server REST interfészén keresztül éri el az alkalmazás.

A térképi felület (2. ábra) egy ArcGIS Server-re épült JavaScript alapú egyedi ráfejlesztéseket tartalmazó, reszponzív felületű webes alkalmazás. Az egyedi megoldásokat főleg a rétegválasztás megoldásánál kellett alkalmazni. A több száz réteg hagyományos módon történő kezelése lassúvá tette volna a rendszert. A mostani eljárás segítségével a réteg kiválasztása után kerül meghívásra a kiválasztott egyetlen térképszerviz.



2. ábra. A NATÉR térképi portál

Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

A térképi portál eszköztárából meghívható a látható réteghez tartozó metaadat. Továbbá sok hagyományos funkció — pl. település-keresés, alaptérkép-választás, vázlatkészítés — túl egy paraméterező exportfunkció is segíti a felhasználást. A teljes funkcionalitásról a NATÉR felhasználói kézikönyve ad tájékoztatást.

Minden térképi réteghez tartozik WMS szolgáltatás, melyekhez az elérési út a metaadatok között megtalálható.

1.2.4. Az adatbázis portál: *nagis.hu/GeoDat*

A NATÉR GeoDat egy böngészőben futó alkalmazás, amellyel a NATÉR rendszerben lévő adatokat jeleníthetünk meg táblázatos vagy grafikus (idősorok esetén) formában. Megfelelő jogosultság esetén a felület segítségével az adatok karbantartása is lehetséges.

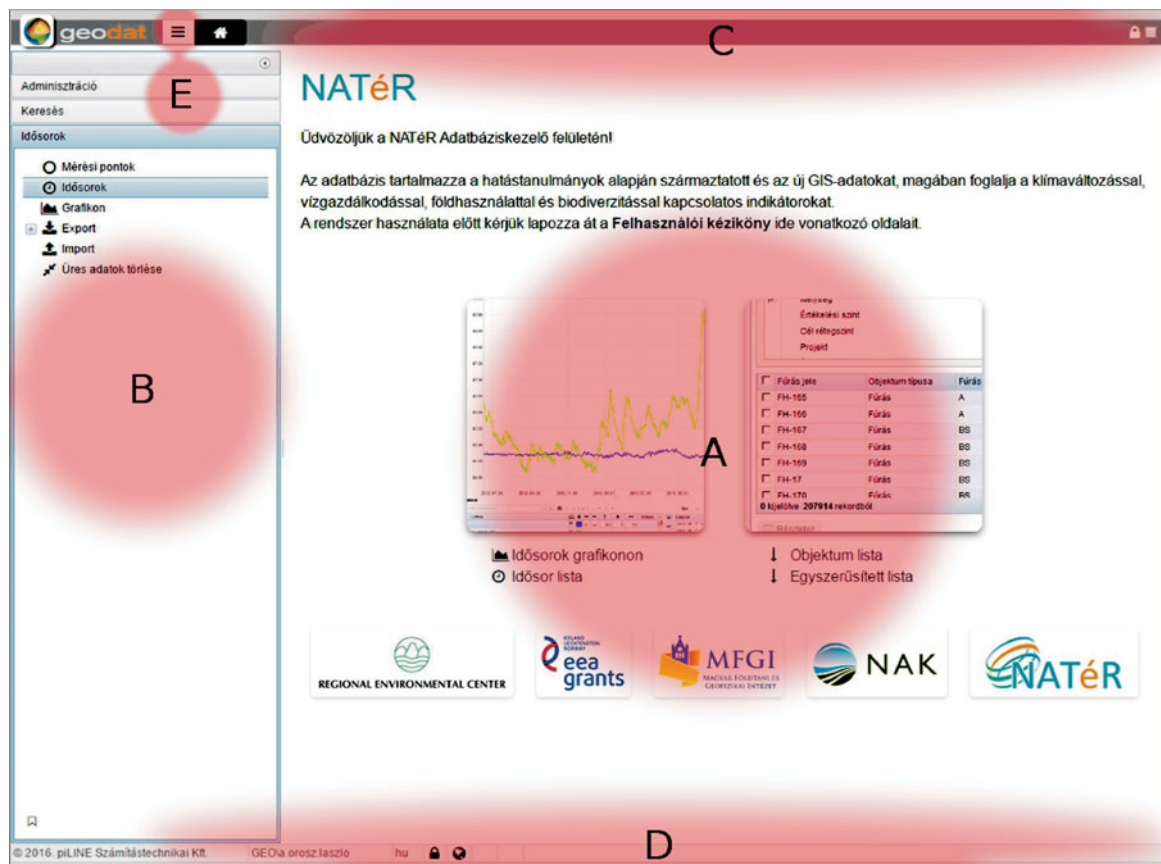
A GeoDat mögött egy Microsoft SQL szerver tárolja az adatokat. Az adatmodell központi entitása egy térbeli vonatkoztatási hellyel rendelkező objektum. Az objektumhoz tartoznak törzsadatok, attribútum adatok és idősoros adatok. Törzsadatok alatt az objektumok alapadatait értjük (pl. név, jel, koordináták, típus). Ha változás történik, az előző entitás archiválásra kerül, így később is megtekinthető, összehasonlítható a jelenlegi állapottal. Az attribútum adatok egy általános adattárolási modell (entitás-attribútum-érték, EAV) alapján kerülnek rögzítésre több tábla segítségével. Az attribútum táblák az alábbi öt adatkört tárolják:

- objektum-azonosító,
- idő: a mérés/észlelés ideje,
- paraméter-azonosító: a mért/észlelt paraméter azonosítója,
- paraméterérték: a mért/észlelt paraméter értéke (numerikus vagy szöveges adat),
- megjegyzés: minden egyéb kiegészítő információ.

Ez a megoldás lehetővé teszi bármilyen témakör tárolását. A NATÉR témakörök szinte mindegyike attribútum adatként tárolható. Az idősoros adatok is tárolhatók lennének ebben a szerkezetben, de ott a felhasználás módja (ti. egyszerre kell az egész adatkört mozgatni) indokoltá teszi az eltérő adattárolást. Az idősoros adatok jellemzői, hogy egy objektum egy attribútumához nagy számú (a NATÉR esetében több tízezer) adatot tartalmaz. Tipikus idősoros adat pl. a vízállás vagy hőmérséklet-rögzítés során keletkező adatsor.

A GeoDat alkalmazást a piLINE Kft. fejlesztette a NATÉR igényeinek megfelelően. Az alkalmazás alapja egy Java EE kompatibilis alkalmazáserver. Ez egy Java alapú szoftverplatform, ami vállalati környezetben elfogadott egységes API-t és futtató környezetet kínál. A böngészőben futó felhasználói felület a Dojo Toolkit (vezérlőelemek) és a Dyrgraphs (idősoros diagramok) felhasználásával készült.

A felület csak a NATÉR regisztrált felhasználói számára érhető el. A munkaterületen (3. ábra) objektumokat és idősorokat lehet keresni összetett szűrési beállítások segítségével. A szűrések paraméterezhetők valamennyi attribútum



3. ábra. A GeoDat kezdőképernyője és fő területei. A – Munkaterület, B – Funkcióindító sáv, C – Navigációs sáv, D – Státusz sor, E – Menü gomb
 Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

adatra is. A felületen szabályozható, hogy az eredménylista milyen mezők adatait tartalmazza. Nem szükséges megjeleníteni minden mezőt, mely alapján a szűrés történik. Az eredménylista egy teljes képernyőt betöltő mátrix, amely az eredményrekordokat tartalmazza. A lista tulajdonságai:

- oszlop/attribútum szerint újrendezhető,
- oszlopok sorrendje paraméterezhető, szélessége állítható,
- attribútum cellák értéke azonnal módosítható, a korábbi adat ekkor sem törlődik, hanem naplózásra kerül és visszakereshető lesz,
- a lista sorai kijelölhetők további művelethez,
- „végtelen” lista: a teljes találati lista lapozás nélkül, a görgetősávot használva bejárható

Az eredménylista exportálható Excel formátumban.

Az eredménylista bármely soráról eljuthatunk az adott objektum „törzslapjára” (4. ábra). A törzslapon megtalálható az objektumhoz tartozó minden törzsadat, valamint fülkre osztott paneleken az attribútum adatok. Külön panelen van lehetőség az objektumhoz dokumentumokat csatolni. A NATÉR rendszerben jelenleg a sekélyfúrásokhoz tartozó makroszkópos leírások szkennelt jegyzőkönyvei találhatók meg.

