

Környezeti, gazdasági és társadalmi éghajlati sérülékenység: esettanulmány a Dél-Alföldről

Environmental, economical and social climate vulnerability: a case study on the Hungarian South Great Plain

FARKAS JENŐ ZSOLT, RAKONCZAI JÁNOS, HOYK EDIT

FARKAS Jenő Zsolt: tudományos munkatárs, MTA Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Regionális Kutatások Intézete, Kecskemét; farkasj@rkk.hu

RAKONCZAI János: egyetemi docens, SZTE TTIK Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged; J.Rakonczai@geo.u-szeged.hu

HOYK Edit: tudományos munkatárs, MTA Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Regionális Kutatások Intézete, Kecskemét; hoyk@rkk.hu

KULCSSZAVAK: klímaváltozás, éghajlati sérülékenység, környezeti-társadalmi-gazdasági klímaérzékenység

ABSZTRAKT: A klímaváltozás kutatása – a problémának az emberiségre gyakorolt hatásai és azok lehetséges következményei miatt – napjainkban egyre nagyobb figyelmet kap a gazdaság- és társadalomtudományi vizsgálatokban. Publikációnkban a nemzetközi trendekhez csatlakozva egy dél-alföldi regionális léptékű elemzést mutatunk be, melyben egyrészt a környezeti, másrészt a gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenységet vizsgáljuk.

Elemzésünkben a sérülékenység összetevői mentén haladunk, sorra vesszük a klímaváltozásnak való kitettséget, a klímaérzékenységet és az adaptációs képességet. A vizsgálat célja annak felmérése, hogy milyen mértékű kitettséggel, jövőbeni kockázatokkal, érzékenységgel kell számolni az egyes országokban, régiókban, gazdasági szektorokban és társadalmi csoportokban. Az éghajlati sérülékenység környezeti szempontú vizsgálatának keretében elemeztük a tájban zajló változásokat, elvégeztük a talajvízváltozások geoinformatikára alapozott részletes mennyiségi értékelését, valamint elkészítettük a Dél-Alföld természetes növényzetének klímaérzékenységi térképét. A talajvíz csökkenésével kapcsolatban megállapítottuk, hogy valószínűsíthetően ebben a rétegvíz-kitermelés szerepe jóval kisebb, mint ahogyan azt az 1990-es évek kutatásai jelezték. A vegetáció vizsgálata azt mutatja, hogy a jelenleg jobb vízellátottságú területek vegetációja, illetve a hidromorf talajokon kialakult természetes növényzet a legérzékenyebb a klímaváltozásra.

Gazdasági-társadalmi oldalról a kutatás keretében települési szinten meghatároztuk a gazdasági és társadalmi klímaérzékenységi részindexeket, illetve az adaptációs és kitettségi részindexeket. Az első kettő azokat a társadalmi jellemzőket és gazdasági ágazatokat tartalmazza, amelyeket a hazai körülmények között az éghajlatváltozás szempontjából sérülékenynek tartunk. E tulajdonságokhoz és gazdasági ágazatokhoz kapcsolódóan ezután olyan jellemző indikátorokat választottunk ki, amelyek alkalmasak a területi különbségek feltárására és elemzésére. Következő lépés-



ben az egyes települések adaptációs képességét igyekeztünk megbecsülni, amelyben a jövedelmi viszonyok mellett a lokális szellemi, tudományos és műszaki potenciált is figyelembe vettük, hiszen ezeket az alkalmazkodás folyamatában helyben fel lehet használni. A kitettségi részindex esetében az alapvető éghajlati indikátorok mellett olyan mutatókat is kiválasztottunk, amelyek a változások hatásait felerősítik, mint például a települési vízfogyasztás adatai.

A részindexek összegzésével dolgoztuk ki a gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenységi indexet, melynek segítségével kirajzolódott az e szempontból különösen érzékeny „forró pontok” a Dél-Alföldön. Ezek részlegesen egybeesnek a környezeti vizsgálat alapján kirajzolódó térségekkel. E területekre jóval nagyobb figyelmet kell fordítani az éghajlatváltozás folyamatának előrehaladtával, és mindenképpen a jövőbeni kutatások elsődleges mintaterületeinek javasolhatók. Vizsgálatunk azt is megmutatja, hogy a kutatásokat célszerű települési szinten végezni, hiszen így a sérülékenyebb területek a térben pontosabban és komplex szempontok alapján jelölhetőek ki.

Elemzésünk eredményei rámutatnak arra, hogy a klímaváltozás következményei egy összetett rendszer részei, továbbá hogy a társadalom tájra gyakorolt hatásainál és azok következményeinek feltárásánál is rendszerben kell gondolkodni, és hogy jelenleg a rendszerszemléletű megközelítés még hiányzik a hazai klímaváltozás kutatásából. Felhívjuk a figyelmet arra is, hogy a klímaváltozás következményeinek bonyolult rendszere alkalmas arra, hogy a földrajz bebizonyíthassa, képes integráló szerepet betölteni a kutatási folyamatban.

Jenő Zsolt FARKAS: *research fellow, Institute for Regional Studies, Centre for Economic and Regional Studies, Hungarian Academy of Sciences, Kecskemét; farkasj@rkk.hu*

János RAKONCZAI: *associate professor, Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Szeged; J.Rakonczai@geo-u.szeged.hu*

Edit HOYK: *research fellow, Institute for Regional Studies, Centre for Economic and Regional Studies, Hungarian Academy of Sciences, Kecskemét; hoyk@rkk.hu*

KEYWORDS: *climate change, vulnerability, environmental-social-economical climate sensitivity*

ABSTRACT: *Climate change – man-made or not, and its possible consequences – has become a mainstream topic of economic and social research. In our paper we would like show a Hungarian South Great Plain regional-scale analysis, tying in with international trends, in which we investigate climate sensitivity from environmental and socio-economic aspects.*

In order to demonstrate climate vulnerability we evaluated landscape changes, carried out evaluations of groundwater-level changes in detail, using a GIS database, and created a climate-sensitivity map for the vegetation of the South Great Plain. It is possible, that the role of artesian water extraction is much smaller than has been indicated in 1990's researches. Examination of the vegetation shows that areas with better water supply and natural vegetation on hydromorphic soils are the most sensitive to climate change.

In our research we established indices of economic and social sensitivity as well as indices of adaptation and exposure. These indices contain social characteristics and economic sectors, which are vulnerable in Hungarian circumstances from the point of view of climate change. We collected data for settlements, not for small regions as previous Hungarian analysis. We chose typical indices which are suitable for exploration of spatial differences. In addition, we try to estimate the adaptation ability of individual settlements. Here, incomes and intellectual, scientific and technological potentials play a role, which can be used in the process of adaptation on a local level. In the exposure index we included such other indices – beside basic climatic indices – which amplify the effects of changes.

Based on economic and social vulnerability, adaptation and exposure indices we created a socio-economic climate sensitivity index. It highlights the most sensitive “hot spots”. These “hot spots” are partially congruent with territories identified by environmental research. It is

necessary to pay significantly more attention to these territories in view of the climate change, and these territories – with their exposure – are recommended as primary fields of study in future research work. Investigations should be carried out at municipal level because vulnerable sites can be selected on the basis of spatially precise and complex criteria.

Results of our analysis suggest that consequences of climate change are part of a complex system. Moreover, thinking within a system is necessary when we reveal effects and consequences of the behaviour of society on the landscape. This systematic approach is missing from national climate change researches at this moment.

Finally, we draw attention to the fact that the complex system of climate change and its consequences corroborates the validity of geography to have an integrated role in the research process.

Bevezetés

A klímaváltozás kutatása – a problémának az emberiségre gyakorolt hatásai és azok lehetséges következményei miatt – napjainkban egyre nagyobb figyelmet kap a gazdaság- és társadalomtudományi kutatásokban. Míg az 1990-es évek végén a közgazdászok azokat az ágazatokat igyekeztek azonosítani, amelyek a leginkább ki vannak szolgáltatva bármilyen irányú változásnak, addig az elmúlt pár évben a klímamodellezés térbeli felbontásának javulásával megszorodtak az olyan publikációk, amelyek a regionális szintű gazdasági hatásokat számszerűen vizsgálják. Ezzel párhuzamosan a társadalomtudományok érdeklődése is megnőtt a téma iránt, hiszen a 2003-as Párizs környéki hőhullám tapasztalatai, a 2008-as barcelonai vízhiány vagy éppen a 2014-es kora őszi délkelet-európai áradások megmutatták, hogy vannak olyan társadalmi csoportok, melyek jobban veszélyeztetettek, kevésbé tudnak alkalmazkodni az időjárási szélsőségekhez, a klímaváltozással szembeni kihívásokhoz. Publikációnkban e nemzetközi kutatási irányhoz kapcsolódva dél-alföldi regionális léptékű elemzést mutatunk be, melyben egyrészt a környezeti, másrészt a gazdasági-társadalmi klímaérzékenységet vizsgáljuk. A következő kérdésekre kerestük a választ:

- Mit jelent az éghajlati sérülékenység, és hogyan értelmezhető e fogalom természeti és társadalom-földrajzi szempontból?
- Mennyire érzékelhetőek a változások az elmúlt évtizedekben, s a további prognosztizálható változásoknak milyen területi különbségei lehetnek a Dél-Alföld természeti, gazdasági és társadalmi rendszereiben?
- Mi lehet a szerepe és a feladata a „duális jellegű földrajznak” egy ilyen komplex jelenség kutatásában?

Ez utóbbi kérdésről előrebocsáthatjuk, hogy a földrajztudomány szerepét mind a felkészülésben, mind az adaptációban kiemelten fontosnak véljük, hiszen duális (egyszerre természet- és társadalomtudományi) jellegéből fakadóan a probléma kutatásának olyan komplex módszerei állnak rendelkezésére, amelyek más területek művelői számára kevésbé adottak. A fő kérdés elsősorban az lehet, hogy a két tudományág között sikerül-e megfelelő szinergiákat, közös kutatási módszereket „kiépíteni”. E kérdés nemcsak hazánkban, de az angol-

szász földrajzban is felmerült az elmúlt évek éghajlatváltozással kapcsolatos szakmai vitáiban és tudományos közleményeiben (Pollard, Oldfield, Randalls, Thornes 2008).

A klímaérzékenység és éghajlati sérülékenység fogalmának természeti és társadalom-földrajzi értelmezése

A klímaváltozáshoz kötődő sérülékenység értelmezésével a nemzetközi és hazai szakirodalom egyaránt széles körűen foglalkozik. A sérülékenységet három fő összetevő, a kitétttség, az érzékenység és az alkalmazkodási képesség alapján határozhatjuk meg, melyeket Pittman és munkatársai (2011) definiáltak. A *kitétttség* azt jelenti, hogy milyen hatásokkal, kockázatokkal szemben nincs védettsége a vizsgált területnek/ágazatnak, tehát a fogalom az érintettséggel azonosítható (pl. vízkészletek mennyiségével, időjárási tényezőkkel, gazdasági-társadalmi kerettel kapcsolatban). Az *érzékenység* a hatásokkal szemben mutatott társadalmi, gazdasági, politikai, intézményi, kulturális reakciók összessége. Az *alkalmazkodási képesség* pedig a kitéttiségre adott válasz: mennyire képes az ország, gazdasági ágazat, társadalmi csoport kivédeni a káros hatásokat. Az alkalmazkodási képességet meghatározza a gazdasági helyzet, a technológiai fejlettség, az információ, az infrastruktúra, a társadalom tudásszintje és képességei, a helyi és regionális szintű társadalmi és intézményi berendezkedés, valamint a tágabb értelemben vett társadalmi-gazdasági és politikai folyamatok.

