

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A KÖRNYEZETI VESZÉLYEKRE AZ ALFÖLDÖN

MEZŐSI GÁBOR – BATA TEODÓRA – BLANKA VIKTÓRIA
– LADÁNYI ZSUZSANNA

POTENTIAL IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON ENVIRONMENTAL HAZARDS
IN THE GREAT HUNGARIAN PLAIN

Abstract

Environmental hazards have posed significant damage to agricultural production in the Great Hungarian Plain in the past few years. Since climate models predict the changes of the climatic parameters and extremities for the end of the century, the frequency and the rate of environmental hazards can change. In our study the potential impacts of climate change based on ALADIN and REMO regional climate models were analyzed using indicators for drought, inland excess water, and wind erosion hazards for two investigated periods (2021–2050 and 2071–2100). The results show that drought hazard is likely to increase significantly for the end of the century according to both models, posing a significant threat to agricultural production. The increase of wind erosion hazards is not as obvious, with the changes likely to remain below $\pm 10\%$. In the case of inland excess water hazards the uncertainty is the highest, and the changes of the hazard is not likely to reach $\pm 5\%$. In the study area drought hazard is likely to pose the highest regional threat to agriculture.

Keywords: drought, inland excess water, wind erosion, hazard changes

Bevezetés

A globális klímaváltozás és annak hatásai az utóbbi évszázadban egyre inkább nyilvánvalóvá váltak, aminek a Kárpát-medencében is jól észlelhető következményei vannak. Részben a klímaváltozás hatásaival magyarázható, hogy számos környezeti veszély – pl. aszály (FIALA K. et al. 2014), belvíz (RAKONCZAI J. et al. 2011), szélrózsió (MEZŐSI G. et al. 2013a) – okoz egyre jelentősebb társadalmi, gazdasági és környezeti problémákat. A természeti veszélyek együttesen (jég, tűz, tavaszi fagyok, aszály, belvíz, heves esőzések, szélrózsió) megközelítőleg 300 millió EUR veszteséget okoztak az elmúlt évtizedben (KEMÉNY G. et al. 2013; GAÁL N. et al. 2014; SZABÓ J. et al. 2008).

Magyarországon az aszály az egyik legjelentősebb környezeti veszély, mely átlagosan 3-5 évente alakul ki (BAKONYI P. 2010; PÁLFAI I. – HERCEG Á. 2011; BIHARI Z. 2012; GOSIC, M. – TRAJKOVIC S. 2013; WMO 2013) és az utóbbi évtizedekben mind az aszályok gyakorisága, mind azok súlyossága növekedett (FIALA K. et al. 2014). A szélsőségesen aszályos években szinte az egész ország területére kiterjedő károkat okoz a mezőgazdaságban. A 2012. évi aszály következtében pl. a kukorica terméseredménye több mint 40%-kal csökkent az ország déli részén, de néhány megyében meghaladta az 50%-ot is (SZILASSI P. et al. 2014). A belvíz szintén rendszeresen előforduló környezeti veszély, átlagosan 2-4 évente okoz károkat a mezőgazdasági területeken, leginkább az alföldi területek mélyebb fekvésű térségeit érinti (LIKENS, G. 2009; RAKONCZAI J. et al. 2011; VAN LEEUWEN, B. 2012; JULIAN, J. et al. 2013; SHI, K. et al. 2013). A belvízzel borított területek nagysága évről-évre nagymértékben ingadozik, a jelentősebb belvizes időszakok során eléri a 200-400 ezer hektárt. A szélrózsió az országban ugyancsak a jelentős gazdasági károkat okozó természeti veszélyek közé tartozik, különösen a homok területeken (LÓKI J. 2011).

LÓCZY et al. (2012) szerint a környezeti paraméterek alapján Magyarország területének 26,5%-a érintett jelentősebb szélrózsió által. A szélrózsió okozta károk egyrésztől közvetlen károk (fizikai sérülés áprilisban leginkább zöldségeken és cukorrépán), melyek kb. 15-20000 ha területet érintenek (KEMÉNY G. 2013), de a közvetett hatások ennél sokkal jelentősebbek (termésvesztesség, degradálódó talajszerkezet és csökkenő termékenység, termőterület-csökkenés).