Az idősoros attribútumok megjelenítése történhet grafikus formában is. Ezt külön modullal oldja meg a GeoDat. A

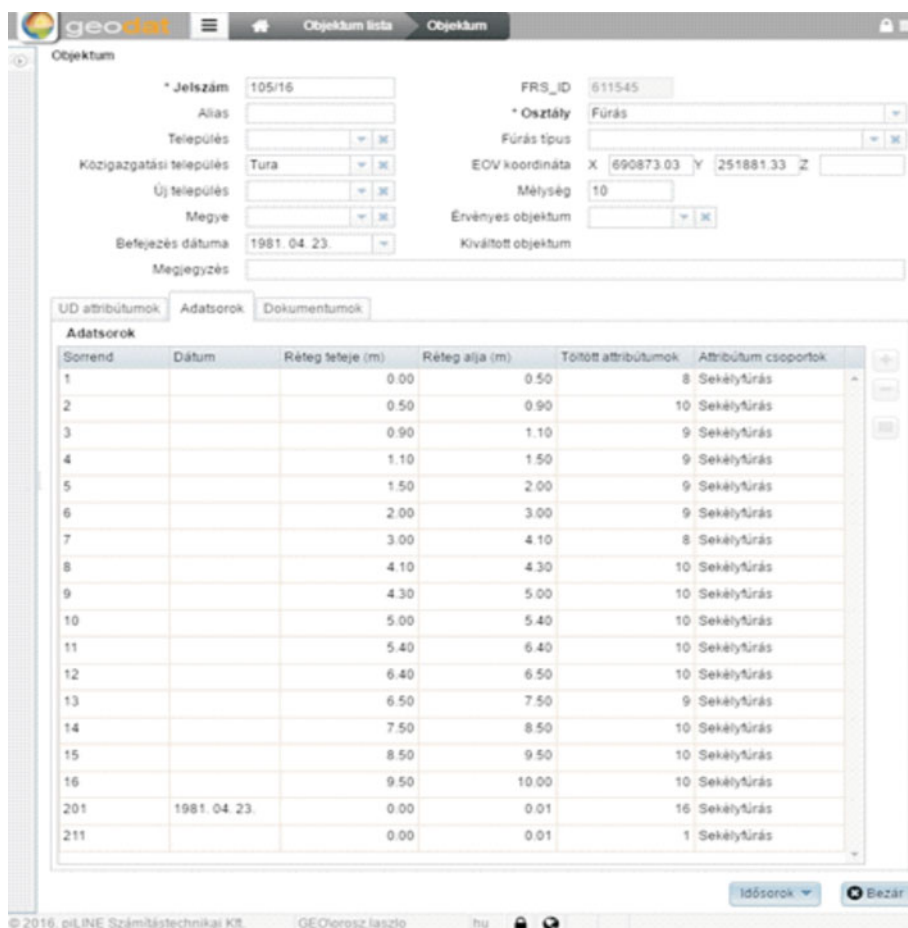
funkció indításakor objektumokat kiválasztva a hozzájuk rendelt attribútumok közül kérhetünk többet is grafikonon megjeleníteni. A grafikon nagyítható, újabb attribútumok kérhetők megjelenítésre, vagy eltávolíthatóak a látványból a már nem szükségesek.

Az egyes idősorok egymástól függetlenül skálázhatóak és függőlegesen eltolhatóak. További szokásos látványelemek is konfigurálhatóak, mint pl. vonal színe, felirat, vastagság. Vizuális beállítás még a folytonossági paraméter: idősoronként állítható, hogy milyen időhosszúságú adathiány jelenjen meg szakadásként a diagramon (5. ábra).

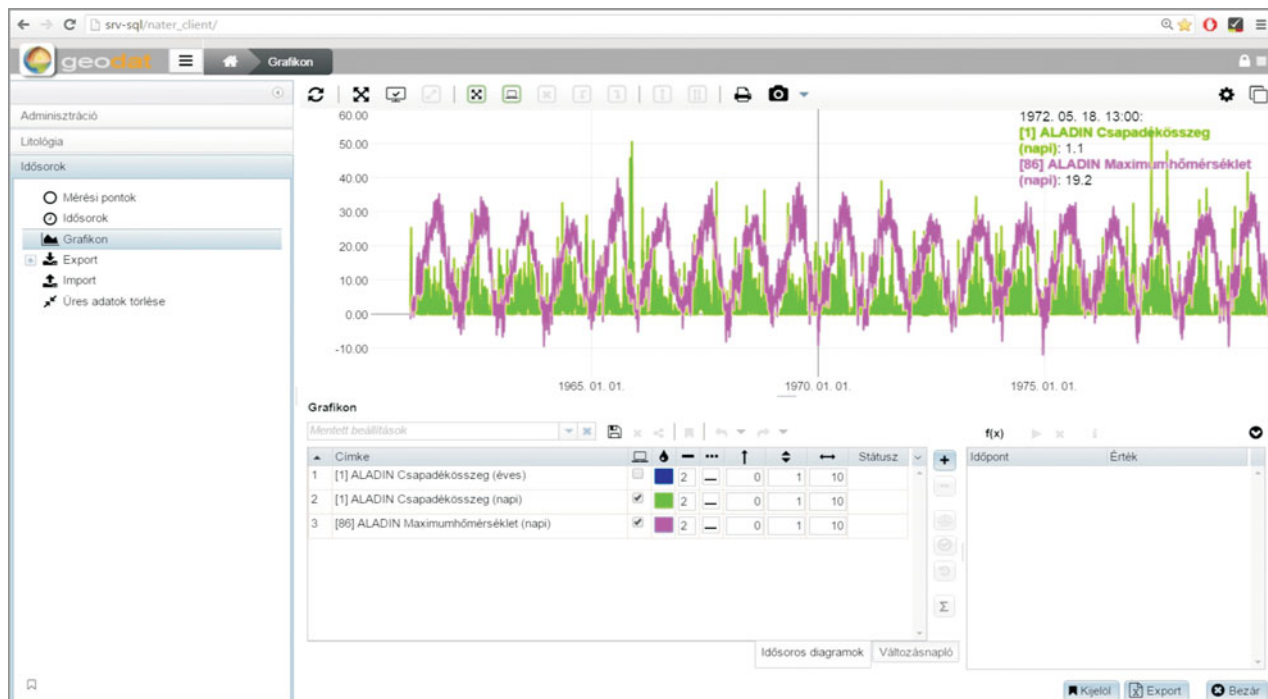
A létrehozott grafikonok kinyomtathatóak és exportálhatóak a képernyőn látható formában.

A GeoDat alkalmazás fontos része még az autentikáció és a jogosultság-kezelés. Az alkalmazás ezekkel együtt válik teljes értékűvé, mely szabályozott, ellenőrzött formában tudja a jogosultak számára elérni, szűrni, karbantartani és többféle módon megjeleníteni az adatokat.

A NATÉR-t többször hasonlították egy olyan képzeletbeli fiókos szekrényhez, melyben a fiókok száma és mérete tetszés szerint alakítható. A fentiekben bemutatott rendszer a szekrény, a váz. A váz is értékes mestermunka, de a benne lévő fiók-tematikák teszik még érdekesebbé, izgalmasabbá és a felhasználók számára vonzóvá azt. Reméljük sokak érdeklődését felkelti a lehetőség, és a NATÉR mint hasznos



4. ábra. A 105/16-is sekélyfúrás törzslapja
Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet



5. ábra. Grafikon megjelenítő
Forrás: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

eszköz kerül a klímaváltozással és az ehhez való alkalmazkodással foglalkozók kezében.

1.3. NATÉR 2.0

A rendszer elkészült és a terhelési teszteken is megfelelő eredményeket mutatott. A megjelenése utáni első hónapban közel 1000 bejelentkezés történt. A felhasználók 80%-a első sorban a metaadatokat és a térképi tartalmat keresik és használják. E rövid tapasztalat és a fejlesztés során megfogalmazódott egy olyan továbbfejlesztési irány, mely a rendszert nem csak tematikában, hanem funkcionalitásában is gazdagabbá, sokoldalúbbá tenné.

