

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS REKREÁCIÓRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA HAZÁNK TERÜLETÉRE

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON RECREATION IN HUNGARY

Kovács Attila¹, Király Andrea²

¹Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2., kovacsattila@geo.u-szeged.hu; ²Országos Meteorológiai Szolgálat, Modellezési Osztály, 1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1., andrea.kiraly.elte@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS. Az éghajlat a turizmus kulcsfontosságú erőforrása, behatárolja a rekreációs tevékenységek körét és időszakát, alakítja a turisztikai kínálatot. Az éghajlati elemek – termikus (hőérzettel összefüggő), fizikai és esztétikai megnyilvánulásai révén – hatással bírnak a résztvevők egészségére, közérzetére és elégedettségére. A klimatikus paraméterek megváltozására a különféle rekreációs tevékenységek érzékenyen reagálnak, így rendkívül fontos annak feltérképezése, hogy egy régió rekreációs szempontú éghajlati potenciálja hogyan alakul és hogyan változhat a jövőben. Kutatásunk során Magyarország területére, járási léptékben, havi bontásban vizsgáltuk a jelenlegi és a jövőben várható viszonyokat. Ezek együttes jellemzése a módosított Turisztikai Klíma Index (mTCI) segítségével történt. Az index az éghajlati viszonyok általános szabadtéri rekreációs tevékenységekre (pl. városnézés, kikapcsolódás és egyéb könnyű fizikai tevékenységek) gyakorolt hatását számszerűsíti. A jelenlegi viszonyok elemzésére a CarpatClim-HU megfigyelési adatbázist használtuk. A jövőbeli adatokat a HIRHAM5 regionális klímamodell szolgáltatta, az RCP4.5 és RCP8.5 scenáriók alkalmazásával. Eredményeink alapján a jelenlegi és a jövőbeli viszonyok tekintetében is az átmeneti évszakok mutatkoznak kedvezőbbnek, míg nyáron visszaesés tapasztalható. A jövőben várható tendenciák május és szeptember között jellemzően a klimatikus potenciál visszaesését, az átmeneti évszakok nagy részében ugyanakkor a javulását jelzik. Eredményeink egyértelműen azt mutatják, hogy az éghajlat változása hatással lesz a hazai rekreációs klímapotenciál alakulására, így a turisztikai stratégiaalkotásnak az eddigieknél jóval nagyobb mértékben figyelembe kell vennie ezt a hatást.

Abstract. Climate is a key resource for tourism; it limits the range and period of recreational activities and influences the development of tourism supply. Climate elements, through their thermal (related to thermal sensation), physical and aesthetic manifestations, affect the health, well-being and satisfaction of the participants. Recreational activities are sensitive to changes in climatic parameters; therefore it is extremely important to reveal how a region's recreational climate potential is evolving and how it may change in the future. In the frame of our research, we examined the present and future conditions for the area of Hungary on a district level and every month from March to November. These were characterized using the modified Tourism Climate Index (mTCI). The index quantifies the impact of climatic conditions on general outdoor recreational activities (e.g., sightseeing, leisure and other light physical activities). The observational database CarpatClim-HU was used to analyze the present conditions. The future data were provided by the HIRHAM5 regional climate model relying on the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. The results have demonstrated that the transition seasons (spring and autumn) are more favourable in terms of present and future conditions, while there is a decline in climate potential in summer. Future trends typically indicate a decline between May and September, but an improvement in most of the transition seasons. Our results clearly show that climate change will have an impact on the development of the recreational climate potential in Hungary, and therefore tourism strategy development must take this impact into account more than before.

BEVEZETÉS. Az időjárás és az éghajlat a turizmus és rekreáció egyik kulcsfontosságú természeti erőforrása, behatárolja, esetenként korlátozza a rekreációs tevékenységek körét és időszakát, alakítja a turisztikai kínálatot (Gómez Martín, 2005). A különféle időjárási és éghajlati tényezők hatással bírhatnak többek között a résztvevők hőérzetére, egészségére, közérzetére és elégedettségére. E paraméterek fiziológiai, fizikai és pszichológiai szempontból is kifejthetik hatásukat az egyénre. A hatások jellege alapján a turizmusra és

rekreációra befolyással bíró legfontosabb időjárási és klimatikus paramétereket három tényezőcsoportba sorolhatjuk: termikus, fizikai és esztétikai (de Freitas, 2003; 1. táblázat).