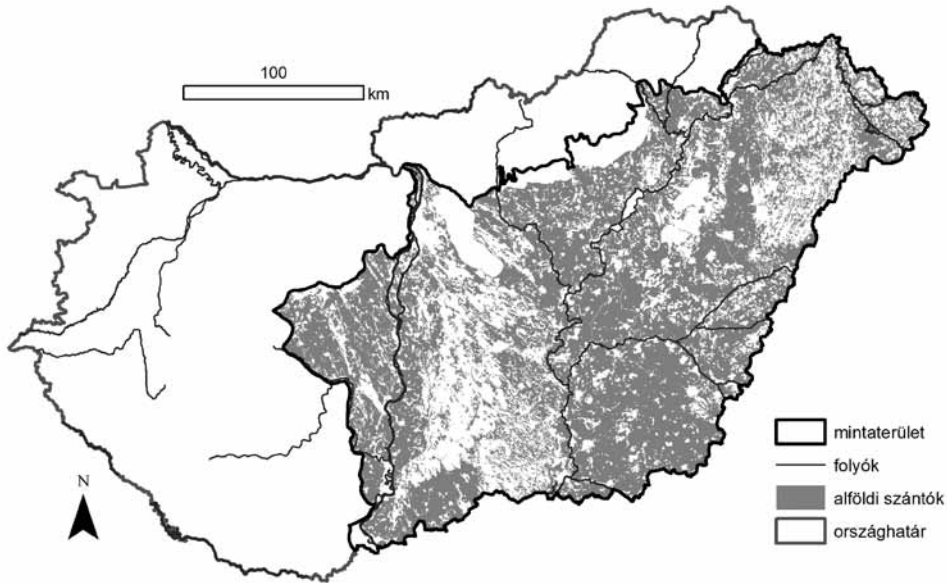
Az éghajlati paraméterek megváltozása a környezeti veszélyek mértékében jelentős változásokat okozhatnak, mivel változhatnak az ebből a szempontból kritikus időszakok kialakulásának gyakorisága, valamint ezen időszakok szélsőségessége. Modell szimulációk a hőmérséklet emelkedését és ezzel párhuzamosan a csapadékviszonyok megváltozását vetítik előre, melyek egyre gyakoribb és súlyosabb környezeti katasztrófák bekövetkezését eredményezhetik és jelentős gazdasági és környezeti károkat okozhatnak (IPCC 2014; OMSZ 2013). A regionális klímamodellek eredményei alapján a Kárpát-medencében a hőmérséklet jelentős növekedése várható (2021–2050-re +1,5°C, 2071–2100-re +3,5°C) (SZABÓ P. et al. 2011). A modell szimulációk alapján az évi a csapadékmennyiség változása nem szignifikáns, azonban az éven belüli változások jelentősek: a téli félévre 20% csapadék növekedés, míg a nyári félévre 20% csökkenés várható (BARTHOLY J. et al. 2011).

Az aszály, belvív és szélrózsió veszély mértéke a síkvidéki területeken, főként az Alföld területén a legjelentősebb, ezért vizsgálataink az Alföld területére fókuszálnak. Kutatásunk célja a környezeti veszélyek mértékében előrejelezhető változások és ezek térbeli mintázatának vizsgálata a klímaváltozás következtében az Alföld területein a 21. sz. végéig. A környezeti veszélyek változását több környezeti és társadalmi paraméter befolyásolja, melyek közül a bemutatásra kerülő elemzés a klíma szempontjából vizsgálja a változásokat. A klíma jövőbeli változásának vizsgálatához regionális klímamodellek projekcióit alkalmaztuk, melyek két 30 éves jövőbeli időszakra nyújtanak információt. A veszélyek jövőbeli változását a modellek által vizsgált időszakokra tanulmányoztuk.

Mintaterület

A kutatás mintaterülete az Alföld, melynek több, mint 60%-a szántó művelés alatt áll (1. ábra). Az átlagos éves csapadékmennyiség 500-550 mm, a középhőmérséklet 10-11°C (PÉCZELY 1998). A havi átlagos szélsőesség tavasszal (március és április) a legnagyobb (3,5 m/s) (PÉCZELY G. 1998), mely időszakban a szélrózsió kockázata a legmagasabb. A klimatikus adottságok, a termékeny talajok, valamint az elérhető vízkészletek kedvező feltételeket biztosítanak a mezőgazdaság számára. Ezen környezeti tényezők mellett a legfontosabb természeti veszélyek a klimatikus változékonysághoz, a felszín kis mértékű változatosságához, és a tájhasználatához kötődnek, a vízháztartási szélsőségek okozzák a legtöbb problémát. Az éves csapadékösszeg szélsőségei jól mutatják annak változatosságát. A legkisebb éves csapadékmennyiséget 2000-ben regisztrálták Szegeden (203 mm), míg a legnagyobb csapadékot 2010-ben (1555 mm) Miskolc-Lillafüred-Jávorkút meteorológiai állomáson mérték. Csapadékos években a belvívelöntések, száraz években pedig az aszály és a megnövekedett szélrózsió okoz jelentős mértékű károkat mind a gazdálkodók és a természeti környezet számára. Attól függően, hogy milyen gyakoriságúak és intenzitásúak a természeti veszélyek, illetve megfigyelhető-e együttes előfordulásuk, az általuk okozott gazdasági veszteség megközelítheti a GDP 2-6%-át (BAKONYI P. 2010). A 2007-es aszály következtében például a kukorica átlagos termés mennyisége 50%-al volt kevesebb, mint a megelőző években (3,7 t/ha) (SZÉLL E. – DÉVÉNYI K. 2008). Igen komoly

aszálykárokat (15-80% termés kiesést) tapasztaltak a gazdálkodók 2003 májusában is, amikor a gabonafélék az Alföld szántóinak kimagasló hányadát tették ki (HAZAFI L. 2003). Az összes környezeti veszély által okozott agrár-gazdasági kár akár 10-15%-át is elérheti a szél által okozott veszteség a mezőgazdaságban Magyarországon (SZABÓ L. et al. 1994; LÓCZY D. et al. 2012). A belvíz átlagosan 110 000 ha-nyi területet önt el általában tavasszal az Alföldön, habár 1935-öt követően 13 évben is előfordult, amikor több, mint 200 000 ha került víz alá (VAN LEEUWEN, B. 2012).