Alapvető igény a felhasználókban a térképi rétegek kombinációja. Ennek technológiailag semmi akadálya nincs, de az adatok jelen állapotukban ezt nem engedik meg. A

NATÉR tartalmi egységesítése, egyveretűvé tétele és ezek után az adatréteg-összekapcsolhatóság kombinációinak kidolgozása komoly kihívás egy esetleges következő fejlesztési fázisban.

Szintén elvárható lenne a rendszertől, hogy ne csak megjelenítsen, hanem tematikától függően on-the-fly számításokat is lehetővé tegyen a felületen. Igény lenne a térbeli elemzésekre — szűrés, leválogatás, halmazképzés — biztosítására is. Mindezek az asztali környezetben már megszokott, ám webes környezetben még nem annyira elterjedt GIS módszereket, eszközkészleteket fejlesztését igényli.

Az adatháttér fejlesztésének fontos feladata, hogy a jelenlegi GeoDat és térképi adatbázisok szinkronizálása automatizálva legyen. Ezzel elérhetné a NATÉR, hogy ha az alapadatokon változtatunk, akkor a szintén adatbázisban rögzített módszertan segítségével a térképi tartalom is azonnal változna.

Irodalom

- Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS): Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Nemzeti Alkalmazkodási Központ 2014. <http://nak.mfgi.hu/sites/default/files/files/nes080214.pdf>
- SZALAI, S., AUER, I., HIEBL, J., MILKOVICH, J., RADIM, T., STEPANEK, P., ZAHRADNICEK, P., BIHARI, Z., LAKATOS, M., SZENTIMREY, T., LIMANOWKA, D., KILAR, P., CHEVAL, S., DEAK, GY., MIHIC, D., ANTOLOVIC, I., MIHAJLOVIC, V., NEJEDLIK, P., STASTNY, P., MIKULOVA, K., NABYVANETS, I., SKYRYK, O., KRAKOVSKAYA, S., VOGT, J., ANTOFIE, T. and SPINONI, J.: Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report. <http://www.carpatclim-eu.org/>
- OROSZ L., SIMÓ B., KOVÁCS T., SIPOS A. and POPOVICS I. 2016: A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer téradat kezelése. RS&GIS
- SÓRÉS L. 2016: A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer metaadat kezelése. RS&GIS

Metaadat:

- Cox, S., OGC 2010: Geographic Information: Observations and Measurements. — OGC Abstract Specification Topic 20
- Drafting Team Metadata and European Commission Joint Research Centre, 2013:
- INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119. http://inspire.ec.europa.eu/documents/Metadata/MD_IR_and_ISO_20131029.pdf
- Drafting Team „Data Specifications”, 2013: INSPIRE Data Specifications — Base Models — Coverage Types, Version 1.0rc3. http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.10.2_CoverageTypes_v1.0rc3.pdf

A szerver oldali fejlesztésnél alkalmazott módszerekről:

- JAVA EE: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview/index.html>
- <https://glassfish.java.net/>
- <http://www.payara.fish/>
- EAV: https://en.wikipedia.org/wiki/Entity%E2%80%933attribute%E2%80%933value_model

A kliens oldali fejlesztésnél alkalmazott módszerekről:

- Dojo: <https://dojotoolkit.org/>
- SitePen Dgrid (táblázatok, mátrix): <http://dgrid.io/>
- Idősoros grafikonok: <http://dygraphs.com>
- Ikonok: <https://fortawesome.github.io/Font-Awesome/>

A NATÉR, MINT AZ ÉGHAJLATI SZEMLÉLETFORMÁLÁS ESZKÖZE

NAGiS as a Tool of Raising Awareness on Climate Change

KAJNER PÉTER

e-mail: kajner.peter@mfgi.hu

Összefoglaló

A 2013 szeptembere és 2016 áprilisa között megvalósított EEA-C11-1 NATÉR projekt szemléletformálási tevékenysége a szakmai munka időközi és végső eredményeinek folyamatos kommunikációjára, illetve a hálózatépítésre koncentrált. A NATÉR Projekt Kommunikációs tervében foglalt célkitűzéseket és indikátorokat teljesítettük. Létrejött a NATÉR Portál, mely az éghajlatváltozással szembeni sérülékenységi számításokat bemutató, naprakész információs csomópont. Intenzív kutatói együttműködés alakult ki az adatrétegeket fejlesztő intézmények között. A honlapon regisztrált felhasználók száma meghaladta a 190-et. 3 saját szervezésű konferencián, 8 műhelymunkán mutattuk be a projekt rész-, illetve végleges eredményeit. 45 előadást tartottunk különféle szakmai rendezvényeken külföldön és itthon. 18 publikáció készült. A most lezárt fejlesztési szakasz kommunikációjának elsődleges célcsoportja a szakmai közösség és a közvetlen kutatói partnerek, valamint az országos, illetve önkormányzati döntéshozók, döntés-előkészítők köre volt. A NATÉR Portál jelenlegi formájában nyelvezetét, tartalmát tekintve inkább a szakemberek számára bír komoly értékkel. A szélesebb közönség, a média érdeklődése eddig viszonylag szerény volt, de érezhetően nő az érdeklődés a NATÉR iránt. A Portál tartalmának értelmezéséhez, illetve a tervezésben való használatához mindenképpen szükséges az aktív szakértői támogatás. Javasoljuk, hogy a NATÉR fejlesztésének következő szakaszához kapcsolódóan kezdődjék meg a disszeminációs tevékenység újabb üteme. Ennek átfogó célja lehet az, hogy a NATÉR váljon jól használható, közismert és gyakran használt eszközzé az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást szolgáló tervezésben és döntéshozatalban országos, regionális, helyi szinten; segítse a szélesebb közvélemény tájékozódását e témában. Az e célból levezetett stratégiai célokra és eszközökre vonatkozó javaslatokat is bemutatjuk a tanulmányban.

Abstract

Between September 2013 and April 2016 the dissemination activities of the EEA-C11-1 NAGiS Project were focused on communicating interim and final results of the professional work and building networks. The objectives and indicators of the NAGiS Communication Plan were met. The NAGiS Portal, a 'one-stop-shop' presenting up-to-date results on vulnerability assessments for Hungary was established. Intense co-operation was formed between researchers of the institutes responsible for the elaboration of data layers. There are over 190 registered users of the portal. 3 conferences, 8 workshops were organized to present interim and final results of the project. 45 presentations were held at professional events in Hungary and in other countries. 18 publications were elaborated or published. The primary target groups of the communication of the recently finished development period were experts, MFGI's research partners, and national, municipal decision-makers, planners. The content of the NAGiS Portal is valuable rather for experts now. The public and the media have been less interested up to now, however attention to NAGiS is rising. Active support of NAGiS experts is always required for proper understanding of the results presented on the Portal and using them for planning. It is proposed that a new period of dissemination should be begun with the new development period of NAGiS. The overall goal of it can be the following. The NAGiS should become an easy-to-use, well-known and often used tool of climate change adaptation planning and decision making on national, regional and local level; and the system should help informing the public on climate change issues in Hungary. The strategic goals and tools for reaching the overall goal are presented here too.

1.1. A kutatás háttere és indokoltsága (célkitűzések)

Az éghajlatváltozáshoz való sikeres alkalmazkodás alapfeltétele, hogy a körülöttünk zajló folyamatokról és a várható hatásokról minél pontosabb információkkal rendelkezünk.

Az adaptációval kapcsolatos, a jövőt érintő döntéseket jelentős bizonytalanság mellett hozzuk meg. Ebből adódóan hibás döntések is születnek, melyek hibás alkalmazkodási lépésekhez vezetnek. A hibás alkalmazkodás ahelyett, hogy csökkentené a sérülékenységet, növeli azt (FÜLÖP et al. 2006, p.49).