A sérülékenységet különböző megközelítésekkel vizsgálhatjuk, amelyeket Füssel (2007) foglalt össze. A legerterjedtebb a *kockázatelemzés alapján* történő megközelítés, amely arra koncentrálna, hogy milyen területek, elemek vannak a legjobban kitéve a klímaváltozásnak. Az ilyen típusú vizsgálatokat nehezebb elvégezni azoknál a tényezőknél, ahol a társadalmi-gazdasági faktor is szerepet játszik. A kockázatfelméréshez tisztában kell lenni a veszéllyel, azaz a kitéttiséggel. A *politikai-gazdasági* megközelítés elsősorban az emberekre koncentrálna, arra, hogy melyik társadalmi csoport mennyire sérülékeny és miért. Ennek a kettőnek a kombinációja az *integrált* megközelítés, amelynek gyökere a földrajz és a humánökológia. Megközelíthető a sérülékenység a *reziliencia* alapján is, amikor az ökológiából vett rugalmas alkalmazkodóképességet alkalmazzák a klímaváltozás hatásainak elemzésére, a sérülékenység mértékének megállapítására.

A lényeg minden esetben annak a felmérése, hogy milyen mértékű kitéttiséggel, jövőbeni kockázatokkal, érzékenységgel kell számolni az egyes országokban, régiókban, gazdasági szektorokban és társadalmi csoportokban. A klímaváltozásnak – elsősorban rövid távon – vannak nyertesei és vesztesei. Annak eldöntése, hogy milyen ágazat, társadalmi csoport, tájegység tekinthető vesztesnek és ki nyertesnek, elsősorban attól függ, hogy milyen mutatókat vizsgálunk, azt milyen időtávra és milyen területre vonatkozóan tesszük meg. Emiatt is lényeges, hogy a kutatások minél komplexebb módon közelítsenek a problémakörhöz.

Az éghajlati sérülékenység természeti összetevői

Magyarországon a klímaváltozás – éghajlati mutatók szempontjából – elsősorban az aszályérékenység fokozódásával jellemezhető. A Pálfai-féle aszályindex-számítások és egy feltételezhető éghajlat-változási forgatókönyv alapján hazánkban az aszályindex országos átlaga a következő 25–30 évben 12,5%-kal növekedhet (Pálfai 2007).

A magas hőmérsékletek szélsőséges alakulására a hőhullámok kézzel foghatóan világítanak rá. A vizsgálatok szerint a jövőben az eddigieknél lényegesen hosszabb és magasabb hőmérsékletű hőhullámok várhatók, amelyek akár egész nyáron át is tarthatnak. A modellek alapján előfordulhat, hogy a jövőben a 20. század hőségrekordjai akár 12°C-kal is megdőlnék (Révész, Szenteleki 2007). Ez azt mutatja, hogy drasztikusan megváltozik Magyarország éghajlata, megszorodnak a nagy kockázatot jelentő extrém események, amelyek közül a hőhullám az egyik legkockázatosabb. Ez a kisebb adaptációs képességgel rendelkező társadalmi csoportok esetében súlyos következményeket vonhat maga után.

Az éghajlati sérülékenység természeti összetevőikhez szorosan kapcsolódnak az aszálykárok, amelyek a természeti feltételek romlását – a csapadék rosszabb eloszlása okozta problémákkal együttesen – egyértelműen mutatják. Ritkábban esik, de nagyobb mennyiségű a csapadék, így annak hasznosulása romlik. Hozzáátéve ehhez a magasabb hőmérsékleteket nő a potenciális evapotranszpiráció (a talajfelszín és a növényzet lehetséges legnagyobb mértékű együttes párologtatása), emiatt megnő a talajban tartalékolható vízkészlet szerepe (Vig 2009). Maga a vízkészlet azonban folyamatosan csökken, ami nem csupán a talajok sérülékenységét fokozza, hanem a növényzetét is, a fás és lágyszárú vegetáció esetében egyaránt. A romló természeti feltételekre alapozva az időjárás hatására bekövetkező termésingadozást is fel lehet használni az éghajlati sérülékenység meghatározásához, ezt azonban a talajjellemzőkkel együttesen kell kezelni. Sisák és munkatársai (2009) a talajokra épülő összevont klímaérzékenységi mutatót készítették, amely alapján eldönthető, hogy az időjárás hatásain felül a talajtól függő többlet terméskockázatok is jelen vannak-e.

A klímaváltozás megnyilvánulásainak átfogó értékelései a főbb következményeket legtöbbször kontinensenként taglalják. Ennek során Európában elsősorban a viharok gyakoriságának emelkedésére, a nagy intenzitású csapadékok számának növekedésére és az ezek következtében kialakuló villámárvizek gyakoribbá válására hívják fel a figyelmet (Nováky 2007).

A természeti sérülékenység meghatározásának módszerei között a közvélemény számára is jól érthetőek közé tartozik a földrajzi analógia módszere (Horváth 2007). Segítségével könnyebb elképzelni, hogy a klímaváltozás lehetséges hatásai mit jelenthetnek. Lényege, hogy olyan területeket keresünk, amelyek jelenleg olyan klímaadottságokkal bírnak, mint amilyennel a vizsgált terület fog a jövőben rendelkezni. A földrajzi analógia módszerével elsősorban a természetbe vont növényfajtákról lehet következtetéseket levonni. Azonban

lényeges a természetes növénytakarót érintő változások nyomon követése is. Magyarország természetes növénytakaróját tekintve a klímazonális erdőtüskés erdők éghajlati veszélyeztetettsége kimagasló, különösen alacsonyabb tengerszint feletti magasságokban (Czucz, Molnár, Kröel-Dulay 2010). A lágy szárúak esetében főleg a hegyi rétek, kaszálórétek fenyegetettek. Ugyanakkor a síkvidéki társulások közül pl. a féltérközvetes cickóros puszták az éghajlatváltozással eleinte nyerhetnek is, amennyiben a jövőben nagyobb területi elterjedést érnek el. Ezzel szemben a lápok, szikesek, ártéri társulások, tehát a vizes élőhelyek visszaszorulása, adott esetben eltűnése valószínűsíthető.

Az éghajlati sérülékenység társadalmi-gazdasági összetevői

A klímaváltozás a társadalomra és a gazdaságra a természeti tényezőkön keresztül hat. Értelemszerűen a kapcsolat – gazdasági oldalról – azokban az ágazatokban a legerősebb, amelyek szorosan kötődnek a természeti alapokhoz, ilyenek például a mezőgazdaság, az erdőgazdaság, a turizmus vagy éppen a víziközmű-szolgáltatás. A természethez kötődő ágazatok hangsúlyozása azért is indokolt, mert esettanulmányunk a Dél-Alföldre koncentrál, amely vidéki és erősen agrárorientált régió.

A társadalmi jólét és a megélhetési feltételek oldaláról közelítve az éghajlati sérülékenységhez felrajzolható egy „sebezhetőségi” láncolat: kockázat – kitettség – várható veszteségek – kockázatkezelési stratégiák – sérülékenység (Heltberg, Siegel, Jorgensen 2009). Ebben a láncban számos ponton megvan a beavatkozás lehetősége, ami a társadalom erős érintettsége mellett a társadalom cselekvőképességét is magába foglalja.

A közgazdászok a klímaváltozás hatásainak megfoghatóbbá tételéhez igyekeznek pénzben mérhetővé tenni a várható károkat. A GDP várható csökkenéséről igen eltérő becslések láttak napvilágot. Kétszeres CO₂-kibocsátásból (az ipari forradalom előtti szinthez képest) kiindulva a GDP-ben a legnagyobb visszaesés Afrikában várható, ezt követi a Közel-Kelet, a Pacifikus térség, illetve Latin-Amerika (Tol 1998). Fankhauser és Tol (2005) 3°C-os hőmérséklet-növekedés mellett átlagban 5%-os GDP-csökkenést valószínűsít, amelytől azonban országonként nagy eltérések lehetségesek. Más modellek ugyanakkor a 3°C-os emelkedéshez tartozó GDP-csökkenést 1–15% közé teszik, az elkövetkező 20–30 évben.

A globális gazdasági-társadalmi érintettséget vizsgáló kutatások eredményeiből általában levonható az a következtetés, hogy a klímaváltozás negatív hatásai a szegényebb országokat jobban érintik. A káros hatások erősebben jelentkeznek, míg a károk mérséklésének és az alkalmazkodásnak a képessége itt a leggyengébb. Továbbá ezek azok az országok, amelyek a túlnépesedés problémájával is küzdenek, így a két tényező erősíti ezekben az államokból az elvándorlást, amely szintén globális problémaként jelentkezik. Az összefüggések jobb feltárása érdekében sérülékenység és alkalmazkodási képesség alapján klaszter-

reket alkottak az egyes országokból. A négy klaszter a következő (Tol, Downing, Kuik, Smith 2004):

1. sérülékeny országok, amelyhez erős kitettség, gyenge alkalmazkodóképesség társul (pl. Banglades);
2. klímaváltozásnak kevésbé kitett országok, amelyek alkalmazkodóképessége gyenge, emiatt a kis változások is érzékenyen érintik őket (pl. Namíbia);
3. klímaváltozásnak erősen kitett országok, nagy alkalmazkodóképességgel (pl. USA);
4. klímaváltozásnak kevésbé kitett országok, erős alkalmazkodóképességgel (pl. Kanada, Norvégia).