A termikus tényezők közé tartozik valamennyi, hőcserefolyamatot és hőháztartást befolyásoló paraméter. Ezek szabják meg a szervezetet érő termofiziológiai stressz mértékét, valamint alakítják ki az egyének hőérzetét és komfortérzetét. A fizikai tényezők mechanikai (fizikai) hatásukon keresztül befolyásolják az egyének kényelmét és elégedettségét. Az esztétikai jellegű tényezők pedig a környezet vizuális észlelését, ezáltal vonzerejét és élvezeti értékét befolyásolják (1. táblázat).

1. táblázat. A rekreációs tevékenységeket befolyásoló fő éghajlati tényezők, jelentőségük és hatásuk jellege (de Freitas, 2003 után módosítva)

Tényezőcsoport	Éghajlati tényezők	Jelentőség	Hatás jellege
Termikus	léghőmérséklet, szélsébség, légnedvesség, hőhatású (IR-) sugárzás	fiziológiai stressz, hőérzet, termikus komfort	termofiziológiai/biológiai (bioklimatológiai)
		klímaterápia	
Fizikai	UV-sugárzás	egészség, napozás, napégés	fiziológiai/biológiai (bioklimatológiai)
	levegőminőség	egészség, allergia, közérzet	
	szél	por, homok, vagyoni kár	fizikai/mechanikai
	eső	elázás, csökkent látási viszonyok és élvezet	
	hó	téli sportok, tevékenységek	
	jegesedés	személyi sérülés, vagyoni károk	
Esztétikai	napfénytartam/felhőborítottság	terület vonzereje, élvezeti értéke, vizuális komfort	pszichológiai/vizuális
	látási viszonyok, köd	tevékenységek időtartama, kellemessége	
	nappal hossza		
de Freitas (2003) szerint		de Freitas (2003) után módosítva	

Nemcsak az éghajlati paraméterek aktuális értéke, hanem azok megváltozása is jelentősen befolyásolja a turizmust és rekreációt, melyre rendkívül érzékenyen reagálnak a különféle rekreációs tevékenységek (Scott *et al.*, 2012). A fenntartható turizmusfejlesztés, valamint a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás céljából rendkívül fontos annak feltérképezése, hogy egy adott régió rekreációs szempontú éghajlati potenciálja (feltételei) hogyan alakul és hogyan változhat a következő évtizedekben.

Az éghajlati potenciál vizsgálata mért vagy megfigyelt meteorológiai adatokat, illetve globális vagy regionális klímamodellek (GCM vagy RCM) eredményeit igényli. A klímamodellekkel az éghajlati rendszer jövőbeli állapota becsülhető. A klímamodell-projekciók minden esetben bizonytalanságokkal terheltek, melyek oka az éghajlati rendszer természetes változékonysága, a klímamodellben foglalt fizikai folyamatok közelítő leírása, valamint az éghajlati rendszert befolyásoló társadalmi-gazdasági folyamatokból eredő bizonytalanságok (Szépszó *et al.*, 2016). A jövőbeli éghajlat becsléséhez és a különböző ágazatokra gyakorolt hatások vizsgálatához rendkívül fontos a klímamodell-projekciók bizonytalanságainak figyelembevétele. Ehhez egy jól

összeválogatott modellegyüttes (ensemble) szükséges, mely több RCM kísérletet tartalmaz, több kibocsátási scenáriót alkalmazva.

A megfigyelési- és a modelladatok az éghajlati paraméterek széles spektrumát fedik le. Az egyének nem külön-külön az egyes klimatikus állapotjelzőkre, hanem azok együttes hatására reagálnak (*de Freitas, 2003*), így a rekreációs éghajlati potenciált általában nem egyetlen paraméter, hanem komplex turisztikai klimatológiai eszközök segítségével értékeljük (*Amelung and Nicholls, 2014*). Ezen eszközök a rekreáció szempontjából releváns éghajlati adatokat egy index vagy mátrix formájában integrálják (*Mieczkowski, 1985; de Freitas et al., 2008; Scott et al., 2016*).