A hazai lakosság klímatudatosságáról az elmúlt években több kutatás is készült. Az MTA KRTK kutatói 2015-ben végeztek reprezentatív felmérést a hazai, 15 évesnél idősebb lakosság körében (BARANYAI és VARJÚ 2015). Az eredmények szerint a megkérdezettek 98%-a hallott az éghajlatváltozásról. Az aktuális problémák sorában azonban csak a hatodik helyet kapta. Megelőzik az egészségügy helyzete, az elszegényedés, a környezetszennyező életmód, a pazarló fogyasztás, a munkanélküliség. A legfontosabb következmények között (fontossági sorrendben) a hőhullámokat, az erdő-, vegetációtüzeket, az árvizeket, végül a tiszta ivóvízhez való hozzáférést említették. Ismerethiányra utal, hogy a megkérdezettek közel tizede szerint az éghajlatváltozás a következő húsz évben az életére semmilyen változást nem fog gyakorolni, közel negyedük kismértékű változásokra számít, közel negytedük pedig közepes mértékű változásokra. Lényeges tanulság, hogy a kutatás szerint a sérülékenyebb társadalmi csoportba tartozók (alacsonyabb jövedelműek, munkanélüliek) nagyobb változásokra számítanak, de kiszolgáltatottabbnak érzik magukat. A felmérés szerint a lakosság a klímaváltozás kezelését sorrendben a kutatóktól, tudósoktól; a kormánytól; a vállalatoktól, cégektől; a politikusoktól várják és csak az ötödik helyen kerül elő az egyes ember felelőssége¹.

Az Eurobarometer 2015-ös, az egész Európai Unióra kiterjedő, reprezentatív felmérése más módszertannal, de az MTA KRTK kutatásához hasonló eredményekre jutott. Az európai kutatás nem országspecifikus, hanem globális kihívások rangsorolását végezte. Négy nemzetközi probléma közül a megkérdezett magyarok legnagyobb hányada a szegénységet, éhezést, ivóvízhiányt (72%) látta a legsúlyosabbnak, 56% a gazdasági helyzetet, míg 49% a klímaváltozást, 38% pedig a nemzetközi terrorizmust. Mindazonáltal a megkérdezettek közel háromnegyede nagyon súlyos, ötöde meglehetősen súlyos problémának látja a klímaváltozást (Eurobarometer 2015, p. 8–12., 17.).

ANTAL Z. László hasonló eredményeket mutat be, hazai településeken végzett, nem reprezentatív kutatásai alapján (ANTAL 2014, pp.133–134). Tapasztalatai szerint a vizsgált települések többségében az éghajlatváltozás várható hatásait a vezetés és a lakosság nem tartják olyan veszélynek, melyre közösen kellene keresniük a megoldást. Még az olyan esetekben is, ahol klímabarát programot indítottak a helyi vezetést is bevonva, a lakosoknak csak töredéke vett részt a kezdeményezésben. A programban résztvevő önkormányzatok is tettek olyan lépéseket, melyek ellentétesek voltak a klímabarát célokkal. A szerző megállapítása szerint az önkormányzatok és a lakosság is a fogyasztói értékrend foglya, mely lehetetlenné teszi a hatékony küzdelmet az éghajlatváltozás ellen.

A hazai felmérésekből kirajzolódó kép azt mutatja, hogy a lakosság általánosságban tájékozott az éghajlatváltozással kapcsolatban, azonban a ténylegesen várható hatásokat, valamint egyéni lehetőségeit tekintve jelentős az információ-

hiány. A megoldást jobbra a kutatóktól, illetve a kormánztól várják az emberek, az egyéni felelősségérzet alacsony, a kiszolgáltatottság érzése különösen a sérülékeny csoportoknál meghatározó.

Az Európai Unió Alkalmazkodási Stratégiájának kiemelt területe az alaposabb információkra támaszkodó döntéshozás elősegítése. (EU Adaptation Strategy 2013, p.7) A NATÉR fejlesztés támogathatja a Stratégia ezen akcióterületének (4.2) mindkét intézkedését. A tudásbeli hiányosságok csökkentését (4. intézkedés) többek között a területi sérülékenységelemzésekkel segítheti. A NATÉR missziója összhangban áll a Climate-ADAPT portáléval, mely az alkalmazkodással kapcsolatos elsődleges európai információforrás ('one-stop-shop') az uniós Stratégia szerint, továbbfejlesztésének terve a dokumentum 5. számú intézkedése. A NATÉR magyarországi vonatkozásban hasonló ambíciókkal lép fel, mint a Climate-ADAPT európai szinten, így egy lehetséges együttműködés komoly szinergikus hatásoknak adhatna teret.

Míndez a NATÉR-hoz kapcsolódó szemléletformálás számára két főirányt is kijelöl. Egyrészt a kutatókat, döntéshozókat, döntéshozókat támogatni kell abban, hogy jobban megismerjék és képesek legyenek napi szinten is alkalmazni munkájukban a NATÉR-t. Másrészt a szélesebb közönség számára kell érthetővé tenni a NATÉR-ből és a kapcsolódó kutatásokból származó eredményeket, olyan formában, hogy kellő információt nyújtson, egyben motiváljon is adaptációs lépésekre.

1.2. Anyag, felhasznált adatok és módszer

A NATÉR létrehozását megalapozó szakmai dokumentum, a Koncepcionális és Megvalósíthatósági Tanulmány (KMT, 2012), a vonatkozó jogszabályok², a NATÉR Üzemeltetési szabályzat és a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS-2) tervezete meghatározzák a rendszer rendeltetését, illetve felhasználói körét. Ezek a kialakításához kapcsolódó szemléletformálási tevékenységek számára is körülhatárolják a célcsoportokat, illetve a kommunikáció prioritásait. A NATÉR létrehozását támogató EEA-C11-1 Projekt Támogatási Szerződésének részletes Kommunikációs terve tovább pontosítja a célokat, célcsoportokat, a 2013–2016-ban lezajlott projekt szemléletformálási tevékenységeinek eszközeit.

Az Éhvt. 3.§ (2) c) a NATÉR feladatát a nemzeti alkalmazkodási stratégiai keretrendszer támogatásában jelöli meg. A 94/2014. (III. 21.) kormányrendelet 1.§ (3) bekezdése szerint „A NATÉR - kutató, elemző tevékenysége révén rendelkezésekre álló eredmények alapján — információt biztosít a központi, területi és helyi államigazgatási szervek, valamint önkormányzatok számára az ágazati és területi [...] tervezéshez.” Ezen orientáció alapján a rendelet 9.§-a

¹További releváns, hazai felmérések: MTVSZ – Cognitive, 2010; Klímaváltozás (2015a), Klímaváltozás (2015b).

²2007. évi LX. törvény az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és annak Kiotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről (Éhvt.); 94/2014. (III. 21.) kormányrendelet a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer működésének részletes szabályairól.

határozza meg, hogy a metaadatokat mindenki, azonosítás nélkül veheti igénybe ([1] bek.). Ugyanitt a (2) bekezdés sorolja fel azon állami, önkormányzati, oktatási, kutatási intézményeket, melyek a NATÉR szolgáltatásaihoz előzetes regisztrációt követően közvetlen hozzáférést kaphatnak.

Az EEA-C11-1 Projekt Kommunikációs tervének általános célja a projekt eredményeit, illetve az EGT társfinanszírozást bemutatni a releváns közönségnek nemzetközi, országos, regionális, helyi szinten (NAGIS Communication Plan 2013). A terv alapján megvalósított kommunikációs eszközöknek támogatniuk kellett a projekt végrehajtását, illetve az érintettek figyelmét fel kellett keltetni a munka iránt. A terv konkrét célja az érintetteket informálni a projekt céljairól, tevékenységeiről, illetve a rendszer potenciális felhasználóit megismertetni a NATÉR-ral. Eszközei között PR-eszközöket, műhelymunkákat és az információterjesztés számos más eszközét sorolta fel. Az EGT támogatás megjelenítésének kötelező vizuális elemeit a Kommunikációs és design kézikönyv határozta meg (Communication and Design Manual 2011).

2013–2016 áprilisa között tehát a NATÉR kialakítási folyamatának, így kommunikációs tevékenységének kerekeit is egyrészt a fent hivatkozott jogszabályok, másrészt az EGT társfinanszírozású projekt támogatási szerződése adták. Az alábbiakban a 2016. április 30-ig elért eredményeket mutatjuk be.

1.3. Eredmények

A NATÉR Projekt szemléletformálási tevékenysége a rendszer létrehozásának időszakában a jogszabályok, illetve a Kommunikációs terv által kijelölt elsődleges célcsoportra, a döntéshozók, döntés-előkészítők, tervezők, kutatók körére koncentrált. A kommunikációs eszközök között túlnyomó többségben voltak a szakmai konferenciákon tartott előadások, tudományos publikációk. Az eredmények szakmai közönség felé történő bemutatását, megvitatását, a kapcsolátépítést szolgálták az MFGI által szervezett műhelymunkák, konferenciák.