1. ábra A mintaterület határa, valamint a vizsgált szántóterületek térbeli elhelyezkedése a Corine 2006-os felszínborítási adatbázis alapján
 Figure 1 The investigated study area and the spatial distribution of arable lands based on Corine 2006

Módszerek

A kutatás során a klímaváltozás környezeti veszélyekre gyakorolt hatását vizsgáltuk az Alföldön. Regionális klímamodellek által előrejelzett klímaadatok segítségével szám-szerűsítettük a régió legfontosabb környezeti veszélyeinek (aszály, szélrózsió és belvív) jövöbéli változását. Mivel ezen veszélyek a legnagyobb károkat a mezőgazdaság számára okozzák, a vizsgálatunkban a szántó területekre fókuszáltunk.

A felhasznált regionális klímamodellek adatai

A jövöbéli klímaváltozás értékeléséhez a REMO és az ALADIN regionális klímamodellek adatait használtuk. A modellek futtatását Országos Meteorológiai Szolgálat Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztálya végezte az AIB üvegházgáz-kibocsátási szcenáriót alapul véve (BARTHOLY J. et al. 2008). A klímamodell 25 km-es háló mentén szolgáltat napi hőmérséklet és csapadék adatokat két jövöbéli periódusra (2021-2050; 2071-2100), melyekből havi és éves átlagot számoltunk.

A természeti veszélyek vizsgálata

A klímaváltozáshoz köthető legfontosabb környezeti veszélyek közé tartozik az Alföldön az aszály és a belvízveszély mértékének és gyakoriságának, a szélerózió intenzitásának, valamint az árvízveszélynek a változása (MEZŐSI G. et al. 2013b). Jelen kutatásban az első három veszély vizsgálatát tűztük ki célul.

Az aszály alapvetően egy természetes jelenség a mintaterületen, bár az emberi tevékenység (pl. nem megfelelő tájhasználat, fokozott vízkitermelés) jelentős mértékű indirekt hatásán keresztül a jelenség fokozódását eredményezheti, illetve a klímaváltozás nyomán várhatóan növekvő erősségű aszályokkal számolhatunk. Az aszályveszély jövőbeli változásának számszerűsítéséhez és értékeléséhez a Pálfa-féle aszály indexet (PaDI) használtuk (PÁLFAI I.–HERCZEG Á. 2011), mely súlyozott havi hőmérséklet és csapadék adatokat felhasználva egy számértékkel jellemzi egy mezőgazdasági év aszályerősségét:

$$PaDI = \frac{\sum_{i=Apr}^{Aug} T_i / 5 \cdot 100}{\sum_{i=Okt}^{Sept} P_i \cdot k_i}$$

ahol: T_i – havi középhőmérséklet, °C; P_i – havi csapadékösszeg, mm; k_i – súlyozó tényező.

A szélerózió veszély modellezését a legfontosabb környezeti tényezők, azaz a talaj erodálhatósága, a vegetációborítás és a szél erodáló képessége (március-április) alapján végeztük. A szélerózió becslése fuzzy módszerrel történt (MEZŐSI G. et al. 2013a). A szélerózió jövőbeli becslése a klímparaméterek változásának vizsgálatán keresztül történt a két jövőbeli 30 éves periódusra, KLIK (2004) szélerózió egyenletének (KLIK 2004) klíma faktor (C) paramétere alapján:

$$C = \frac{386 \cdot u^3}{(PE)^2}$$

ahol: u – átlagos havi szélesebesség; PE – THORNWAITE (1948) csapadék hatékonyság index

$$PE = \frac{3,16 \cdot P_i}{(1,8 \cdot T_i + 22) \cdot \frac{10}{9}}$$

P_i – havi csapadékösszeg, mm; T_i – havi középhőmérséklet, °C.

A belvíz elöntések a mintaterület szintén jelentős mértékben érintik. Számos kedvezőtlen természetes (pl. meteorológiai, hidrológiai, geomorfológiai, talajtani) és antropogén tényező (pl. agrotechnika) járulhat hozzá a jelenség kialakulásához (BOZÁN Cs. et al. 2009). A belvíz veszély jövőbeli alakulásának vizsgálatához a humiditás indexet (HUMI) használtuk, mely a novembertől áprilisig tartó időszak csapadékát és potenciális evapotranspirációját veszi figyelembe. A jövőbeli időszakokra az evapotranspiráció becsléséhez a modellezett csapadék és hőmérséklet adatokat használtuk.

$$HUMI = \left(\frac{p}{PET} \right)^{0,5}$$

ahol: p – a téli időszak (november-április) csapadékösszege, mm; PET – potenciális párolgás a téli időszakban (november-április), mm.

A három környezeti veszély jövőbeli változását az 1961-1990 időszakhoz viszonyítva értékeltük mindkét modell alapján, a becslült változások mértékét %-ban jelenítettük meg.

Az érintett területek nagyságát a teljes szántóterületek arányában határoztuk meg, és a területi kitettség értékeléséhez az adatbázist az extrém értékek kiszűrésével normalizáltuk.

Eredmények

Az aszályveszély változása

A két modell egybehangzó előrejelzései alapján a jövőben az aszályveszély növekedése várható. A változás mértéke a 2021–2050 közötti időszakra 12–20%, majd a 2071–2100 közötti időszakra akár 35–45% növekedés is megvalósulhat (1. táblázat).