A klímaváltozás társadalmi hatásai a szociális problémákon keresztül foghatók meg leginkább. A szegénység mértéke, a forrásokhoz való hozzáférés eltérései, a perifériákról a centrumok felé irányuló migráció jelentik azokat a mutatókat, amelyekkel a társadalmi következményeket számszerűsíteni lehet (Gasper, Blohm, Rut 2011). A társadalmi hatások erősen függenek a társadalom jellemzőitől is, mint például a nemtől, kortól, rasszhoz tartozástól. Ebben a megközelítésben Afrika, Ázsia és Latin-Amerika színes bőré lakosságának érintettsége erősebb, ugyanakkor itt fekszenek a világ legnépesebb nagyvárosai is. Ez utóbbi azért lényeges, mert a gazdasági-társadalmi klímaérzékenységekben célszerű különbséget tenni az egyes településkategóriák között. A nemzetközi kutatásokból leszűrhető, hogy a nagyvárosok a vidéki területekhez képest sérülékenyebbek a klímaváltozás hatásaival szemben. A sérülékenységet erősen befolyásolja az adott település mérete vagy a környező területekhez mért gazdasági ereje. Sérülékenységek energiahiányban, az infrastruktúra károsodásában, ipari károkból, betegségekben, hóhullámok okozta magasabb halálozásban, élelmi- és vízhiányban nyilvánulnak meg (Gasper, Blohm, Rut 2011). Lényeges, hogy a városok sérülékenysége következmény, amely a klímaváltozásnak való kitettségéből ered (Lankao, Quin 2011). Ez a sérülékenység stressztényezőnek tekinthető, amellyel a városi gazdaságnak és társadalomnak szembe kell néznie. A kezelés, az alkalmazkodás nagyrészt azon múlik, hogy a városok rendelkeznek-e a rugalmas alkalmazkodás képességével, amely megszabhatja egy régió, egy város hosszú távú növekedését vagy éppen hanyatlását (Leichenko 2011).

Függetlenül attól, hogy hazai viszonylatban nagyvárosaink erősen érzékenyek tekinthetők-e a klímaváltozással szemben vagy sem, a településfejlesztés és a települések fenntarthatósága érdekében városaink érintettségét mindenképpen kiemelten érdemes kezelni. A magyarországi települések esetében a hóhullámok, az aszály, a vízszűkösség, az extrém csapadékesemények, valamint az erdőtüzek jelentik azokat az eseményeket, amelyekhez alkalmazkodni kell. Ugyanakkor a nemzetközi megállapításokkal némileg ellentétes, hogy a különböző társadalmi csoportok éghajlatváltozással szembeni eltérő érzékenysége Magyarországon nem a nagyvárosok nagyobb sérülékenységét jelenti. Ennek hátterében – az eltérő nagyváros-kategória mellett – az áll, hogy a leghátrányosabb helyzetben lévő rétegeket sokkal inkább a rurális térségekben, a periférián

lévő falvakban és tanyákon találjuk. Ezek a területek azok, amelyek népessége a klímaváltozás elemeinek tekinthető természeti csapásoknak (árvizek, viharok, aszályok stb.) leginkább kitéve, és a legkisebb az ezekkel szembeni mitigációs és adaptációs képességük. A hátrányos helyzet a gazdasági lemaradás mellett a rossz fizikai és mentális egészségi állapotból, az alacsony képzettségből és a kár-elhárításra való felkészültség hiányából tevődik össze (Vári, Ferencz 2008). Ebből adódóan a sérülékenység indikátorai a lakosság gazdasági helyzete, a különféle etnikumok, nemek és korcsoportok aránya, valamint a népességnövekedés üteme lehetnek (Borden, Schmidtlein, Emrich, Piegorsch, Cutter 2007).

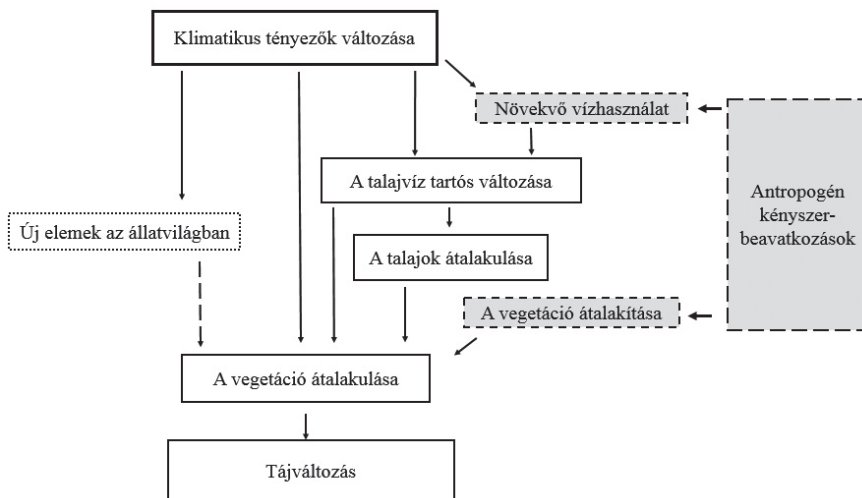
A klímaváltozás által érzékenyen érintett gazdasági ágazatok között előkelő helyen szerepel a mezőgazdaság. Hazánk növénytermesztési zónák határán fekszik, így viszonylag kis klimatikus változások is jelentősen megváltoztathatják az agroökológiai feltételeket. A kedvezőtlen időjáráshoz kötődő károk pénzügyi szempontból is tetemesek, például 2007-ben – az extrém események együttes hatására – a mező- és erdőgazdaságban elérték a 150 milliárd Ft-ot (Gaál, Ladányi, Szenteleki, Hegedüs 2009). A termés kiesésen túl számolni kell azzal is, hogy a bekövetkező sérülések fertőzési kapuként szolgálnak a kórokozók számára, amelyek az enyhébb telek miatt könnyebben áttelelnek, a következő vegetációs időszakban nagyobb kárt okozhatnak, így egy-egy negatív esemény a következő évek termésére is hatással van. A növénytermesztésben az egyik legérzékenyebb ágazat a kertészet, ezen belül is a gyümölcsstermesztés, amelyet a tavaszi fagyok, a kora őszi fagyok, a téli tartós hideghatás, az aszály, a túl sok csapadék, a túlzottan magas hőmérsékletek vagy éppen a jégverés egyaránt súlyosan érint (Gonda 2009). Az adaptáció része, hogy a jövőben meg kell fontolni, mely növények termesztése jövedelmező, és melyek azok, amelyekről célszerű lemondani.

A nemzetközi turizmussal foglalkozó földrajzi publikációkban szintén kiterjedten foglalkoznak az éghajlatváltozással, melynek eddigi eredményeit Becken (2013) foglalja össze. Hazánkban az ágazat talán kevésbé kitéve, a klímaváltozáshoz kötődő negatív hatások a városlátogatásokat érinthetik kedvezőtlenül, különösen a tartós hóhullámok esetén.

A környezeti szempontú éghajlati sérülékenység meghatározásának módszertana

Környezeti szempontból a klímaváltozás igazi bizonyítéka (természetes okokon alapuló) tájváltozás. Ezért meg kellett találni azokat az indikátorokat, amelyek a klimatikus tényezők változását összekapcsolják a tájváltozásokkal. Korábbi kutatásaink alapján nyilvánvalóvá vált, hogy ez leginkább a vegetációváltozás, valamint az azt kiváltó okok (főként a csapadék-, a talajvíz- és esetenként a talajváltozás). Így készítettük el azt az elvi kapcsolatrendszert (1. ábra), amely folyamatában ábrázolja a tájváltozások hátterét.

1. ábra: A klímaváltozás hatására bekövetkező tájváltozás folyamatának elvi vázlata
 General scheme of the process of landscape change under climate change



A hazai klímaváltozás egyik első megnyilvánulása a Duna-Tisza közi talajvízcsökkenés volt, melynek okairól komoly szakmai vita alakult ki (Pálfai 1994). Hosszú időn keresztül ebben a folyamatban a klímaváltozás hatását alulbecsülték. A tájban zajló változások pontosabb értékelése érdekében elvégeztük a talajvízváltozások – geoinformatikára alapozott – részletes mennyiségi értékelését. Ezeket a vizsgálatokat már egy évtizede elkezdtük, de módszerünket több területen továbbfejlesztettük. Így újraellenőrzött adatbázist építettünk (sajnos a mindenki által használt közcélú adatbázis számos hibával terhelt), havi részletességű vizsgálatot készítettünk (tájegységekre, azon belül területegységre normalva). A relatív talajvízmélység mellett a talajvízszintek abszolút magasságával is számoltunk, a klímaváltozás hatásainak kimutatása érdekében pedig a folyók nagyvizei által potenciálisan befolyásolt területeket nem vettük be értékelésünkbe. Így az Alföld négy középtájára (melyek nem esnek egybe a természetföldrajzi tájakkal) készítettünk elemzést. A Nagykunság és a Körös-vidék döntő része területi adottságai (több vízfolyás, jelentős antropogén befolyásolt-ság) miatt nem volt alkalmas az értékelés elkészítésére.

Mivel a klimatikus változásokra a vegetáció reagál talán a legegyszerűbben, kiemelt figyelmet fordítottunk a természetes vegetáció változásainak értékelésére. Ennek érdekében két módszert dolgoztunk ki. Egyrészt részletes vegetációtérképezéssel elkészítettük a Dél-Alföld természetes növényzetének klímaérzékenységi térképét (Deák, Rakonczai, Molnár, Horváth 2012; Rakonczai, Ladányi, Deák, Fehér 2012; Rakonczai, Ladányi, Deák, Kovács 2012). A növényzetnek a változó éghajlati adottságokra (a klímaváltozásra) adott várható válaszainak vizsgálatára hármas kategóriarendszert dolgoztunk ki: *klímaváltozás általi veszélyeztetettség*, száraz időszakra jellemző kiterjedés, nedves időszakra

(árvízi, belvízi állapotokat követő) vonatkozó kiterjedés. Az így megalkotott, a klímaváltozás általi veszélyeztetettség térképe a jelenlegi természetes élőhely-típusok feltételeinek helybeni fennmaradási esélyét minősíti. Ez a módszer a MÉTA-hatszögek¹ szintjén, azaz 35 hektár felbontással tudja a vegetáció klíma-érzékenységet kimutatni (ott, ahol van természetes vegetáció).

Másrészt távérzékelte adatok alapján vegetációs indexek felhasználásával biomassa-meghatározásokat is végeztünk (Rakonczai, Ladányi, Deák, Fehér 2012). Ennek elméleti alapját az képezi, hogy a vegetáció a környezeti-klímatis változásokra rövid és hosszú távú válaszreakciókat ad. Ezek tetten érhetőek az életjelenségekben, különösen a vegetáció által produkált biomassa mennyiségében, így ez is felhasználható a klímaváltozás esetleges értékelésére. A biomassa-vizsgálatokat főként a Dél-Alföld erdőire végeztük, de kísérleti jelleggel a szántókra és részben a gyepekre is kiterjesztettük.

A gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenységi meghatározásának módszertana

A gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenységi index megalkotásánál a következő szakirodalmi előzményeket vettük figyelembe:

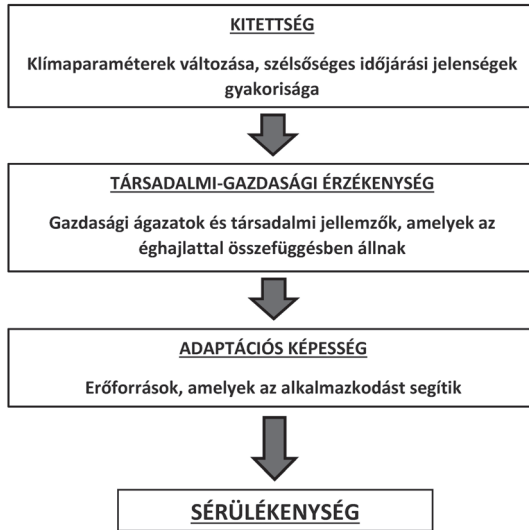
- a hazai előzmények közül a CLAVIER² projektben kidolgozott CIVAS³ modellre épülő hazai vizsgálatokra támaszkodtunk. Ezen belül a VÁTI koordinálásában készített *A területfejlesztés 4 éves szakmai programja a klímaváltozás hatásainak mérséklésére 2010–2013* című dokumentumra (NFGM, VÁTI 2010) és a Nemzeti Alkalmazkodási Központ által készített *Az éghajlati sérülékenység területi értékelése a NÉS [Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia] példáján* című előadásra (Selmeczi 2014),
- a külföldi szakirodalomból elsősorban Hahn, Riederer és Foster 2009-es munkájára támaszkodtunk, melyben megélhetési sérülékenységi indexet dolgoztak ki Mozambikban.

Ezek alapján a települési szintű éghajlati sérülékenységi mutatókat a kitettség, a társadalmi-gazdasági érzékenység és az adaptációs képesség eredőjeként határoztuk meg (2. ábra).

A kutatásunk első lépésében azokat a társadalmi jellemzőket és gazdasági ágazatokat határoztuk meg, amelyeket a hazai körülmények között az éghajlat-változás szempontjából sérülékenynek tartunk, majd ezekhez kapcsolódóan olyan jellemző indikátorokat választottunk ki, amelyek alkalmasak a területi különbségek feltárására. A kiválasztott mutatók a következők:

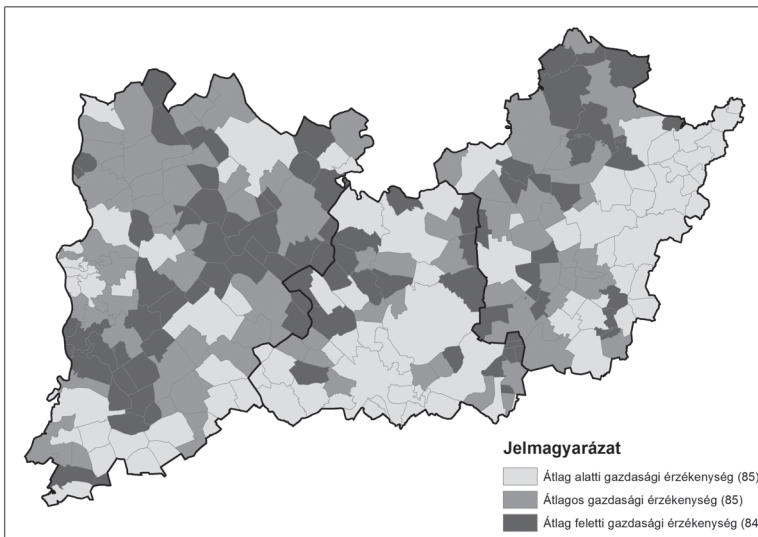
A gazdasági érzékenységi részindexet (3. ábra) a mezőgazdasági foglalkoztatottak arányából (% , 2011), a mezőgazdasági kistermelésből származó jövedelem arányából (% , 2011) és az iparban foglalkoztatottak arányából (% , 2011) képeztük.

2. ábra: Az éghajlati sérülékenység társadalmi gazdasági aspektusainak meghatározása
Definition of socio-economic aspects of climate vulnerability



A szakirodalom elsősorban az agrárágazatot emeli ki mint a legveszélyeztetettebbet a gazdasági szektorok közül. Ez a megállapítás hazánkra és a Dél-Alföldre fokozottan igaz, ugyanakkor azt is figyelembe kellett vennünk, hogy az

3. ábra: Gazdasági érzékenységi részindexek a Dél-Alföld településein
Economic sensitivity indices of the settlements of South Great Plain



ágazat üzemszerkezete a régióban duális jellegű, tehát kisüzemi és nagyüzemi gazdálkodás térségei váltakoznak egymással. Így célszerűnek tartottuk, hogy két olyan mutatót alkalmazzunk az agrárágazatra, amely mindkét üzemtípus esetén megmutatja a primer szektor súlyát a helyi gazdaságban.

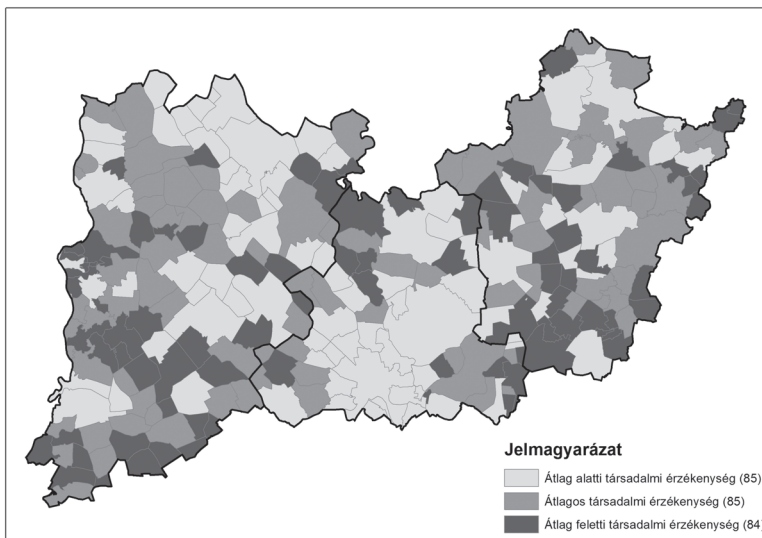
A két mezőgazdasági mutató mellé a részindexbe került az iparban foglalkoztatottak aránya is, hiszen például az építőipar vagy a feldolgozóipar egyes ágazatai erősen kitéttek a klímaváltozásnak. Itt elsősorban a munkakörülmények olyan megváltozására gondolunk, amikor technológiai okok miatt nem lehet a termelést folytatni vagy éppen a munkavállalók védelme követeli meg a munkavégzés felfüggesztését. Ez jelentős hatékonyságromlással és így végső soron bevételkieséssel járhat. Emellett az ipar bizonyos ágazataiban a klímavédelmi intézkedések olyan fejlesztési és termelési többletköltségeket indukálnak, melyek jelentős terhet raknak e vállalkozásokra, szintén a profit csökkenését eredményezve (másképpen a vásárlók ezt részben már megkövetelik, tehát üzleti szükségszerűség is lett egyben). Tipikus példa az autóipar, amely a jövőben a Dél-Alföld egyik húzóágazata lehet, de ide sorolhatjuk az energetikai ipar több területét is. Elviekben lenne lehetőség ezen indikátor finomítására, hiszen vannak olyan ipari tevékenységek, amelyek nem érzékenyek az éghajlatra, ugyanakkor a magyar statisztikai adatgyűjtési rendszerben nem találtunk megfelelő bontású mutatókat.

A terciér szektor szereplői közül a pénzügyi és biztosítási szolgáltatások terén működőket emelhetjük volna be a vizsgálati körbe, ugyanakkor ezt nem tartottuk indokoltnak, mert a vállalkozások száma és a foglalkoztatásban betöltött szerepük alacsony a Dél-Alföldön. A turizmust a nemzetközi szakirodalomban az egyik legérzékenyebb ágazatként tartják számon, ugyanakkor a Dél-Alföldre jellemző turisztikai formák véleményünk szerint kevésbé érintettek (elsősorban a téli évszak turizmusára feltételezik a negatív következményeket), illetve pozitív hatást feltételezünk azzal, hogy a szezon hosszabbá válik a térségben.

A *társadalmi érzékenységi részindexet* (4. ábra) a légzőszervi és keringési betegségek 1000 lakosra jutó számából (2011–2012 átlaga), a házi orvosi rendelésen megjelentek 1000 lakosra jutó számából (2011–2012 átlaga), valamint a 65 év feletieknek az állandó népességből való arányából (2012) állítottuk elő.

A részindex megalkotásánál elsősorban azokra a társadalmi csoportokra koncentráltunk, amelyek egészségi állapotuknál vagy koruknál fogva nehezebben viselik el a klímaváltozással járó hirtelen időjárási szélsőségeket és a hosszabb távú hatásokat. Az egyik érzékeny terület mindenképpen a légzőszervi megbetegedésekkel rendelkezők aránya, hiszen új allergén növények megjelenésével és az allergiaszezon hosszabbá válásával kell számolnunk. A keringési problémákkal rendelkezők fokozottan érzékenyek az időjárási hatásokra, míg a házi orvosi rendeléseken megjelentek számát alapvetően az általános egészségi állapot reprezentálására alkalmazzuk. Harmadik indikátornak a 65 éves vagy annál idősebbek arányát választottuk, hiszen a szakirodalom és a 2003-as párizsi hőhullám tapasztalatai is azt mutatják, hogy az idősek kiemelten érintettek, különösen a hőségna-

4. ábra: Társadalmi érzékenységi részindexek a Dél-Alföld településein
 Social sensitivity indices of the settlements of South Great Plain



pok számának és az egybefüggő kánikulai időszakok hosszának növekedésével.

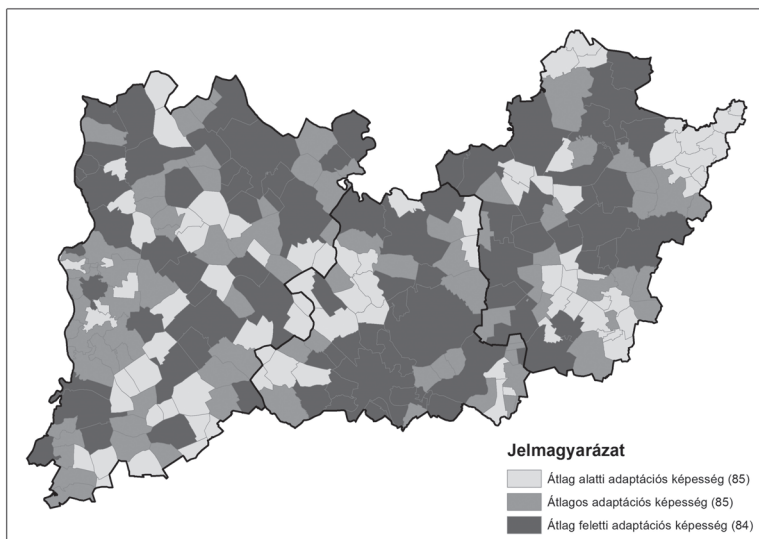
A szakirodalom a társadalom veszélyeztetett csoportjának tartja a szegénységben élőket is. Sajnos erre megfelelő területi adat nem állt rendelkezésünkre. Ehelyett jövedelmi mutatót lehetett volna használni, viszont azt az adaptációs képesség kifejezésénél alkalmaztuk a Nemzeti Alkalmazkodási Központ (Selmeczi 2014) munkájához hasonlóan.