A rendszer létrehozására fordított több mint két és fél év nagyobb részét az adatok feldolgozása, a módszertani, illetve indikátorfejlesztés, az előző fejezetekben bemutatott tématerületeken végzett kutatások tették ki. A szemléletformálás, hálózatépítés döntően a szakmai partnerekre koncentrált. A 2016. április 30-át megelőző fél évben vált nagyon intenzívvé az együttműködés az EGT-támogatású Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz Program társprojektjeinek képviselőivel. 2015. végére készültek el ugyanis az MFGI, valamint a társprojektek által fejlesztett adatrétegek. 2016 elejétől kezdett a kommunikáció a szélesebb közönség felé intenzívebbé válni.

A NATÉR Projekt szemléletformálási tevékenysége során a Támogatási szerződés Kommunikációs munkater-

1. táblázat. A NATÉR Projektben előírt indikátorok teljesítése (2016. április 30-i állapot)
Forrás: NAGIS Project – P08 Project Report, MFGI, 2016.

Indikátorok	Alapérték	Cél érték	Záró érték
<i>Output indikátorok</i>			
Kézikönyv (gyakorlati útmutató)	0	1	1
NATÉR web portál havi látogatók száma	0	100	288
NATÉR web portál regisztrált felhasználók	0	150	190
Kutatási jelentések	0	8	8
Döntéstámogató tanulmányok	0	3	3
Konferencia (szakmai nap)	0	1	1
Protokoll események (nyitó és záró konferencia)	0	2	2
Műhelymunkák	0	5	8
Részvétel és előadás szakmai konferenciákon	0	7	45
Szakmai cikkek készítése és publikációja a NATÉR-ről	0	13	18
<i>Eredményindikátorok</i>			
NATÉR adatbázis (térinformatikai portál)	0	1	1
Hidrológiai adatbázis	0	1	1
Indikátorok a vízjárásról, talajvíz szintről, ivóvízbázisokról, biomassza termelésről, földhasználatról, természetes élőhelyekről	0	1	1
Metaadatbázis	0	1	1
NATÉR felhasználói kézikönyv	0	1	1
Kutatási jelentések	0	8	8
Döntéstámogató tanulmányok vezetői számára	0	4	4
Megszervezett műhelymunkák	0	5	8
Publikációk	0	13	18

Megjegyzés: A szemléletformálással (is) kapcsolatos indikátorokat fekete betűszínnel jelöli.

vében vállalt feladatokat hajtottuk végre. Az előírt indikátorokat teljesítettük, számos ponton pedig ezen túlmutató eredményeket is elértünk. Az alábbiakban bemutatjuk a NATÉR Projekt által vállalt indikátorok teljesítését, a Projekt járulékos eredményeként megvalósult szakmaközi együttműködést, majd az eredményeket tekintjük át.

1.3.1. NATÉR intézményközi hálózat kialakítása — szakmaközi együttműködés

A fejlesztés egyik legnagyobb eredményének tekintjük, hogy a legkülönbözőbb háttérű, klímaváltozással foglalkozó szakmai műhelyek folytattak intenzív párbeszédet és csiszolták közösen a módszertanokat, illetve a NATÉR egészét. A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, mint projektgazda több hazai állami tudományos műhelyt, illetve fontos igazgatási, vagy közszolgáltatási intézményt alvállalkozóként vont be a projekt megvalósításába, vagy partnerként működött együtt vele. A szakmai szemléletformálás hatékony terepének bizonyultak a projekt keretében szervezett műhelymunkák, konferenciák, személyes találkozók.

Az MTA Ökológiai Kutatóközpont a természetes élőhelyek klímaváltozás hatására történő alakulását bemutató kutatásokat végezte, míg az Országos Meteorológiai Szolgálat klímamodellek, adatbázisok fejlesztésével járult hozzá az információs rendszer kialakításához. Szakmai együttműködés keretében az Országos Vízügyi Főigazgatóság és a Duna Menti Regionális Vízmű Zrt. információi is segítettek például az ivóvízbázisokat érintő hatások vizsgálatát. Az EGT Finanszírozási Mechanizmusból támogatott Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz Program alábbi projektjeinek eredményei épültek be a NATÉR-be:

- *Hosszú távú társadalmi és gazdasági előrejelzések Magyarországra* (EEA-C12-11) Projektgazda: Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpontja
- *NATÉR kiterjesztése az agrárszektorra* — AGRATÉR (EEA-C12-12). Projektgazda: Magyar Tudományos Akadémia – Mezőgazdasági Kutatóintézet. Projekt partnerek: Agrárgazdasági Kutató Intézet, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Magyar Tudományos Akadémia – Ökológiai Kutatóközpont.
- *A klímaváltozás okozta sérülékenység vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrákra* — KRITÉR (EEA C12-13) Projektgazda: Országos Meteorológiai Szolgálat. Projekt partnerek: Országos Környezetegészségügyi Központ, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Szegedi Tudományegyetem.
- *A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati szcenáriók a Kárpát-medence térségére* — RCMTÉR (EEA-C13-10). Projektgazda: Országos Meteorológiai Szolgálat. Projekt partner: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék.

1.3.2. NATÉR Portál és hírlevél

A projekt legfontosabb eredményeként elkészült portál térinformatikai rendszerének három fő eleme az adatbázis (GeoDat), a térképi portál és a metaadatbázis, melyek első sorban a döntéshozók, döntéshozás számára nyújtanak objektív, tudományosan megalapozott információkat. Tekintettel arra, hogy a tematikus tartalmat a korábbi fejezetek bemutatták, itt nem tekintjük át részleteiben, csak néhány kiegészítő információs elemre hívjuk fel a figyelmet.

Önálló logót és arculatot alakítottunk ki a projekt kezdeti időszakában, a honlapot pedig 2014. elején indítottuk el. A nagis.hu / nater.mfgi.hu honlap 2014 eleje és a projektzárás között csak a projekttel kapcsolatos statikus információkat, híreket közölte. Térinformatikai portálként 2016. május 1-jétől üzemel. Az érdeklődést jól mutatja, hogy még a térinformatikai tartalom (a NATÉR lényegének) elérhetővé tétele előtt, 2016. március–áprilisában már 190-en regisztráltak, azóta e szám folyamatosan nő. Letölthető formában elérhetővé tettük a NATÉR Felhasználói kézikönyvet, mely a rendszer megértését és használatát segíti. A honlapon megadott info@nagis.hu címre érkező felhasználói kérdéseket a legrövidebb időn belül igyekszünk megválaszolni.

A honlapon kerültek elhelyezésre az egyes kutatási folyamatokat lezáró tanulmányok is, melyek a NATÉR fejlesztés egészének eredményeit foglalták össze közérthető módon. A honlapról, hivatkozásokon keresztül elérhetők az EGT Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz Program más projektjeinek honlapjai, ami a hálózatépítést is szolgálja. Letölthető itt a Projekt során készült három hírlevél (2015/1., 2015/2., 2016/1–2.). Ezekben egy-egy munkaszakasz eredményeit foglaltuk össze röviden. A hírleveleket alkalmanként több mint 600 hazai, illetve külföldi érdeklődő számára küldtük meg e-mailen.

1.3.3. Előadások, posztterek, konferenciák

- *Előadások, posztterek*: Az MFGI munkatársai összesen 45 szakmai, illetve ismeretterjesztő előadást tartottak 2013 szeptembere és 2016 áprilisa között a NATÉR-ről, illetve az egyes szakterületi eredményekről. Ezek közül 21 nemzetközi szakmai közönségnek szólt (Magyarországon vagy külföldön).
- *Konferenciák*: A projekt indítókonferenciáját Budapesten tartottuk, az MFGI-ben, 2013. október 14-én, 100 résztvevővel. Célcsoport: szakmai közönség, döntéshozók, szélesebb nyilvánosság. 'A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer hasznosítási lehetőségei a tervezésben és a döntéshozásban' címmel bemutató és szakmai napot rendeztünk 2016. március 24-én, Budapesten, 63 résztvevővel. Célcsoport: önkormányzatok, államigazgatási döntéshozók. A projekt zárórendezvényét az MFGI-ben tartottuk, Budapesten, 2016. április 13-án, 90 résztvevővel. Célcsoport: szakmai közönség, döntéshozók, szélesebb nyilvánosság.