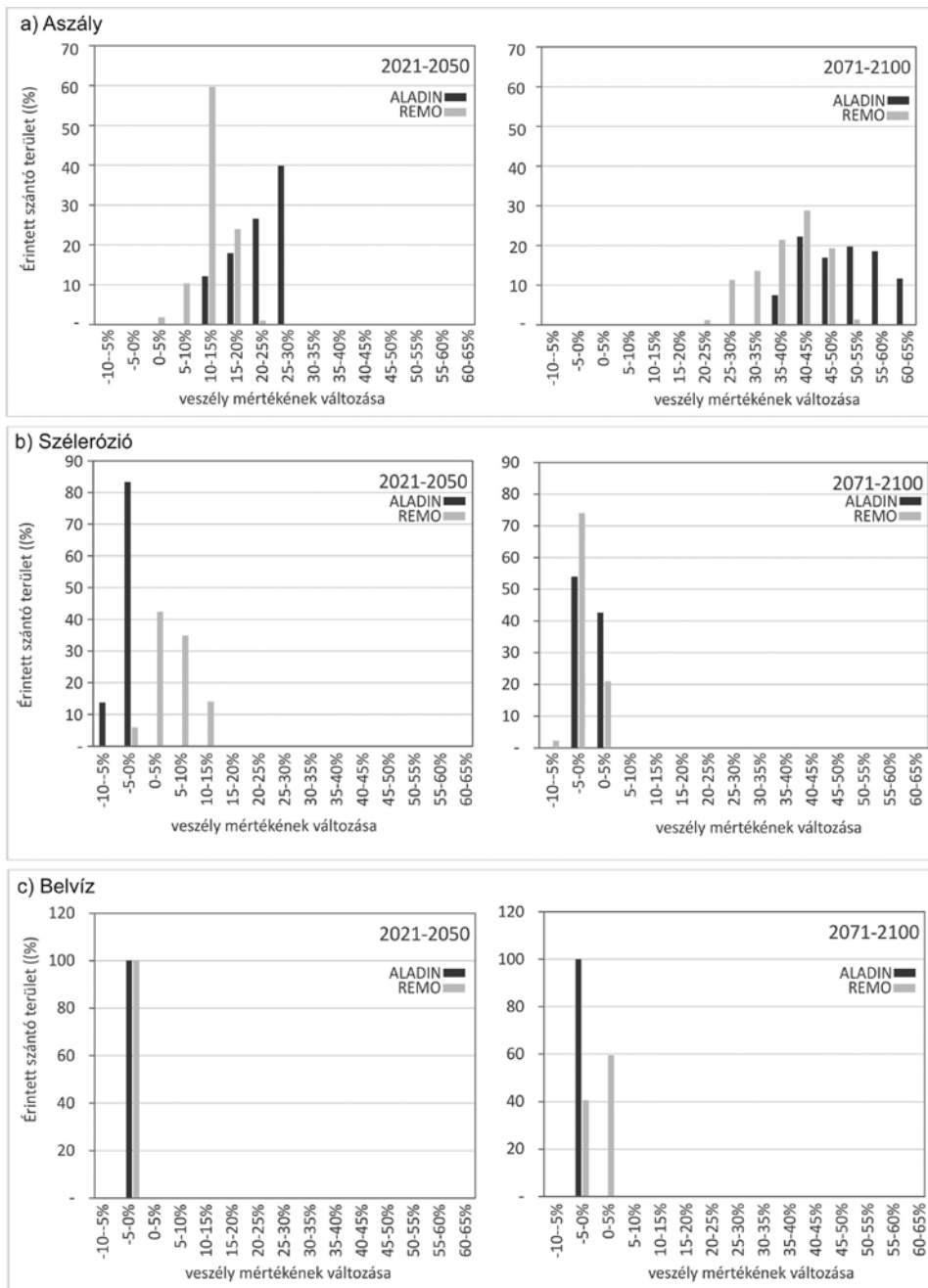
A 2021–2050 közötti időszakra az alföldi szántók 60%-át kis mértékű (15–20%), míg megközelítőleg 25%-át nagyobb aszályveszély növekedés érinti a REMO modell alapján. Az ALADIN modell hasonló trendeket mutat erre az időszakra, viszont a növekedés mértéke nagyobb: 10–30% növekedés érinti majd szinte az összes alföldi szántóterületet. A 2071–2100 közötti időszakra a változás mértéke igen nagy, és a változások mértéke az előző időszakhoz képest itt az ALADIN modell szerint a nagyobb. Az ALADIN eredményei szerint a változás mértéke 35–65% között mozog, míg a REMO 20–55% aszályveszély növekedést vetít előre az összes alföldi szántóterületre (2a. ábra).