Kutatásunk során a rekreációs éghajlati potenciál alakulását vizsgáltuk Magyarország területére egy komplex turisztikai klimatológiai index segítségével. Elsőként a jelenlegi viszonyokat elemezzük, melyhez rácsponti megfigyelési adatbázist használtunk fel. Ez képezte az alapját a jövőbeli viszonyok értékelésének is, melyhez regionális klímamodell adatokat alkalmaztunk. A bizonytalanságok kiegyensúlyozottabb interpretálása érdekében a vizsgált RCM esetén két kibocsátási scenárió eredményeit tanulmányoztuk.

ADATBÁZISOK ÉS MÓDSZERTAN. Az éghajlati potenciál értékelése a módosított Turisztikai Klíma Index (mTCI) (*Kovács et al., 2016, 2017*) segítségével történt. Az index az éghajlati viszonyok általános szabadtéri rekreációs tevékenységekre (pl. városnézés, kikapcsolódás és egyéb könnyű fizikai tevékenységek) gyakorolt hatását számszerűsíti. Az index meghatározásához a következő napi adatok havi átlagait (a csapadék esetén havi összegeit) használtuk fel: maximum-hőmérséklet, átlaghőmérséklet, minimum relatív nedvesség, átlagos relatív nedvesség, átlagos szélesség, átlagos felhőborítottság, napfénytartam és csapadékösszeg. Az index -20 és $+100$ közötti értékeket vehet fel, ahol a magasabb értékek kedvezőbb viszonyokat jeleznek a szabadtéri rekreációs tevékenységek számára (*Mieczkowski, 1985; Kovács et al., 2016*) (2. táblázat).

2. táblázat. A módosított Turisztikai Klíma Index (mTCI) értékelő rendszere (*Mieczkowski, 1985; Kovács et al., 2016*)

mTCI-érték	Leíró kategóriák
90 – 100	ideális
80 – 89	kitűnő
70 – 79	nagyon jó
60 – 69	jó
50 – 59	elfogadható
40 – 49	semleges
30 – 39	kedvezőtlen
20 – 29	nagyon kedvezőtlen
10 – 19	rendkívül kedvezőtlen
$-20 - 9$	alkalmatlan

A fenti éghajlati adatokból az mTCI-t először a jelenlegi klíma jellemzése érdekében az 1971–2000 referencia-időszakra számoltuk ki. E célra a CarpatClim-HU megfigyelési adatbázist használtuk, melyet az Országos Meteorológiai Szolgálat hozott létre (*Bihari et al., 2017*). Az adatbázis rácsponti meteorológiai adatokat tartalmaz $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ -os (kb. 10 km-es) horizontális térbeli felbontásban, Magyarország területére. E rácsponti adatokat ellenőrzött, homogenizált meteorológiai mérési adatokból, $0,1^\circ$ -os rácsra történő interpolálással hozták létre.

A klímamodell adatokat az EURO-CORDEX adatbázis szolgáltatta, mely számos RCM szimuláció eredményét tartalmazza, többféle horizontális felbontásban Európa területére (*Jacob et al., 2014*). A felbontást tekintve a $0,11^\circ$ -os (kb. 12,5 km-es) szimulációk közül válogattunk. Jelen elemzés során az EC-EARTH globális klímamodell (*Hazeleger et al., 2010*) által meghajtott, a dán meteorológiai szolgálat által fejlesztett HIRHAM5

regionális klímamodell (*Christensen et al.*, 1998) eredményeit tekintjük át. A kibocsátási scenáriók közül az RCP4.5 és RCP8.5 (Representative Concentration Pathways; *Moss et al.*, 2010) eredményeket használtuk. E két forgatókönyv az üvegházhatást okozó gázok koncentrációjának lehetséges alakulása szempontjából meglehetősen eltérő. Az RCP4.5 egy köztes stabilizációs scenárió, melyben a sugárzási kényszer $4,5 \text{ Wm}^{-2}$ -es értéken stabilizálódik 2100-ban. Az RCP8.5 esetében a kibocsátás a 21. század során folyamatosan emelkedik, és a sugárzási kényszer $8,5 \text{ Wm}^{-2}$ -es értéket ér el 2100-ra.