1.3.4. Műhelymunkák

- *'Talaj-Éghajlat-Alkalmazkodás'* címmel műhelymunka a NATÉR Projekt (MFGI) és a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet (MTA ATK TAKI) kutatói részvételével.
- *Bilaterális műhelymunka* norvég és magyar szakemberek részvételével a NATÉR Projekt munkaközi eredményeinek megvitatására, 2015. október 19-20-án. Az eseményt az MFGI és a REC szervezte, az EGT / REC Bilaterális Alap finanszírozta.
- *Szakmai vita* az EEA-C-11, C-12, C13 projektek munkaközi eredményeiről és a hasznosítási lehetőségeiről november 3-án, Budapesten, az MFGI-ben.
- *'A NATÉR Projekt tapasztalatai és a továbblépés lehetőségei'* címmel mutattuk be a szélesebb szakmai közönségnek az eredményeket 2016. március 18-án, Budapesten.
- *'A NATÉR tesztelése a Sárvíz-völgy és Aba térsége mintaterület éghajlati sérülékenységeinek meghatározásával'* munkacsomag keretében négy műhelymunkát tartottak az érintettekkel (összesen 49 fő részvételével), Budapesten, Abán, illetve Sáregres–Rétimajorban.

1.3.5. Publikációk, sajtó, egyéb kiadványok

- *Publikációk:* A projekt végéig összesen 18 publikációt jelentettünk meg, illetve készítettünk elő közlésre több témában. A szakmai cikkek egy része a NATÉR-t mutatja be általánosságban, valamint több kutatási téma rész- vagy végeredményét foglalja össze.
- *Sajtó:* A projekttel kapcsolatos kommunikációban a szakmai közönség, döntéshozók megszólítása dominált, melynek eszközeit fent bemutattuk. A szélesebb közönséget megcélzó disszemináció fő eszközei a rendezvényekhez kapcsolódó sajtóközlemények, illetve az ezek kapcsán adott interjúk voltak. 3 sajtóközleményt adtunk ki (2014. október 14., 2016. március 24. és április 13.). A sajtóközlemények az MTI-n keresztül a hazai újságírók széles köréhez jutottak el. 50 cikk jelent meg a NATÉR-ről különböző sajtóorgánokban, honlapokon (ennek nagyobb része online felületeken).
- *Egyéb kiadványok:* Szórólap készült a NATÉR-ről angolul és magyarul, 2014-ben. Rövid, összegző, nyomtatott kiadvány készült 2016 áprilisában a projekt eredményeiről magyarul (500 példány) és angolul (300 példány), melyeket a honlapon is elhelyeztünk.

1.4. Következtetések

A NATÉR fejlesztésének első szakasza sikeresen lezárult. Az EGT támogatással megvalósított projekt során a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet létrehozta a szükséges hardver és szoftverkörnyezetet, a GeoDat adatbázist, a térképi portált és a metaadatbázist. A munka eredményeként

intenzív szakmai együttműködés alakult ki az Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz Program EEA-C12 és C13 projektjeiben részt vevő, klímaváltozás kutatást folytató hazai műhelyekkel. A 2013. szeptembere és 2016. áprilisa között megvalósított projekt szemléletformálási, disszeminációs tevékenysége a szakmai tevékenység időközi és végső eredményeinek folyamatos kommunikációjára, illetve a hálózatépítésre koncentrált. A NATÉR Projekt Kommunikációs tervében foglalt célkitűzéseket és indikátorokat teljesítettük.

A most lezárult fejlesztési szakasz elsődleges célcsoportja a szakmai, kutatói közösség és a közvetlen kutatói partnerek, valamint az országos, illetve önkormányzati döntéshozók, döntés-előkészítők köre volt. A NATÉR Portál jelenlegi formájában nyelvezetét, tartalmát tekintve inkább a szakemberek számára képvisel komoly értéket. A szélesebb közönség, a média érdeklődése eddig viszonylag szerény volt, de érezhetően nő az érdeklődés a NATÉR iránt.

A NATÉR Projekt teljesítette a létrehozását szolgáló, EGT társfinanszírozású projekt célkitűzéseit, illetve mindenben megfelel a fejlesztését, működését meghatározó jogi kereteknek (Éhvt., 94/2014. [III. 21.] kormányrendelet, Üzemeltetési szabályzat). Összhangban áll a NÉS-2 tervezetéből adódó elvárásokkal, illetve segítheti a Környezet és Energiahatékonysági Program továbbá az Energia- és Klímatudatossági Szemléletformálási Cselekvési Terv megvalósítását. A hazai, éghajlatváltozással kapcsolatos kutatásban mérőföldkőnek tekintjük a Portál elindítását, mely egységes rendszerben, naprakész tudományos eredményeket mutat be jól áttekinthető, elemezhető formában — valódi információs csomópont.

Lényeges azonban, hogy a közzétett eredmények jelentős része önmagában nem feltétlenül érthető. A pontos megértéséhez, illetve következtetések levonásához a készítő, illetve a szakemberek bevonása nélkülözhetetlen. Különösen olyan esetekben, amikor egy konkrét területre vagy szektorra készítettünk hosszú távú terveket (pl. önkormányzati klímastratégia) nem elegendő csupán a honlapon közzétett térképek, adatbázisok áttekintése. Tisztában kell lennünk többek között az ezek bizonytalanságaival kapcsolatos információkkal. Pontosabb adatokra lehet szükség ahhoz, hogy adott területre leskálázhassuk az eredményeket és használható előrebecsléseket tehessünk. (Ezt jól mutatta a NATÉR Projekt keretében Aba városára, illetve a Sárvíz-völgye mintaterületre végzett elemzés.) A közzétett térképek hasznos segítséget jelenthetnek, de félrevezetőek is lehetnek, ha a mögöttes információkat nem kellőképpen ismerjük. A vizuális megjelenítés egy adott trendről jó áttekintést ad, a térkép nagyítási funkciójával akár az utcánkat is megkereshetjük. A modellezési bizonytalanságok miatt azonban a látott eredmények korántsem egyértelműek, nem jelenthetjük ki egyszerűen, hogy „ez lesz a jövő”. Már csak azért sem, mert a két eltérő klíma-moddellel végzett projekciók több esetben eltérő eredményt adtak.

A NATÉR ilyen formában tehát óriási lehetőségeket és nagy veszélyeket is rejt magában egyszerre. Meg kell

tanulnunk használni, de a helyesen értelmezett eredményeket a lehető legszélesebb körben be kell mutatni. El kell érni, hogy a hosszú távú tervezésben, döntéshozatalban valóban alkalmazható legyen országos, regionális, helyi szinten, sőt a családok, egyének szemléletét is formálja. Különösen a felnövekvő generációt, melynek — képletesen szólva — a modellek időablakain át látható projekciók (vagyis ami ezekből megvalósul) aktív éveik mindennapjait fogják jelenteni.

A fentiek miatt javasoljuk, hogy a NATÉR fejlesztésének következő szakaszához kapcsolódóan kezdődjék meg a disszeminációs tevékenység újabb üteme. A NATÉR misziója nem az, hogy egy statikus, egyirányú adatbázis legyen, hanem az, hogy interaktív módon, a felhasználók bevonásával folyamatosan fejleszthető információk csomóponttá váljon, mely naprakész, objektív információkkal segíti a helyes alkalmazkodási lépések előkészítését. A disszeminációs tevékenység ezt a küldetést szolgálja ki. Fókuszában az elért tudományos eredmények további feldolgozása, közérthetőbbé tétele, a portál használatának oktatása, a szakértői háttértámogatás kialakítása, a szélesebb közönség számára az eredmények bemutatása állhat, az alábbiak szerint.

1.5. A további kutatási-fejlesztési munka irányai

A NÉS-2 tervezete szerint „[a]z éghajlatváltozással kapcsolatos szemléletformálás célja [...] a klímatudatosság és a fenntarthatóság szempontjainak integrálása a tervezésbe, a döntéshozatalba és a cselekvésekbe a társadalom minden szintjén” (NÉS-2, OGY határozattervezet, 2. pont d) bekezdés). A NATÉR-hoz kapcsolódó kommunikációs és szemléletformálási tevékenység következő szakaszának a NÉS-2 célkitűzését támogató, javasolt céljai és eszközei a következők.