1. táblázat – Table 1

Az aszály, a széleroszió és a belvízveszély 1961–1990-es időszakhoz viszonyított átlagos változása az Alföld szántóira az ALADIN és REMO regionális klímamodell adatok alapján
Changes in drought, wind erosion and inland excess water hazard on the arable lands of the Great Hungarian Plain compared to the average in the period of the 1961–1990

A vizsgált veszélyek	A vizsgált modellek és időszakok	Változás (%)
Aszály	ALADIN 2021–2050	19,9
	REMO 2021–2050	12,3
	ALADIN 2071–2100	45,2
	REMO 2071–2100	35,6
Széleroszió	ALADIN 2021–2050	0,1
	REMO 2021–2050	7,2
	ALADIN 2071–2100	2,5
	REMO 2071–2100	2,0
Belvíz	ALADIN 2021–2050	-0,7
	REMO 2021–2050	-1,6
	ALADIN 2071–2100	-1,6
	REMO 2071–2100	-0,1

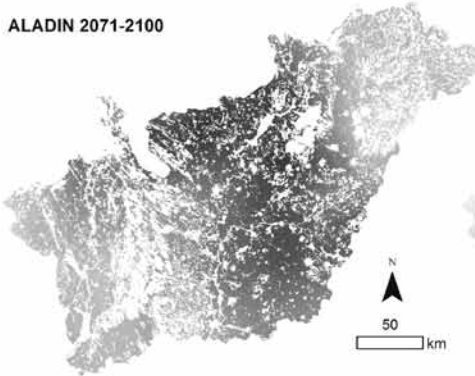
A változások térbeliségét szemlélteti a 3a. ábra a 2071–2100-as időszakban, melyen jól látszik, hogy az ALADIN által előrejelzett aszályveszély-változás nagyobb mértékű a REMO eredményeihez képest. A változások mintázata kis mértékben tér el a két modell esetében. Az ALADIN szerint a legnagyobb változások az Alföld középső részét érintik majd, míg a REMO modell ez inkább a terület keleti-délkeleti részére tevődik.



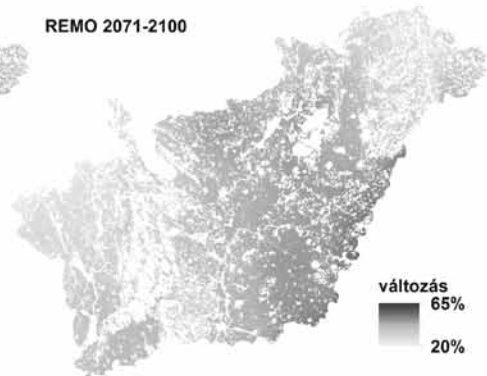
2. ábra Az aszály (A), szélerózió (B) és a belvíz (C) által érintett szántóterületek aránya (%) a teljes szántóterülethez képest 5%-os bontásban a két jövőbeli modellezett időszakban az ALADIN és a REMO modell adatai alapján
 Figure 2 Ratio of arable lands (%) compared to their total area in 5% intervals in the two future periods based on ALADIN and REMO regional climate data

A) Aszályveszély változása

ALADIN 2071-2100



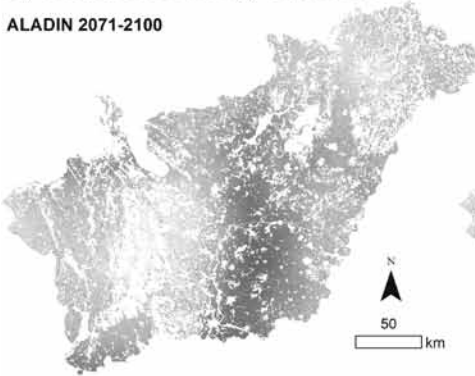
REMO 2071-2100



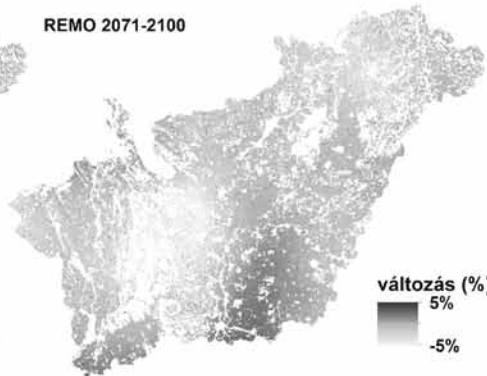
☐ rét/legelő, erdő, állandó növénykultúrák, vizenyős területek, vízfelületek, mesterséges felszínek

B) Szélerózió veszély változása

ALADIN 2071-2100



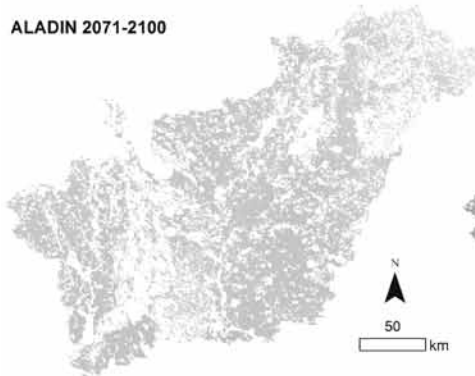
REMO 2071-2100



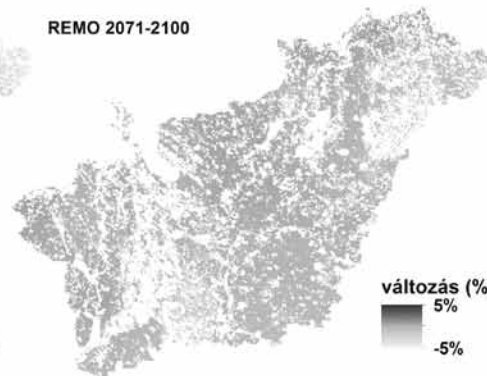
☐ rét/legelő, erdő, állandó növénykultúrák, vizenyős területek, vízfelületek, mesterséges felszínek