Második lépésben az egyes települések adaptációs képességét becsültük meg, jórészt a szakirodalmi ismertetés tanulságai alapján. Ennek során a következő mutatókat választottuk ki:

Az *adaptációs részindexet* (5. ábra) az egy adófizetőre jutó jövedelemből (2012), a diplomások 25 éves vagy idősebb népességben belüli arányából (2011), az 1000 lakosra jutó tudományos és műszaki-technológiai vállalkozások számából (2012) számítottuk.

Mind a nemzetközi szakirodalomban, mind a korábban említett hazai példákban a jövedelmeket szoros kapcsolatba hozzák a helyi társadalom adaptációs képességével. Ezzel kapcsolatban olyan elvi kritikát fogalmazhatunk meg, hogy a pénzügyi források bizonyos esetekben nem helyettesíthetik a természeti erőforrásokat, különösen nem települési szinten. Ha például egy település vízkészletei a klímaváltozás következtében kimerülnek vagy azok újraképződése jelentősen csökken, azt pénzzel helyettesíteni nem lehetséges (a kemény és a puha fenntarthatóság kérdése). Ugyanakkor azt gondoljuk, hogy a jobb jövedelmi helyzet valóban hozzájárulhat az adaptációhoz, mind egyéni, mind közösségi szinten. A másik két kiválasztott mutató az adaptációs részindexben azt a szellemi, tudományos és műszaki potenciált reprezentálja, amelyet az alkalmazko-

5. ábra: Adaptációs részindexek a Dél-Alföld településein
Adaptation indices of the settlements of South Great Plain



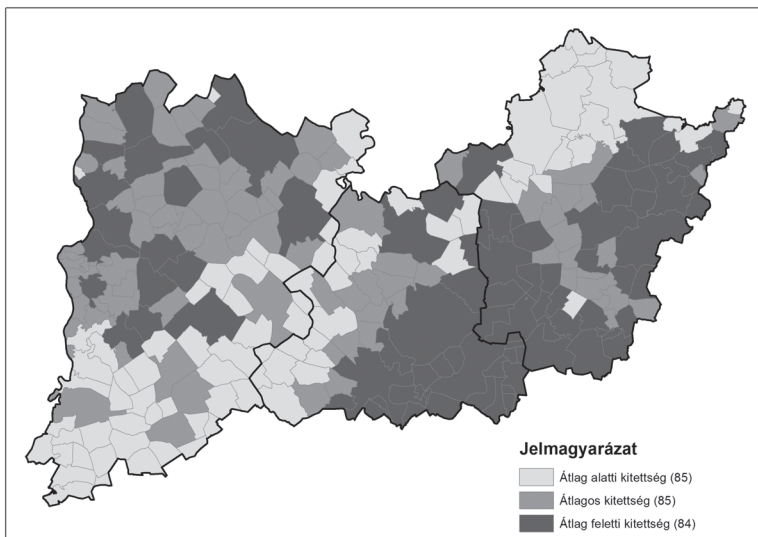
dás folyamatában helyben fel lehet használni.

A harmadik lépésben az egyes települések klímaváltozásnak történő kitettségét térképeztük fel, és egy kitettségi részindexet határoztunk meg. A korábbi hazai példáktól – és a CIVAS-modelltől – eltérően azonban nem a hazai klímamodelllezési eredményeket használtuk fel. Döntésünk több okra vezethető vissza: egyrészt a modellek legjobb, 10 km-es térbeli felbontása az általunk választott vizsgálati szintre (település) nem megfelelő, másrészt úgy véltük, hogy az eddig bekövetkezett tényszerű változások az analógia elve alapján megfelelően jelezhetik a térségi kitettséget.

A *kitettségi részindexet* (6. ábra) a hőségnapok számának változása 1980–2010 között, az átlaghőmérséklet változása 1980–2010 között, a csapadék mennyiségének változása 1980–2010 között, a belterület nagysága (2011), valamint a szolgáltatott víz mennyisége a településen (2012) mutatói alkotják.

A részindex megalkotásához az alapvető éghajlati indikátorok mellett két olyan mutatót választottunk ki, amelyek a változások hatásait felerősíthetik. Az egyik a települési belterület nagysága, amely a városi hősziget hatását érzékelteti. Ennek különös jelentősége van mind a gazdaság, mind a társadalom szempontjából, hiszen a hőségnapok következményeit fokozzák az itt található épületek és infrastrukturális elemek. A másik kiválasztott indikátor a településeken szolgáltatott víz mennyisége volt, hiszen úgy gondoljuk, a Dél-Alföld jövőjét ennek szűkössége alapvetően fogja meghatározni. Mindkét mutatónál kérdésként merül fel, hogy azt lakosságszámra vetítve vagy abszolút értékben alkalmazzuk-e. Úgy döntöttünk, hogy az abszolút értéket választjuk, hiszen faj-

6. ábra: Kitérési részindexek a Dél-Alföld településein
 Exposure indices of the settlements of South Great Plain



lagosan a kisebb települések mutatói jóval rosszabbak, mint a nagyvárosoké (pl. Szegedé), ugyanakkor például a vízigény kielégítése a kisebb lakosságszámú településeken – akár alternatív megoldásoknak köszönhetően – jobban biztosítható, mint a nagyobbakban. A beépített terület abszolút nagysága egyértelműen összefügg a hőszigetelés (Unger 2011) mértékével, így az abszolút mutatóval jobb becslést érhetünk el.

Az adatokat a hazai előzményektől eltérően nem kistérségi, hanem települési szintre gyűjtöttük össze, és éghajlati sérülékenységi indexünket is e területi szintre készítettük el. Ennek oka, hogy a kiválasztott mutatók térségi aggregálása miatt lényeges különbségek vesznek el, illetve az éghajlatváltozás következményei az egyes települések esetében eltérőek lehetnek a kistérségeken vagy járásokon belül. További indokként hozhatjuk fel, hogy az éghajlatváltozással szembeni intézkedések nagy részét helyi szinten a településfejlesztésen – beleértve ebbe a gazdasági és humán szempontokat is –, és nem csupán a szűken vett infrastruktúra- és intézményfejlesztésen, valamint a településrendezésen belül kell kezelni és megoldani. Ebből következően a hatékony adaptációs stratégia megtervezésekor és annak megvalósításakor fontos tisztában lenni azzal, hogy az egyes településkategóriák milyen klímaérzékenységgel rendelkeznek, illetve egy térségen belül melyek azok a falvak és városok, amelyek jobban vagy kevésbé érintettek.

A részindexeket és az éghajlati sérülékenységi indexet Hahn, Riederer és Foster (2009) módszerével számítottuk ki. A részindexek esetében az egyes mutatókat minimum-maximum normalizálással függetleníttük a mértékegysé-

güktől, 0 és 1 közötti tartományba transzformáltuk. Ezután az egyes indikátor értékeiből súlyozás nélküli számtani átlagot számítottunk, amelyekből így megkaptuk a részindexeket. Az összesített éghajlati sérülékenységi indexet úgy határoztuk meg, hogy a társadalmi és a gazdasági érzékenység részindexeiben szereplő mutatók számtani átlagát kivontuk a kitettségi részindexből, majd a kapott értéket megszoroztuk az adaptációs részindex értékével.

A módszer kritikájaként elmondhatjuk, hogy a Dél-Alföld gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenysége nem vizsgálható önmagában, hiszen az élet minden területén külső kapcsolatokkal és függőségekkel érintett. Teljesebb képet tehát abban az esetben kaphatnánk, ha a legfontosabb partner régiókra várható következményeket is bevonnánk az elemzésünkbe, melytől most kénytelenek voltunk eltekinteni.

A Dél-Alföld környezeti szempontú éghajlati sérülékenysége

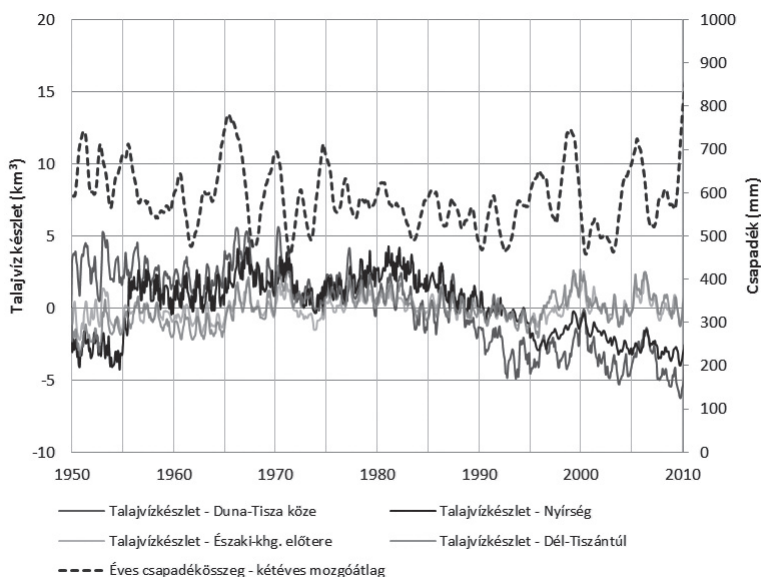
Éghajlati sérülékenység a talajvízváltozások alapján

A talajvíz változásait a relatív vízszinteknek valamilyen referencia-időszakhoz viszonyított eltérése alapján vizsgálják (kezdeti kutatásaink során mi is ezt a megközelítést alkalmaztuk). Ez arra jól használható, hogy a vízkészlet-változásokról térbeli információkat kapjunk, arra viszont alig alkalmas, hogy a változások okai feltárhatóak legyenek. Kutatásaink újszerűségét az adja, hogy néhány tényező hatását számszerűsítettük, így azok időben összevethetőek lettek. Az 1950–2010 közötti 60 éves időszakra meghatároztuk az Alföld négy tájegysége talajvízkészleteinek változását, magassági szintenként havi részletességgel (7. ábra).

A 7. ábra alapján már a részletvizsgálatok nélkül is két fontos tényre figyelhetünk fel. Az egyik az, hogy a talajvízkészletek változásai összhangban vannak a csapadék változásaival, és nem utal semmi az 1980-as évek végéig növekvő rétegvíz-kitermelésre, holott egyesek ez utóbbit tartották a Duna–Tisza közti talajvízcsökkenés fő okának. A másik, hogy a Nyírség területén is megfigyelhető a Duna–Tisza közivel összemérhető talajvízcsökkenés, pedig erről nem is érkeztek komoly jelzések. Hidrológiailag ez teljesen érthető, hiszen mind a két terület a környezete fölé emelkedik, és mivel felszíni vizekből területükön a talajvíz nem tud pótlódni, az szinte csak a csapadékból lehetséges. A meglepő ebben az eredményben az, hogy a hasonlóságot a hagyományos talajvízváltozás-térképek nem mutatták ki (Rakonczai, Fehér 2014). Részletes kutatásaink ennek okát is feltárták. A Nyírség az 1970-es évek végén és az 1980-as évek elején lényegesen csapadékosabb volt, ami a talajvízkészletek növekedésével járt együtt, emiatt a vízkészletek csökkenése később kezdődött. Ezen túlmenően

7. ábra: A talajvízkészlet eltérése a sokévi átlagtól az Alföld négy térségében (1950–2010), illetve a csapadék kétéves mozgóátlaga

Deviation of shallow ground water from the multi-annual average in four regions of the Great Plain (1950–2010), and two-year moving averages of precipitation



a hagyományos vizsgálatokban használt referencia-időszakok választása sem volt szerencsés. A mennyiségi adatok változásából megállapítható, hogy a két tájegységen 5 km^3 -t meghaladó vízhiány alakult ki az utóbbi három évtizedben (a Duna–Tisza közén ez akár a $8\text{--}9 \text{ km}^3$ -t is elérheti). A vízhiány csapadékosabb években mérséklődik, de ekkor is számottevő marad. Ezzel szemben a másik két tájegység (a Dél-Tiszántúl és az Északi-középhegység előtere) talajvízháztartása kiegyenlített: a szárazabb években kialakuló kisebb vízhiányokat már egyetlen csapadékosabb év is pótolni tudja.