Átfogó cél: A NATÉR váljon jól használható, közismert és gyakran használt eszközzé az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást szolgáló tervezésben és döntéshozatalban országos, regionális, helyi szinten; segítse a szélesebb közvélemény tájékozódását e témában.

Stratégiai célok:

- Alaptevékenység
 - a NATÉR működtetése, információszolgáltatás;
 - a NATÉR Portál közérthetőbbé és áttekinthetőbbé válik;
 - klímatudatosság rendszeres vizsgálata és az

eredmények visszacsatolása a fejlesztésbe.

- Kiemelt célcsoportok
 - a felhasználók képessé válnak a rendszert könnyen használni;
 - a felhasználókat aktív szakértői hálózat támogatja;
 - a felhasználók és fejlesztők között kialakul a tudásmegosztás, hálózatosodás;
 - a felhasználói kör bővül.
- Szélesebb közvélemény
 - a portál használatához és az adatok értelmezéséhez rendelkezésre állnak a megfelelő anyagok, biztosított a szakértői támogatáshoz a hozzáférés;
 - az egyes tématerületeken folytatott kutatások legfontosabb következtetései közérthetően is elérhetők;
 - a média bevonásával, a NATÉR-re támaszkodva nő a klímatudatosság;
 - a kutatási eredmények hasznosulnak az oktatásban;
 - a NATÉR eredményei megjelennek szemléletformálási kampányokban;
 - a NATÉR-t többen megismerik nemzetközi fórumokon is.

Eszközök:

Alaptevékenység

- A NATÉR működtetése, információszolgáltatás.
- A portál kezelhetőségének javítása.
- Lakosság klímatudatosságának mérése és visszacsatolás a fejlesztéshez.

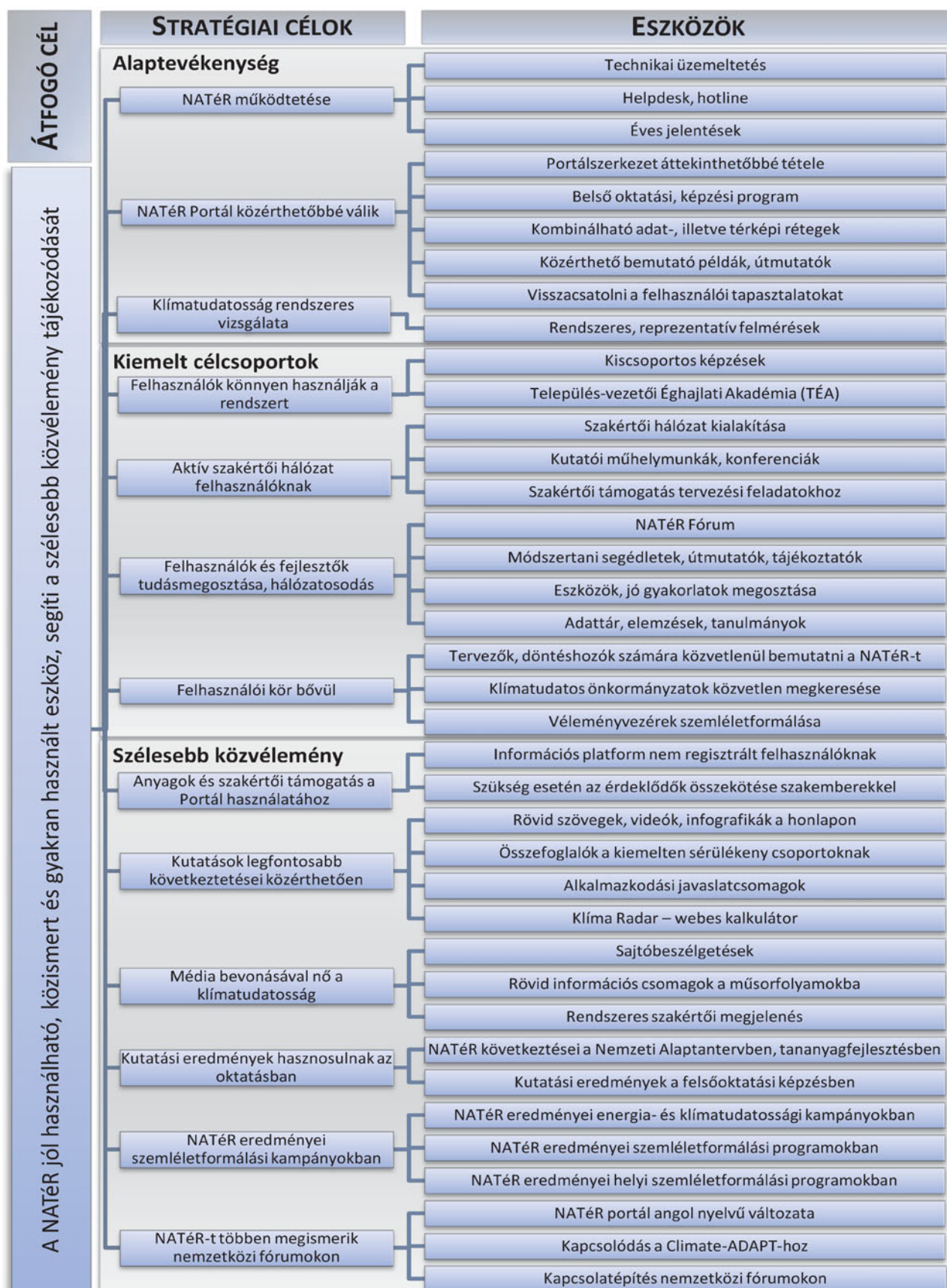
Kiemelt célcsoportok

- A használat oktatása a felhasználók számára.
- NATÉR Műhely (kutatók közötti belső kommunikáció).
- NATÉR tudásközpont (felhasználók felé, kifelé történő kommunikáció).
- Felhasználók körének bővítése tájékoztatással.

Szélesebb közvélemény

- Információs rendszer a szélesebb közvélemény számára.
- Közérthető információs csomagok kidolgozása és terjesztése.
- Szemléletformálás a médiában.
- Az eredmények megjelenítése az oktatásban.
- Kapcsolódás szemléletformálási kampányokhoz.
- A NATÉR bemutatása nemzetközi fórumokon.

A NATÉR szemléletformálási tevékenysége további fejlesztési irányainak javasolt céljait és eszközeit az alábbi ábrán tekintjük át.