C) Belvízveszély változása

ALADIN 2071-2100



REMO 2071-2100



☐ rét/legelő, erdő, állandó növénykultúrák, vizenyős területek, vízfelületek, mesterséges felszínek

3. ábra Az aszály, szélerózió és belvízveszély változása az alföldi szántóterületeken a referenciaperiódushoz viszonyítva (1961–1990) 2071–2100 között az ALADIN és a REMO szimulációi alapján

Figure 3 Changes in drought, wind erosion and inland excess water hazard on the arable lands of the Great Hungarian Plain compared to the reference period (1961-1990) using ALADIN and REMO simulations

A szélerózió veszély változása

A szélerózió veszély változása az aszályhoz viszonyítva jóval kisebb mértékű, és a két modell különböző előrejelzései alapján nagyobb bizonytalanságot is mutat. A 2021-2050 időszakra az ALADIN nem vetít elő változást a referencia időszakhoz képest, míg a REMO eredményei alapján 7%-nyi növekedés várható. A 2071-2100 közötti időszakra a két modell egybehangzóan egy kis mértékű növekedést (2%) jelez előre a referencia időszakhoz képest.

A 2021-2050 közötti időszakra az ALADIN modell adatainak felhasználásával a szélerózió veszély változása -10% és 0% között szór (a szántók 83%-a esetében nem vetít előre változást), a REMO esetében a változás ennél nagyobb, $-5-15\%$ közötti értékeket mutat, a szántóknak 5%-nál nagyobb szélerózió veszély változása a terület 50%-át érinti. A két klímamodell 2071-2100 közötti időszakra vonatkozó előrejelzései hasonlóak, -5% és 5% között szórnak (2b. ábra).

A két klímamodell eredményei alapján a szélerózió veszély változása hasonló térbeli mintázatot mutat a 2071-2100 időszakban. A kis mértékű modellezett változások leginkább a Tiszántúl középső és déli részét, valamint a Duna-Tisza köze északi és déli peremét érintik (3b. ábra).

A belvízveszély változása

A belvíz előfordulását nagyon sok helyi tényező befolyásolja, éppen ezért a belvízveszély változásának előrejelzése sok bizonytalanságot hordoz. Az evapotranspiráció növekedése és a fagyos napok számának csökkenése a belvíz képződés csökkenése irányában hat, míg az intenzívebbé váló csapadékesemények, a nyári-tavaszi elöntések annak növekedéséhez járulhatnak hozzá (NOVÁKY B. 2011). A klímamodellek eredményei alapján számolt változás az aszály és szélerózió veszély változásához képest is kisebb ($-1,6-0\%$), mely alapján a belvízveszély kis mértékű változása várható az Alföldön.

A 2021-2050 közötti időszakra a HUMÍ index értékeiben változás nem azonosítható egyik modell eredményei alapján, az adatok a teljes területen $-1,6$ és 0% között szórnak. A 2071-2100 közötti periódusra a számított változás értékek alig haladják meg a $\pm 1\%$ -ot mindkét modell esetében, tehát a belvízveszély jelentős változását a HUMÍ index változásai nem vetítik elő (2c. ábra). A változások térbeliségét tekintve a század végére a REMO alapján az Alföld északkeleti részén várható a veszély igen csekély mértékű növekedése (3c. ábra).

Diszkusszió

Eredményeink alapján az Alföld szántóterületein a természeti veszélyek növekedése várható a vizsgált jövőbeli időszakokban. A veszélyek közül az aszály emelhető ki, mint a régió egyik legjelentősebb problémája, hiszen ez a veszély egyedül a mezőgazdasági károk 42%-át okozza (AKI 2013). A 21. század végére a REMO és ALADIN modell is az aszályveszély növekedését vetíti elő. A REMO modell alapján a 2071-2100 időszakban az alföldi szántóterületek több, mint 40%-án a jelenség fokozódására lehet számítani. Az ALADIN modell a területi kiterjedést és a veszély mértékét tekintve is jóval nagyobb változásokat jelez. Az előrejelzések alapján az aszály a század végére a régió legjelentősebb környezeti veszélyévé válhat. Az eredményeink alapján a szélerózió veszély kis mértékű növekedésével kell szintén számolni a jövőben. A szélerózió ma sokkal kisebb területeket érint és kevésbé jelentős probléma, mint az aszály köszönhetően a jelenség lokális jellegének