A jövőbeli viszonyok értékeléséhez jelen cikkben a 2071–2100-as időszak elemzését mutatjuk be. A modellkísérletek eredményeit a megfigyelési adatbázis 1971–2000 referencia-időszakának értékeivel, a delta-módszerrel (*Hawkins et al.*, 2013) korrigáltuk. A modelladatok esetében a nyers rácsponti adatokból sokévi átlagokat képeztünk, valamint a CarpatClim-HU rácsára interpoláltuk őket. A szimulációk bizonytalanságaiból eredő szisztematikus hibák eliminálása céljából a delta-módszert használtuk. Eszerint a jövőbeli modelleredményeket nem önmagukban interpretáltuk, hanem az adott szimuláció által a választott referencia-időszakhoz képest adott változásértékek segítségével. Így tehát minden egyes rácspont és modelladat esetében meghatároztuk a jövőbeli értékek (2071–2100) és a referencia-időszakbeli értékek (1971–2000) közötti különbségeket, majd ezt követően ezeket a változásértékeket hozzáadtuk a referencia-időszak megfigyelési adataihoz (CarpatClim-HU, 1971–2000).

Az mTCI-eredményeket havi bontásban (márciustól novemberig) és járási felbontásban prezentáljuk. E célra járási átlagértékeket képeztünk a rácspontokra kiszámolt havi mTCI-értékekből, végül az index így kapott térbeli eloszlását térképes formában ábrázoltuk a vizsgált hónapokra.

EREDMÉNYEK. Az mTCI-eredmények térképi megjelenítése a 2. táblázat leíró kategóriái alapján történt. A 40 alatti értékek alacsony száma miatt ezen értékeket egyetlen, „kedvezőtlen” elnevezésű kategóriába soroltuk.