1. ábra. A NATÉR szemléletformálási tevékenységének további fejlesztési irányai

Forrás: a Szerző szerkesztése

Irodalom

- ANTAL Z. L. 2014: Klímaparadoxonok. – L'Harmattan, 2014. (ISBN 978-963-236. ISSN 1586-1961)
- BARANYAI N. és VARIJÚ V. 2015: A lakosság klímaváltozással kapcsolatos attitűdjének empirikus vizsgálata. – In: CZIRFUSZ M., HOYK E., SUVÁK A. (szerk.): Klímaváltozás - Társadalom - Gazdaság. Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon. – Publikon Kiadó, Pécs, 2015. (ISBN: 978-615-5457-62-3)
- Communication and Design Manual 2011: EEA Grants - Norway Grants Communication and Design Manual. Financial Mechanism Office, 2011. – <http://eeagrants.org/Results-data/Toolbox-for-programmes/Communications/Communication-templates/Communication-anual-and-guidance-notice> (Letöltve: 2013. szeptember 30.)
- EKSzCsT 2015: Energia- és Klímatudatossági Szemléletformálási Cselekvési Terv. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2015. – [http://www.kormany.hu/download/0/e4/80000/Energia- és Klímatudatossági Szemléletformálási Cselekvési Terv.pdf](http://www.kormany.hu/download/0/e4/80000/Energia-és-Klímatudatossági-Szemléletformálási-Cselekvési-Terv.pdf) (Letöltve: 2016. május 30.)
- EU Adaptation Strategy 2013: An EU Strategy on Adaptation to Climate Change. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 16.4.2013. COM(2013) 216 final. – <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2013/EN/1-2013-216-EN-F1-1.Pdf> (Letöltve: 2016. május 30.)
- Eurobarometer 2015: Special Eurobarometer 435 Report - Climate Change. Fieldwork: May-June 2015. Publication: November 2015. Survey Requested by the European Commission, Directorate-General for Climate Action and co-ordinated by the Directorate-General for Communication. TNS opinion & social. (ISBN 978-92-79-53032-6) – http://ec.europa.eu/clima/citizens/support/docs/report_2015_en.pdf (Letöltve: 2016. május 30.)
- FÜLÖP O. (szerk.) 2016: Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás települési szinten. Útmutató önkormányzatoknak helyi adaptációs stratégia készítéséhez. – Szerzők: MALATINSZKY É., SZÉKELY M., BART I., KELEMEN Á., LÓRÁNT A., BELA GY., KOHLHEB N., BALÁZS B., TÓTH Gy. G. és PEJ Zs. Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ, Budapest, 2016. (ISBN 978-92-79-53032-6)
- Klímaválasz 2015a: Tízből hét magyar védtelennek érzi magát a klímaváltozás hatásaival szemben. Klímaválasz Projekt felmérés. Energiaklub, 2015. augusztus 12. – <http://www.energiaklub.hu/hir/tizbol-het-magyar-vedtelennek-erzi-magat-a-klimavaltozas-hatasaival-szemben> (Letöltve: 2016. május 23.)
- Klímaválasz 2015b: Tízből hét településvezető szerint a klímaváltozás súlyos probléma Magyarországon. Klímaválasz Projekt felmérés. Energiaklub, 2015. – <http://www.energiaklub.hu/hir/tizbol-het-telepulesvezeto-szerint-a-klimavaltozas-sulyos-problema-magyarorszagon> (Letöltve: 2016. május 30.)
- MTVSz, Cognitive 2010: Klímatudatosság: nem a valóságban élünk. Magyar Természetvédők Szövetsége – Cognitive, 2010. január 13. – <http://www.klimatorveny.hu/index.php/hirek/98-klimatudatossag-nem-a-valosagban-eluenk> (Letöltve: 2016. május 30.)
- NAGiS Communication Plan 2013: EEA-C11-1 'Establishing a National Adaptation Geo-information System (NAGiS)' Project – Communication Plan. MFGI, 2013. – <http://eeagrants.org/News/2011/New-Communication-and-Design-Manual> (Letöltve: 2013. szeptember 30.)
- NATÉR KMT 2012: Konceptcionális és megvalósíthatósági tanulmány a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszerhez (NATÉR). Szakmai koordinátor: PÁLVÖLGYI T. Szerzők: CZIRA T., FANCSIK T., MATTÁNYI Zs., PÁHY A., SELMECZI P., CSETE M., PÁLVÖLGYI T., DUNKEL Z., SZÉPSZÓ G., CZÚCZ B., FERENCZI Z., KÓBÁNYAI K., KIS-KOVÁCS G., LAKATOS M., GÁL N. Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 2012. augusztus 30.
- NÉS-2 2015: H/5054. számú országgyűlési határozati javaslat a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról 2014–2025-re, kitekintéssel 2050-re. Előadó: SESZTAK Miklós nemzeti fejlesztési miniszter. Magyarország kormánya, Budapest, 2015. június. Benyújtva az Országgyűlésnek: 2015.06.02. – <http://tinyurl.com/hl82gra> (Letöltve: 2016. május 30.)

ZÁRSZÓ

Magyarországot több, egymással is összefüggő függőségi helyzet gyengíti. E függőségi helyzetet számottevően befolyásolják a hosszú távon ható globális folyamatok, ezek közül is elsősorban a klímabiztonság, az energia-biztonság, valamint az élelmiszer- és vízbiztonság problémakörei. A változásokhoz (ezek sorában kiemelt figyelemmel az éghajlatváltozáshoz) való alkalmazkodás területi és ágazati stratégiai integrációja széleskörű információkat igényel a változásokkal szembeni társadalmi–gazdasági, környezeti sérülékenységről, ugyanakkor ilyenekkel jószerevel nem rendelkezünk. Ebből kiindulva, a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) átfogó célkitűzése egy olyan többcélú felhasználásra alkalmas adatrendszer kialakítása, amely objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas döntés-előkészítést, döntéshozást és tervezést.

A NATÉR közvetlenül támogatja a Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia végrehajtását, továbbá azokat az EU-s vagy hazai támogatású nagyobb infrastrukturális projekteket, amelyek klímabiztos tervezése fontos közérdeket jelenít meg. A számszerű, térben differenciált információk hozzájárulhatnak többek között az Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Konceptió (OFTK), a Nemzeti Vidékstratégia, a Nemzeti Energiastratégia, a közlekedés, a katasztrófavédelem, a környezetegészségügy, az építésgazdaság és a mindezeket integráló fejlesztéspolitikai stratégiai dokumentumainak kialakításához és teljesítéséhez.

A NATÉR felhasználhatóságának kiindulópontját a természeti erőforrások és a környezeti terhelések, igénybevételek helyzete (és azok változása), a humán, társadalmi–gazdasági igények alakulása, valamint az az országos és térségi alkalmazkodási, felkészülési stratégiák tervezési szükségletei határozzák meg. A NATÉR alkalmazási lehetőségek a természeti erőforrás gazdálkodás területén a következők lehetnek:

- *Vízkezeltek (vizek mennyiségi és minőségi védelme, vízkészlet megőrzés):* pl. az éghajlati és emberi eredetű sérülékenység figyelembevétele a vízgazdálkodási rendszerek kialakítása és működtetése során, a víziközmű szolgáltatások éghajlatvédelmi szempontú, „jó gazda módjára történő” árazása és szervezése, élővizek turisztikai hasznosítása (pl. Balaton, Tisza-tó) során, termálvizek fenntarthatósági kritériumoknak megfelelő, a térségek adottságaihoz igazodó, tartamos használata stb.

- *Ásványi nyersanyagok, fosszilis és megújuló energiahordozók:* ásványi nyersanyag-gazdálkodási stratégia, készletgazdálkodási tervek készítése, a hazai és világpiaci tendenciák figyelembevételével az erőforráskészlet észszerű és fenntartható gazdálkodásának kialakítása az ellátásbiztonság és a gazdasági stabilitás figyelembevétele mellett, biztosítva az összhangot az energia, éghajlat és fenntarthatósági stratégiákban megfogalmazottakkal.

- *Természetes ökoszisztémák (erdők, gyepek, vizes élőhelyek):* pl. az éghajlati sérülékenység figyelembevétele s természetvédelmi kezelési tervek, erdősítési, erdőfelújítási, NATURA-2000 kezelési, gazdálkodási tervek kidolgozása során.

- *Termőföld, mezőgazdasági termelés:* a földhasználat során az éghajlatváltozás szempontjait figyelembe vevő művelési ágak kialakítása, alkalmazkodó növényfajok telepítése, a mezőgazdasági teménybecslésben, valamint az energiaültetvény, erdő- és egyéb növények telepítésében rejlő lehetőségek kiaknázása a szén-dioxid nyelők révén az ÜHG mérlegben, az erózióveszélyeztetett területek azonosítása, a termőföldveszteségek csökkentése.

NATÉR természetesen nem egy lezárt, „kulcsrakész” rendszer, hanem további fejlesztéseket igényel. A jelen kötetben ismertetett tudományos eredmények alapján egy lényeges fejlesztési irány lehet a NATÉR kiterjesztése a Kárpát-medencére vagy Duna-régióra; ez különösen a felszíni és felszín alatti vizekkel kapcsolatos éghajlati sérülékenység-vizsgálat szempontjából lehet jelentős. Szintén fontos fejlesztési irány lehet a figyelembevett éghajlatmodellek és éghajlati szimulációk gyarapítása, mely a területi, térségi sérülékenység számítások megbízhatóságát javíthatja.

Szerkesztőkként ezúton is köszönettel tartozunk a jelen kötet valamennyi szerzőjének, illetve a műszaki szerkesztést ellátó PIROS Olga kollégánknak, továbbá mindazon kollégának, akik háttér-támogatásukkal (akár szakmai, akár adminisztratív oldalról) segítették a tudományos eredmények megvalósulását.

PÁLVÖLGYI Tamás

SELMECZI Pál

szerkesztők