és valószínűsíthetően a jövőben is kisebb jelentőségű marad. A veszély erősségét tekintve a modellek nem adtak egybehangzó eredményeket, és a változások mértéke 10% alatt maradt, tehát a jelenség szignifikáns változása nem valószínű. A klímaváltozás belvízveszélyre gyakorolt hatásának vizsgálat volt a legnehezebb az összes veszély közül, köszönhetően a jelenség komplex jellegének. A modellek alapján a belvízveszély jelentősebb mértékű változása nem várható, a jelenlegi mintázathoz hasonló kitettség várható a jövőben is. Az előrejelzés bizonytalanságát növeli, hogy a helyi tényezőknek a jelenség kialakulásában nagy szerepe van, továbbá az is, hogy a jövőre előrevetített extrém csapadékesemények hatásán túl a talajvízszint csökkenés, az éves csapadék 10-20%-os csökkenése, a növekvő téli csapadék, és a rendelkezésre álló vízkészletek csökkenése a belvízképződés szempontjából ellentétesen hatnak (NOVÁKY B. 2011). A bizonytalanság érvényes a belvíz képződésére a téli félévben is, amikor a párolgás növekedése, a fagyos napok jelentős csökkenése csökkentheti a belvizek kialakulását. Az éghajlatváltozás belvizeket, főként a tél végi, tavaszi belvizeket érő hatásai bizonytalanok, az intenzív nagycsapadékokból keletkező nyári és őszi belvizek némileg növekedhetnek (NOVÁKY B. 2011). A regionális klímamodell eredményeiben a téli csapadék előrejelzése mutatja a legnagyobb bizonytalanságot (BARTHOLY J. et al. 2011), mely nagy mértékben befolyásolja a HUMI értékeit, ezáltal a belvíz veszély változás értékelésének bizonytalanságát. A belvíz képződése azonban nem feltétlen jelent kárt, hiszen a száraz időszakban a felszíni vízkészletek visszatartásával az aszály okozta károk mérsékelhetőek.

Összefoglalás

A 21. század során, az Alföld területén a környezeti veszélyek fokozódása várható a regionális klímamodell szimulációk (ALADIN és REMO) alapján kirajzolódó éghajlatváltozás kedvezőtlen tendenciáinak következményeként. A legfontosabb változás az aszályveszélyben várható intenzív növekedés, ami miatt az aszály lesz valószínűleg a régió legsúlyosabb környezeti veszélye. Ezzel szemben a szélerózió és a belvíz veszély jövőbeni változásában nem azonosíthatók határozott tendenciák. Azonban a vizsgált időszakokra meghatározott 30 éves átlag értékek az egyes veszélyek évek között nagymértékű ingadozásokat fedhetnek el. A klímamodellek adatai alapján az éghajlati szélsőségek fokozódnak (BARTHOLY J. et al. 2011), így az egyes években a belvíz vagy a szélerózió következményei a jelenleginél lényegesen súlyosabbak is lehetnek.

A vizsgálat eredményeinek értékelése és további felhasználása során figyelembe kell venni, hogy több bizonytalansági tényezővel is számolni kell. A bizonytalanság egyrészt a klímamodell szimulációk eredményeinek bizonytalanságaiból ered, melynek legfontosabb összetevői az éghajlati rendszer szabad belső változékonysága, az emberi tevékenység, a parametrizációkon keresztül megjelenő bizonytalanságok, valamint a nagyskálájú információk leírása (SZÉPSZÓ G. 2013). További bizonytalansági tényező, hogy a felhasznált adatok léptéke nem teszi lehetővé a lokális klímára hatással levő kisléptékű környezeti paraméterek figyelembe vételét, így az eredmények is csak regionális léptékű információt adnak, amelyre a felhasználás során tekintettel kell lenni.

MEZÓSI GÁBOR

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
mezosi@geo.u-szeged.hu

BATA TEODÓRA
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
bteodora@geo.u-szeged.hu

BLANKA VIKTÓRIA
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
blankav@geo.u-szeged.hu

LADÁNYI ZSUZSANNA
SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
ladanyi@geo.u-szeged.hu