A korábban kiemelt figyelmet kapott Duna–Tisza közti vízhiány okát az általunk meghatározott néhány mennyiségi érték többé-kevésbé tisztázza. A talajvízkészletek változásait alapvetően a csapadék (és a párolgás) sokéves alakulása határozza meg. Egy-egy szárazabb vagy nedvesebb év akár 2 km^3 -nyi készletváltozást is tud okozni a Duna–Tisza közti hátságon. Major (1994) a talajvízszint-süllyedés okait kutatva megállapította, hogy az 1971 és 1985 közötti szárazabb időszakban mintegy 1000 mm -nyi csapadékkal hullott kevesebb a sokévi átlagnál. Ez a teljes (mintegy 10 ezer km^2 -es) Duna-Tisza közén 10 km^3 (az általunk vizsgált kisebb területre vonatkoztatva ez kb. $8,3 \text{ km}^3$). Természetesen ha ez a mennyiség csapadékként lehullik, akkor annak számottevő része elpárolgott volna vagy a növényzet hasznosította volna, és csak egy része nö-

velte volna a talajvízkészletet. Ezzel szemben a talajvízszint csökkenéséért felelőssé tett egyik „fő bűnös”, a rétegvíz-kitermelés szerepe a tájon az 1960–2000 közötti 40 év alatt összesen legfeljebb 2 km³(!).

A hidrológiai háttér (a táj jelentős részén lefelé szivárgás a jellemző) és a fentiek alapján valószínűbbnek látszik, hogy a talajvízcsökkenés oka nem „lentről”, hanem „fentről” származik: a jelentősen kevesebb csapadék miatt csökkent a talajvízkészlet, ebből pedig kevesebb szivároghatott a mélybe. Úgy gondoljuk, hogy a Duna–Tisza közti talajvízcsökkenésben a rétegvíz-kitermelés szerepe jóval kisebb, mint azt az 1990-es évek kutatásai jelezték. Számos tényező figyelembevételével ezt 25%-ra (Pálfai 1992) és 70%-ra (Szilágyi, Vörösmarty 1993) is becsülték. Ez utóbbi érték jól mutatja, hogy a sokra hivatott modellszámításokat célszerű lenne egyszerű számításokkal is ellenőrizni.

Éghajlati sérülékenység a vegetációvizsgálatok alapján

Bár tanulmányunkban a technikai lehetőségek korlátai miatt a vegetáció éghajlati sérülékenységi térképét nem közöljük, az azonban megállapítható, hogy a különböző élőhelytípusok sérülékenységének területi elrendeződése egyúttal az egyes *kistajak klímaérzékenységének* különbségeit is kirajzolja. Általánosságban megfogalmazható, hogy a jelenleg jobb vízellátottságú területek vegetációja és a hidromorf talajokon kialakult természetes növényzet a legérzékenyebb a klímaváltozásra. A hozzáértő kutatóknak feltűnhet, hogy a talajvízszint-süllyedésben leginkább érintett Illancs környéki terület természetes vegetációját alig veszélyezteti a klímaváltozás. Ez az ellentmondás azonban csak látszólagos, hiszen ezen a területen már az alacsonyabb csapadékigényű homoki gyepek dominálnak, az erdők pedig elsősorban nem a talajvízből táplálkoznak (ahogyan ezt a következőkben bemutatott biomassza-vizsgálatok is mutatják).

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás érdekében különösen fontos a teljes zonációval bíró természeti területek megőrzése és a tájban meglévő ökológiai hálózatok fenntartása, ami szerepet játszhat az egyes élőhelyek túlélésében, adaptációjában. A vizsgált dél-alföldi mintaterületen közel azonos arányban van, illetve nincs lehetőség zonációeltolódásra, azaz a klímaérzékeny vagy mérsékelt klímaérzékeny élőhelyek mellett 40%-ban van, 38,1%-ban nincs klímaváltozás által nem befolyásolt élőhely.

Biomassza-vizsgálataink során az általunk kidolgozott módszerrel először a legjelentősebb talajvízszint-süllyedéssel érintett vidéken (az Illancson és környékén) tízéves (2000–2009) adatsor alapján a főbb erdőtípusok (feketefenyő és akác) vegetációs dinamikáját elemeztük (Ladányi, Rakonczai, Deák 2011). Kontrollterületként olyan erdőket választottunk, ahol a talajvízszint-süllyedés kevésbé volt jelentős, így a talajvíz könnyebben elérhető a fák számára. Az értékelésből megállapítható, hogy a mélyre süllyedt talajvízű Illancson (ahol az igényesebb fás vegetáció többfelé kiszáradt) az erdők éves biomassza-mennyi-

sege leginkább a tavaszi, nyári csapadékokkal mutat erős korrelációt, azaz a téli (talajvizet meghatározóan tápláló) időszaktól kevésbé függ. Ezzel szemben a homokhátság keleti, alacsonyabb részein található referenciaerdők inkább a téli időszaktól vagy a téli és a vegetációs időszak együttes csapadékától függenek, a szintén viszonyítási alapként használt Gemenci-erdő fáinak növekedése pedig egyáltalán nem függ a csapadéktól. Megállapíthattuk, hogy a *Duna-Tisza közí hátság jelentős talajvízszüllyedéssel érintett területein a fás vegetáció már alig függ a talajvíztől (mivel nem onnan biztosítja vízigényét), azaz sokkal jobban ki van téve a csapadékeloszlás szeszélyességének.*

A kutatásaink következő fázisában mezőgazdasági hasznosítású területeken alkalmaztuk az erdőknél bevált módszert. Az alföldi településszerkezetet figyelembe véve 4×4 km-es mintaterületi méreteket alakítottunk ki. Ez már kellően nagy ahhoz, hogy a vetésforgók miatti különbségeket többé-kevésbé kiegyenlítse, de nem olyan nagy, hogy a településhálózat elemei lényegesen befolyásolják az értékelést. Így általában egységes, többnyire szántó művelési ágú területeket választottunk ki a Dél-Alföld különböző táji adottságú területein. A 12 mintaterület többsége nagytáblás szántó, a hozzájuk kapcsolódó talajok viszont több talajtípust képviselnek, morfológiai helyzetük és termékenységük igen változatos.

A gazdálkodás alá vont területen végzett vizsgálatok több várt és néhány előzetesen nem gondolt, de fontos információt adtak. A mezőgazdasági művelés alatt álló területeken mért biomaszra mennyisége mintegy 20-25%-kal elmarad az erdők produktumától a vizsgált időszakban. Ezt az eredményt várni lehetett, több ok miatt is. Egyrészt a mezőgazdasági kultúrák egy része a tenyészidőszak első szakaszában nem ad teljes felszínborítást, másrészt aktív időszakuk is jóval rövidebb, mint a fás növényeknek (pl. a kukoricát később vetik, a gabonaféléket pedig a nyár elején már le is aratják), ezen kívül a fák vertikális kiterjedése is többszöröse a szántóföldi növényekének.

Meghatározva az egyes mintaterületek biomaszra-produkcióját és azokat összehasonlítva a Pálfi-féle aszályindexszel, a száraz években kimondottan jó egyezést találunk. A 12 mintaterületből 10 esetében a legaszályosabb 2003-as év biomaszája volt a legkisebb, és a másik két terület értéke is közel volt 2003-ban a minimumhoz, csak éppen azoknál a 2000-es, illetve a 2012-es nagyon száraz évek produktuma egy kicsit kevesebb volt. Eszerint nem feltétlenül a legszárazabb években a legkevesebb a biomaszra, hiszen az eddig mért legszárazabb év (2011) a 13 éves időszakban is közepes biomaszra-produkciót adott, az előző csapadékos év jótékony hatása miatt.

A legmagasabb biomaszra-produkció esetében viszont nem kapunk egyöntetű képet. Azt várhatnánk, hogy országos viszonylatban és az egész évszázadot tekintve is a legcsapadékosabb év, 2010 mindenütt a legtermékenyebb, azonban ez csak három mintaterület esetében volt így. A területek majdnem felénél a 2004-es év adta a legnagyobb produktivitást. Ennek jól magyarázható okai vannak. Egyrészt a túl sok csapadék káros is lehet, hiszen belvízborítások alakulnak ki. Másrészt a vegetáció szempontjából nagyon fontos a csapadék időbeli elosz-

lása, és 2004-ben a tenyészidőszak hónapjai egyenletesen csapadékosak voltak, biztosítva ezzel a növények fejlődését.

Kutatásunk során kissé meglepő volt, hogy *a szántók biomassza-produktuma* (vagyázat, ez nem a betakarított termény mennyisége) szinte *egységesen függ a csapadéktól*, még ott is, ahol öntözés van vagy annak lehetősége biztosított. Mindez *arra hívja fel a figyelmet, hogy egy szárazodó klímában még az öntözés sem oldja meg feltétlenül a termésbiztonságot, hiszen a légköri aszály jelentősen befolyásolja a növények fejlődését*. Az agrárkutatásoknak erre mind a megfelelő fajták kiválasztásával (előállításával), mind az ezt figyelembe vevő öntözési gyakorlat alkalmazásával fel kell készülniük.