IRODALOM

- AKI 2013: Agrárgazdasági Kutató Intézet. <https://www.aki.gov.hu>
- BAKONYI P. 2010: Flood and drought strategy of the Tisza River Basin. VITUKI, Budapest.
<http://www.icpdr.org/main/resources/flood-and-drought-mitigation-strategy-tisza-river-basin>.
- BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R.–GELYBÓ G.–SZABÓ P. 2008: Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using the PRUDENCE results. – *Időjárás Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* 112. 3–4. pp. 249–264.
- BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R.–PIECZKA I.–TORMA C.S. 2011: Dynamical downscaling of projected 21st century climate for the Carpathian Basin. – In BLANCO J.–KHERADMAND H.: *Climate change – Research and technology for adaptation and mitigation*, Rijeka. InTech. pp. 3–22.
- BIHARI Z. (szerk) 2012: *Drought Management Centre for South-East Europe*. Budapest: OMSZ.
http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE_final_publication.pdf
- BOZÁN Cs.–KÖRÖSPARTI J.–PÁSZTOR L.–KUTI L.–KOZÁK P.–PÁLFAI I. 2009: GIS-based mapping of excess water inundation hazard in Csongrád County (Hungary). – In *Proceedings of the international symposia on risk factors for environment and food safety & natural resources and sustainable development*, Faculty of Environmental Protection, Oradea. pp. 678–684.
- FIALA K.–BLANKA V.–LADÁNYI Zs.–SZILASSI P.–BENYHE B.–DOLINI D.–PÁLFAI I. 2014: Drought severity and its effect on agricultural production in the Hungarian-Serbian cross-border area. *Journal of Environmental Geography* 7. 3–4. pp. 43–51.
- HAZAFI L. 2003: Aszálykár 1,5 millió hektáron. *Világgazdaság*
<http://www.vg.hu/gazdasag/aszalykar-15-millio-hektaron-35006>
- OMSZ 2013: Országos Meteorológiai Szolgálat. <http://www.met.hu/>
- GOSIC M.–TRAJKOVIC S. 2013: Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010. – *Journal of Hydrology* 494. pp. 32–42.
- GAÁL M.–QUIROGA, S.–FERNANDEZ-HADDAD, Z. 2014: Potential impacts of climate change on agricultural land use suitability of the Hungarian counties. – *Regional Environmental Change* 14, pp. 597–610.
- IPCC 2014: *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 Geneva, Switzerland, 151 p.
- JULIAN J.P.–DAVIES-COLLEY R.J.–GALLEGOS C.L.–TRAN T.V. 2013: Optical water quality of inland waters: A landscape perspective. – *Annals of the Association of American Geographers* 103. 2. pp. 309–318.
- KEMÉNY G.–VARGA T.–FOGARASI J.–NEMES A. 2013: The effects of weather risks on micro-regional agricultural insurance premiums in Hungary. – *Studies in Agricultural Economics* 115. pp. 8–15.
- KLIK, A. 2004: Wind erosion assessment in Austria using wind erosion equation and GIS. In FRANCAVIGLIA R. (ed): *Agricultural impacts on soil erosion and soil biodiversity: Developing indicators for policy analysis*, Proceedings from an OECD expert meeting, Rome, pp. 145–154.
- LIKENS, G.E. (ed.) 2009: *Encyclopedia of inland waters*. Oxford: Elsevier/Academic Press.
- LÓCZY D.–KERTÉSZ Á.–LÓKI J.–KISS T.–RÓZSA P.–SÍPOS G.–SÜTŐ L.–SZABÓ J.–VERESS M. 2012: Recent landform evolution in Hungary. In D. LÓCZY–M. STANKOVIANSKY–A. KOTARBA (ed.): *Recent landform evolution*. New York: Springer. pp. 205–247.
- LÓKI J. 2011: Research of the land forming activity of wind and protection against wind erosion in Hungary. – *Riscuri Si Catastrofe* 9. 1. pp. 83–97.
- MEZÓSI G.–BLANKA V.–BATA T.–KOVÁCS F.–MEYER B. 2013A: Estimation of regional differences in wind erosion sensitivity in Hungary. – *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussion* 1. pp. 4713–4750.
- MEZÓSI G.–MEYER B.C.–LOIBL W.–AUBRECHT C.–CSORBA P.–BATA T. 2013B: Assessment of regional climate change impacts on Hungarian landscapes. *Regional Environmental Change* 13. 4. pp. 797–811.

- NOVÁKY B. 2011: Az éghajlatváltozás és hatásai. – In SOMLYÓDY L. (szerk) Magyarország vízgazdálkodása: Helyzetkép és stratégiai feladatok. Budapest: MTA, pp. 85–102.
- PÁLFAI I.–HERCEG Á. 2011: Droughtness of Hungary and Balkan Peninsula. *Riscuri si Catastrofe* 9. 2. pp. 145–154.
- PÉCZELY G. 1998: Éghajlatlan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- RAKONCZAI J.–FARSANG A.–MEZŐSI G.–GÁL N. 2011: The conceptual background of the formation of inland excess water. – *Földrajzi Közlemények* 135. 4. pp. 339–349.
- SHI, K.–LU, H.–LI, L. 2013: Absorption characteristics of optically complex inland waters: Implications for water optical classification. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 118. 2. pp. 860–874.
- SZABÓ L.–KARÁCSONY J.–SZÉKELY Z.S. 1994: Wind erosion problems in Hungary. *Agrochemistry and Soil Science* 43. 1–2. pp. 109–112.
- SZABÓ J.–LÓKI J.–TÓTH C.–SZABÓ G. 2008: Natural hazards in Hungary. – In: KERTÉSZ Á.–KOVÁCS Z. (ed): *Dimensions and trends in Hungarian Geography*, MTA, Budapest, pp. 55–68.
- SZABÓ P.–HORÁNYI A.–KRÜZSELYI I.–SZÉPSZÓ G. 2011: Az Országos Meteorológiai Szolgálat regionális klímamodellezési tevékenysége: ALADIN-Climate és REMO. 36. Meteorológiai Tudományos Napok, beszámoló kötet, 88–101.
- SZÉLL E.–DÉVÉNYI K. 2008. Termésátlag, 2007 Okok és tanulságok a kukoricatermesztésben. *Agro Napló* 12. 1. pp. 1–7.
- SZÉPSZÓ G. 2013. Klímamodellezés. – In GYÖNGYÖSI A. Z.–WEIDINGER T. *Alkalmazott számszerű előrejelzés, numerikus időjárási és csatolt modellek a gyakorlatban*. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Bp.
- SZILASSI P.–FIALA K.–LADÁNYI ZS.–BLANKA V. 2014: A vízhiány hatása a mezőgazdasági termelésre. In: BLANKA V.–LADÁNYI ZS. (szerk): *Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban*. Szegedi Tudományegyetem, Szeged, pp. 97–102.
- THORNTHWAITE, C.W. 1948: An approach toward a rational classification of climate. – *Geographical Review* 38. 1. pp. 55–94.
- VAN LEEUWEN, B. 2012: Artificial neural networks and geographic information systems for inland excess water classification. PhD disszertáció, Szegedi Tudományegyetem.
- WMO (World Meteorological Organization) – UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification) – FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) – UNW-DPC (UN-Water Decade Programme on Capacity Development) 2013: Country report: Drought conditions and management strategies in Serbia. Initiative of “Capacity development to support national drought management policy”. http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/548/mod_page/content/65/Serbia_CountryReport.pdf.