A gazdaság és a társadalom helyi éghajlati sérülékenysége

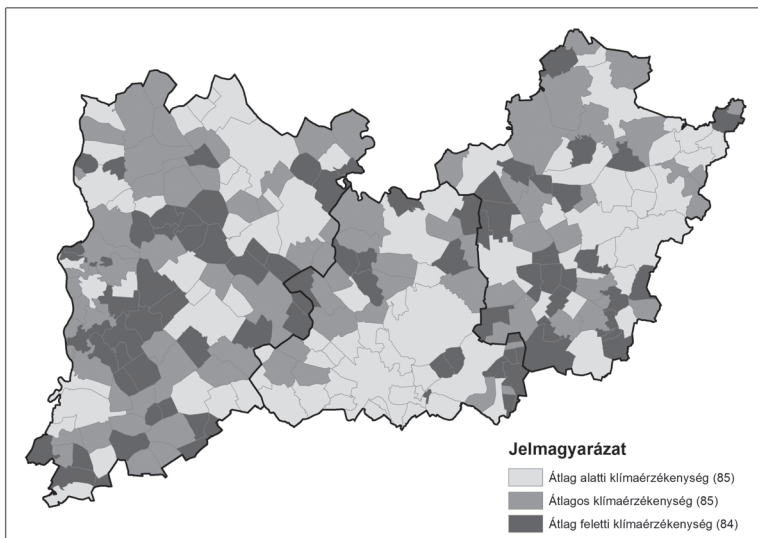
A gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenységi index szerint átlag feletti érzékenyséű településeket a Dél-Alföldön összefüggő tömbben csak Bács-Kiskun megyében találtunk, a Kecskemét-Baja-vonal mentén fekvő részen, valamint részben a Homokhátság nyugati felén, illetve a Duna-völgyében, Kalocsa környékén, a Kalocsai-Sárköz területén. Ezzel szemben Csongrád és Békés megyében 2-3 település méretű „hot spotok” alakultak csak ki. A forró pontok alapvetően Bács-Kiskun és Csongrád megye határán, illetve Csongrád és Békés szomszédos területein jelennek meg. A déli országhatár mentén Bácskában és Békésben találunk mikrotérési méretű sérülékenyebb területeket (8. ábra). Ez azt a feltételezésünket támasztja alá, hogy a klímaérzékenység térben erősen differenciált, és érdemes települési felbontásban vizsgálni.

A területi megoszlás mellett megvizsgáltuk azt is, hogy a települések jogállása szerint – ami egyben méretkategóriákat is tükröz – hogyan alakulnak az egyes részindexek és az éghajlati sérülékenység (9. ábra).

Az egyes településkategóriák között különösen az adaptációs képességben jelentős különbség van, ami egyértelműen a települések lakosságával és a jövedelmekkel van összefüggésben. A finomabb differenciákat vizsgálva azt látjuk, hogy a nagyközségek a községektől a gazdasági érzékenységben és az alkalmazkodási képességben térnek el. A két településkategória közötti különbség abból adódik, hogy a nagyközségekben 9%-kal alacsonyabb a mezőgazdasági foglalkoztatottak aránya és 0,3%-kal kisebb a mezőgazdasági kistermelésből származó jövedelem az összes belföldi jövedelemből. Az adaptációs képességben mindhárom vizsgálatba bevont tényezőben jelentős különbség van a községek és a nagyközségek adatai között, ez utóbbiak javára.

A városi jogállású települések éghajlati sérülékenysége minimálisan jobb, mint az előző két kategória településeie. Ez egyrészt annak köszönhető, hogy gazdasági-társadalmi mutatóik kedvezőbbek és ebből következően az adaptációs képességük jobb, másrészt a kitettségük csak minimálisan nagyobb (ez utóbbi egyértelműen a nagyobb vízigényüknek köszönhető, hiszen az kilencszerese a községekének).

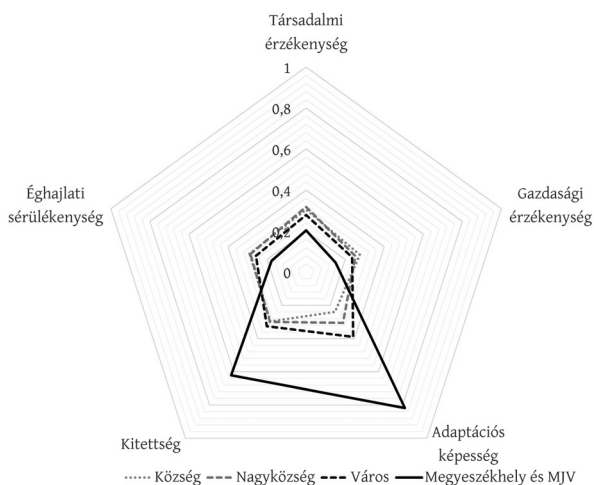
8. ábra: Gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenység a Dél-Alföld településein
 Socio-economic climate vulnerability of the settlements of South Great Plain



Eredményeink szerint a nagyvárosok a legkevésbé érzékenyek az éghajlatváltozásra, hiszen gazdaságuk alapvetően a szolgáltatások felé tolódott el, így az éghajlatváltozás hatásai kevésbé érik őket. Népségük átlagéletkora alacsonyabb, jobb az egészségi állapotuk, magasabb a tudományos és műszaki vállal-

9. ábra: Társadalmi-gazdasági éghajlati sérülékenység és annak összetevői településkategóriák szerint

Socio-economic vulnerability and its components by settlement categories



kozások, valamint a diplomások aránya, illetve jelentősen magasabb az egy főre jutó jövedelem is, amelyek összességében ellensúlyozzák az általunk számított jóval nagyobb kitettséget.

Az általunk alkalmazott módszer egyértelműen azt az összefüggést tárta fel, miszerint minél nagyobb egy település lakosság száma, annál nagyobb a kitettsége az éghajlatváltozás hatásaival szemben, ugyanakkor az adaptációs képessége is erősebb, tehát összességében mégis kevésbé sérülékeny, mint a kisebb települések. Itt azonban ki kell emelnünk, hogy bizonyos erőforrások szűkösségét – mint például a vizét – nem lehet helyettesíteni más erőforrásokkal, így az éves csapadék, valamint a Duna és a Tisza vízhozamának jelentős csökkenése komoly problémát okozhat a régió nagyvárosai számára.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy éghajlati sérülékenységi indexünk ugyan az egyes települések sérülékenységének számszerű összehasonlítására nem alkalmas, viszont kijelöli a Dél-Alföld azon városait és községeit, amelyeknek gazdasági és társadalmi jellemzőikből következően a jövőben fokozott figyelmet kell fordítaniuk a változó klímához történő alkalmazkodás kérdéseire a helyi stratégiák megalkotásánál. Eredményeinket azonban csak a Dél-Alföld társadalmi-gazdasági viszonyai között tartjuk relevánsnak, hiszen amennyiben a kutatást egyéb hazai vagy külföldi települések körére ki akarjuk terjeszteni, az véleményünk szerint további vizsgálatokat igényel.

Konklúziók

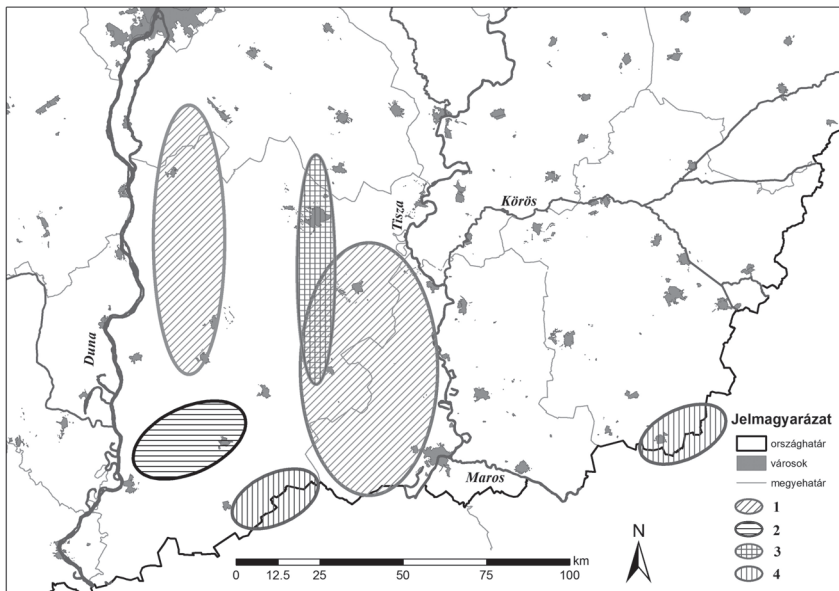
Elemzésünkben a klímaváltozással szembeni sérülékenység környezeti és gazdasági-társadalmi vonatkozásaival foglalkoztunk a Dél-Alföldön. Úgy gondoljuk, hogy a téma természeti és társadalom-földrajzi vonatkozásai miatt alkalmas arra, hogy a geográfia kettősségében rejlő lehetőségeket és erősségeket megmutassa.

A földrajztudomány fontos jellemzője – duális jellege mellett –, hogy szerteágazó interdiszciplináris kapcsolatrendszerre van. Emiatt természetesen lehet, hogy egy-egy tudományágban „nem és olyan mélyre” (bár még sokszor ez sem igaz), de jól tudja kezelni a tudományok közötti átmeneteket. Így kellő tudományközi együttműködéssel értékelni tudja az éghajlatváltozással kapcsolatos teljes kapcsolatrendszert. Moser (2010) véleménye szerint a földrajz feladata, hogy meglévő inter- és multidiszciplináris hagyományaira építve olyan szakembereket adjon a társadalom szolgálatába, akik képesek integrálni és közérthető nyelvre lefordítani az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatási eredményeket, ezáltal fontos részesei lehetnek a politikai/szakpolitikai döntés-előkészítő folyamatnak, a hatások és az adaptáció menedzselésének. Véleményünk szerint ma hazánkban ezt a földrajzosokban lévő potenciált a döntéshozók nem használják ki, mely helyzet megváltoztatására a geográfusoknak össze kell fogniuk mind a természeti, mind a társadalomföldrajz oldaláról.

Munkánkban az éghajlat jelenlegi alakulásából, valamint az antropogén hatások jellemzőiből kiindulva igyekeztünk azokat a térségeket és ágazatokat feltárni, amelyek a Dél-Alföldön kritikus helyzetbe kerülhetnek a klímaváltozás előrehaladtával. Bár az éghajlatváltozás eddig felismert hatásaihoz a jövőben újabbak is társulhatnak, ami módosíthatja a vizsgálatunkban feltárt helyzetképet, azonban jelenlegi ismereteink szerint már sejthetőek a térség klimatikus hatásokkal szemben sérülékenynek mutakozó „forró pontjai” (10. ábra).

Környezeti vizsgálatunk eredményeivel több esetben megegyező, de nem annyira határozott „hot spotokat” tártunk fel gazdasági-társadalmi vizsgálatainkban. A természeti és a társadalom-földrajzi elemzésünk eredményeinek hasonlósága megerősíti azt a feltevésünket, hogy ez utóbbi vizsgálatokat célszerű települési szinten végezni, hiszen így a sérülékenyebb területek a térben pontosabban és komplex szempontok alapján jelölhetőek ki. E térségekre mind a kutatóknak, mind a területi tervezéssel foglalkozóknak jóval nagyobb figyelmet kell fordítani, mert sérülékenységük miatt egyrészt a jövőbeni kutatások elsődleges mintaterületei lehetnek, másrészt a gazdasági-társadalmi tervezésben a klímadaptáció szempontjait esetükben kiemelten kell kezelni.

10. ábra: A Dél-Alföld klímaváltozással összefüggő „forró pontjai” és a klímaváltozás hatását regionálisan befolyásoló veszélyes antropogén beavatkozások
 Climate-change-related “hot spots” of South Great Plain and dangerous antropogenic meddlings affecting climate change



Jelmagyarázat: 1: a szárazodási folyamatban leginkább veszélyeztetett természetes élőhelyek, 2: hosszú távon károsított talajvízkészletek, 3: a szennyvízszikkasztás visszaszorulása nyomán potenciálisan veszélyeztetett talajvízkészlet, 4: a klímaváltozás káros hatásait potenciálisan felerősítő működő vagy tervezett vízkitermelések.

A társadalmi-gazdasági éghajlati sérülékenység mérésére alkalmazott módszerrel pontosabb képet kaphatnánk a valós helyzetről, ha a hivatalos statisztikai rendszerben gyűjtött adatok mellett célzott térségi felmérésekből is rendelkezésre állnának információk. A KSH-adatokon alapuló elemzés általános kép megrajzolásához elegendő, ebből a települések egymáshoz viszonyított sérülékenysége olvasható ki, ami viszont a fejlesztési-tervezési döntések megalkotásához kevés lehet.

Elemzésünk eredményei azt mutatják, hogy a klímaváltozás következményei összetett rendszer részei, továbbá hogy a társadalom tájra gyakorolt hatásainál és azok következményeinek feltárásánál rendszerben kell (vagy kellene) gondolkodni. Éppen ezért még a környezetvédelmi szempontból egyébként hasznos beavatkozásoknak (szennyvízcsatornázás, egészséges ivóvíz biztosítása) is lehet környezeti kockázata. Fontos, hogy a rövid távú előnyöket és a hosszú távú kockázatokat együtt vegyük figyelembe, és utóbbiak is szerepeljenek a megvalósíthatóság költségvetési tételei között.

Jelenleg problémának látjuk, hogy a komplex, rendszerszemléletű megközelítés hiányzik a hazai klímaváltozás kutatásából. Az éghajlatváltozás hatásai ugyanis egymáshoz térben és időben kapcsolódó változások rendszeréből állnak össze, és talán a geotudományok azok (azon belül is a geológia, a természeti és a társadalomföldrajz), ahol tradicionálisan leginkább fontos a tér- és az időbeli gondolkodás egysége. A klímaváltozás következményeinek bonyolult rendszere alkalmas arra, hogy a földrajz bebizonyíthassa, képes integráló szerepet betölteni a kutatási folyamatban, amit – reméljük – ezen elemzésünk is bizonyít.

Jegyzetek

- 1 MÉTA: Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa; az MTA Ökológiai és Botanikai Intézetének programja.
- 2 CLAVIER: Climate Change and Variability – Klímaváltozás és Változékonyság projekt, amely Kelet-Közép-Európára koncentrált.
- 3 Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme – a klímaváltozás eredményezte hatások és a sérülékenység értékelési rendszerének modellje.

Irodalom

- Becken, S. (2013): A review of tourism and climate change as an evolving knowledge domain. *Tourism Management Perspectives*, 6., 53–62. <http://doi.org/z2c>
- Borden, K. A., Schmidtlein, M. C., Emrich, C. T., Piegorsch, W. W., Cutter, S. L. (2007): Vulnerability of US cities to environmental hazards. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 2., 14–27. <http://doi.org/bhk459>

- Czúcz B., Molnár Zs., Kröel-Dulay Gy. (2010): A természetes élővilág és az éghajlatváltozás – a modellezés lehetőségei. In: Lakatos M. (szerk.): 36. *Meteorológiai Tudományos Napok: Változó éghajlat és következményei a Kárpát-medencébe*. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 138–146.
- Deák J. Á., Rakonczai J., Molnár Zs., Horváth F. (2012): Élőhelyek klímaérzékenysége Délkelet-Magyarország tájaiban. In: Nyári D. (szerk.): *Kockázat – konfliktus – kihívás. VI. Magyar Földrajzi Konferencia*. Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, 165–180.
- Fankhauser, S., Tol, R. S. J. (2005): On climate change and economic growth. *Resource and Energy Economics*, 1., 1–17. <http://doi.org/bj8wk8>
- Füssel, H. M. (2007): Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 2., 155–167. <http://doi.org/dhffsp>
- Gaál M., Ladányi M., Szenteleki K., Hegedűs A. (2009): A kertészeti ágazatok klimatikus kockázatainak vizsgálati-módszertani áttekintése. „Klíma-21” Füzetek. *Klímaváltozás – Hatások – Válaszok*, 58., 72–81.
- Gasper, R., Blohm, A., Rut, M. (2011): Social and economic impacts of climate change on urban environment. *Current Opinion in Environment Sustainability*, 3., 150–157. <http://doi.org/d7sbxp>
- Gonda I. (2009): Időjárás szélsőségek okozta károk mérséklésének technikai és technológiai lehetőségei a gyümölcsösökben. „Klíma-21” Füzetek. *Klímaváltozás – Hatások – Válaszok*, 58., 45–51.
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., Foster, S. O. (2009): The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change – A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 1., 74–88. <http://doi.org/bnmp63>
- Heltberg, R., Siegel, B. P., Jorgensen, S. L. (2009): Addressing human vulnerability to climate change: Towards a 'non-regrets' approach. *Global Environmental Change*, 1., 89–99. <http://doi.org/fvn3ns>
- Horváth L. (2007): Földrajzi analógia meghatározásának néhány módszere és alkalmazási lehetőségei. „Klíma-21” Füzetek. *Klímaváltozás – Hatások – Válaszok*, 50., 54–61.
- Ladányi, Zs., Rakonczai, J., Deák, Á. J. (2011): A Hungarian landscape under strong natural and human impact in the last century. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2., 35–44.
- Lankao, R. P., Quin, H. (2011): Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change. *Current Opinion in Environment Sustainability*, 3., 142–149. <http://doi.org/d9xtk8>
- Leichenko, R. (2011): Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environment Sustainability*, 3., 164–168. <http://doi.org/dzcdcs>
- Major P. (1994): Talajvízszint-süllyedések a Duna-Tisza közén. In: Pálfi I. (szerk.): *A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái*. Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, 17–24. (A Nagyalföld Alapítvány Kötetei; 3.)
- Moser, S. C. (2010): Now more than ever: the need for more societally relevant research on vulnerability and adaptation to climate change. *Applied Geography*, 4., 464–474. <http://doi.org/dfbp8b>
- NFGM, VÁTI (2010): *A területfejlesztés 4 éves szakmai programja a klímaváltozás hatásainak mérséklésére 2010-2013*. http://www.vati.hu/files/sharedUploads/docs/ttei/A_teruletfejlesztes_klima_programja_2010-2013_1.pdf (Letöltés: 2014. augusztus 10.)
- Nováky B. (2007): Az ENSZ Éghajlat-változási Kormányközi Testületének jelentése az éghajlatváltozás várható következményeiről. „Klíma-21” Füzetek. *Klímaváltozás – Hatások – Válaszok*, 50., 6–11.
- Pálfi I. (1992): A Duna-Tisza közti talajvízszint süllyedés okai. In: *MHT X. Vándorgyűlése*, IV., 133–146.
- Pálfi I. (szerk.) (1994): *A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái*. Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba (A Nagyalföld Alapítvány Kötetei; 3.)
- Pálfi I. (2007): Éghajlatváltozás és aszály. „Klíma-21” Füzetek. *Klímaváltozás – Hatások – Válaszok*, 49., 59–65.
- Pittman, J., Wittrock, V., Kulshreshtha, S., Wheaton, E. (2011): Vulnerability to climate change in rural Saskatchewan: Case study of the rural municipality of Rudy No. 284. *Journal of Rural Studies*, 1., 83–94. <http://doi.org/c62nhv>
- Pollard, J. S., Oldfield, J., Randalls, S., Thornes, J. E. (2008): Firm finances, weather derivatives and geography. *Geoforum*, 2., 616–624. <http://doi.org/djc4mq>
- Rakonczai, J., Ladányi, Zs., Deák, J. Á., Fehér, Zs. (2012): Indicators of climate change in the landscape: investigation of the soil – groundwater – vegetation connection system in the Great Hungarian

- Plain. In: Rakonczai, J., Ladányi, Zs. (eds.): *Review of climate change research program at the University of Szeged (2010–2012)*. Institute of Geography and Geology, Szeged, 41–58.
- Rakonczai J., Ladányi Zs., Deák J. Á., Kovács F. (2012): A földrajz és a tájökológia szerepe a klímaváltozás következményeinek értékelésében. In: Farsang A., Mucsi L., Keveiné Bárány I. (szerk.): *Táj - érték, lépték, változás*. SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged, 137–144.
- Rakonczai J., Fehér Zs. (2014): *A talajvízváltozások új szempontú értékelése az Alföldön*. A Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa. Miskolci Egyetem Földrajz-Geoinformatika Intézet, Miskolc, 491–501.
- Révész A., Szenteleki K. (2007): A hőhullámok és a hőmérséklet sztochasztikus viselkedésének vizsgálata. „Klíma-21” Füzetek. *Klimaváltozás - Hatások - Válaszok*, 51., 18–33.
- Selmeczi P. (2014): Az éghajlati sérülékenység a területi értékelése a NÉS példáján. *Climate-Adapt Fórum a tudomány képviselői és az ágazati döntéshozók számára a klímaalkalmazkodás kérdéseiben*, VM, 2014. június 26–27. <https://onedrive.live.com/view.aspx?cid=5BA168357EAFB3A8&resid=5BA168357EAFB3A8!1369&app=WordPdf&authkey=!APiAmAm2pnHYPrk> (Letöltés: 2014. augusztus 10.)
- Sisák I., Máté F., Makó A., Szász G., Hausner Cs. (2009): A talajok klímaérzékenysége. „Klíma-21” Füzetek. *Klimaváltozás - Hatások - Válaszok*, 57., 31–42.
- Szilágyi J., Vörösmarty Ch. (1993): A Duna-Tisza közti talajvízszint-süllyedések okainak vizsgálata. *Vízügyi Közlemények*, 3., 280–294.
- Tol, R. S. J. (1998): Estimating socio-economic impacts of climate change. *Studies in Environmental Science*, 72., 199–221. <http://doi.org/cf7r6j>
- Tol, R. S. J., Downing, T., Kuiik, O. J., Smith, J. B. (2004): Distributional aspects of climate change impacts. *Global Environmental Change*, 3., 259–272. <http://doi.org/dxbn79>
- Unger J. (2011): Városklíma – hősziget – alföldi városok. In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld*. Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, 245–256. (Nagyalföld Alapítvány Kötetei; 7.)
- Vári A., Ferencz Z. (2008): Felső-Tisza-vidéki településeken élők árvízi sebezhetősége. „Klíma-21” Füzetek. *Klimaváltozás - Hatások - Válaszok*, 54., 72–90.
- Vig P. (2009): Az inszoláció változásainak hatása az erdők vízháztartására. „Klíma-21” Füzetek. *Klimaváltozás - Hatások - Válaszok*, 57., 83–90.