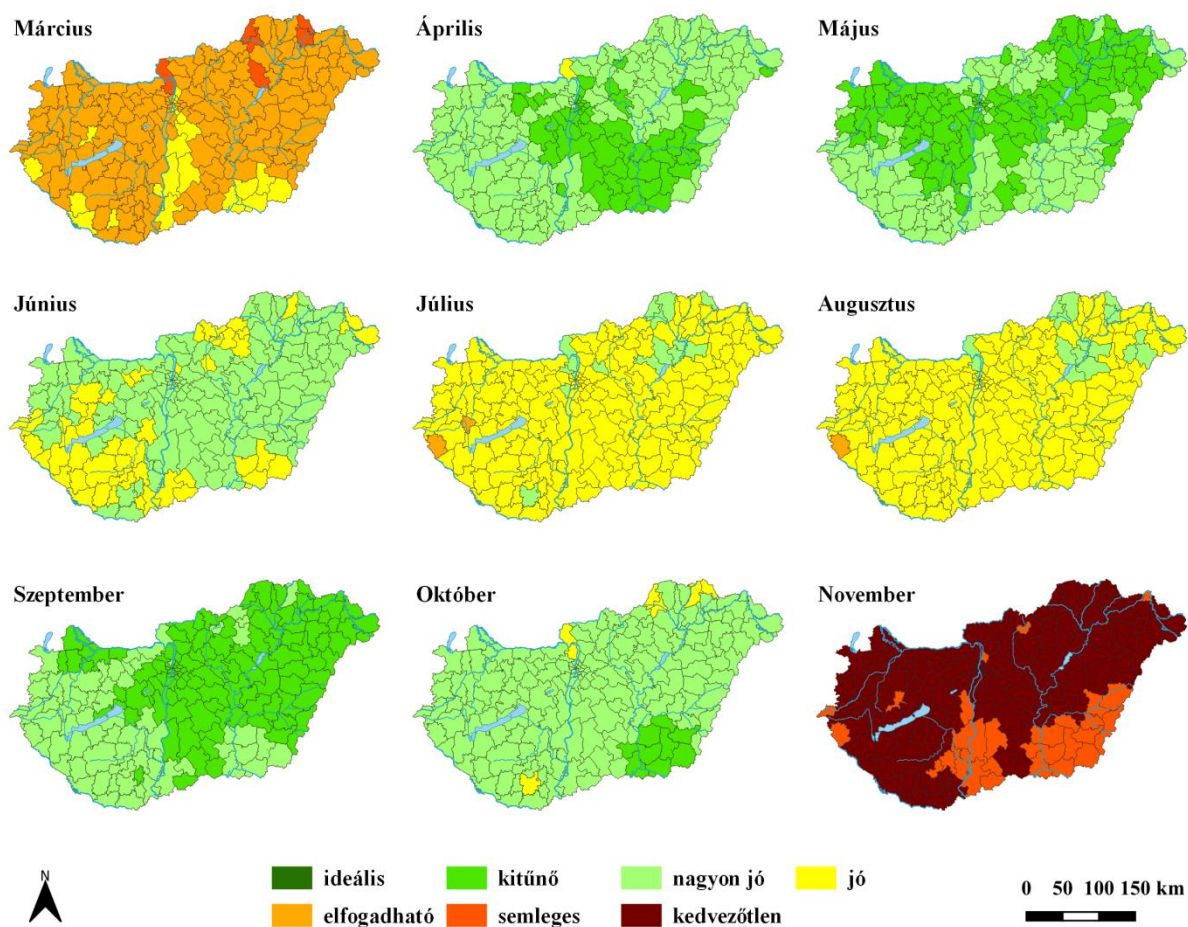
Az 1971–2000 időszak havi bontású eredményeit a CarpatClim-HU adatbázis alapján az 1. ábra szemlélteti. A legkedvezőtlenebb hónapnak a november mutatkozik, az ország nagy részén „kedvezőtlen”, a Dél-Alföldön „semleges” viszonyokkal. A novemberet a március követi, amikor már általában „elfogadhatók” a körülmények, csak néhány hegyvidéki terület marad „semleges” kategóriával jellemezhető, míg néhány déli járásban már a „jó” viszonyok is megjelennek. Áprilisban az éghajlati potenciál jelentős javulása figyelhető meg, elérve a „nagyon jó”, sőt az Alföldön a „kitűnő” viszonyokat. Májusban hasonlóan kedvezőek maradnak a körülmények, majd júniustól egy fokozatos visszaesés kezdődik, ami szeptemberig tart. Júniusban ugyanis a tavaszi „kitűnő” körülmények „nagyon jóvá” redukálódnak és néhány helyen a „jó” viszonyok is megjelennek, júliusban és augusztusban pedig már a „jó” körülményekkel rendelkező területek uralkodnak az országban. Meg kell említeni, hogy ezen körülmények is még kedvező potenciállal bírnak a szabadtéri aktivitás szempontjából. Szeptemberben jelentős javulás figyelhető meg, s az ország több mint fele ismét „kitűnő” viszonyokkal rendelkezik, így a májusihoz hasonló mTCI-eloszlás bontakozik ki. Októberben mérsékelt visszaesés kezdődik, az ország nagy részén „nagyon jó” viszonyok mutatkoznak. Ezt követően novemberben már jelentős, 3-4 kategóriányi visszaesés tapasztalható, s a „kedvezőtlen” vagy „semleges” viszonyok válnak uralkodóvá.

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy tavasszal jelentős javulás mutatkozik, június és szeptember között ugyanakkor egy mérsékelt visszaesés tapasztalható. Ősszel ismét egy határozott javulás, míg novemberben az éghajlati potenciál jelentős hanyatlása történik. Az eredmények alapján az index évi menete bimodálisnak tekinthető, tehát tavasszal és ősszel kedvezőbbek a klimatikus viszonyok, mint nyáron (1. ábra).

A jövőbeli mTCI-eloszlást elsőként a HIRHAM5 modell RCP4.5 scenárióát alkalmazó szimulációja alapján tanulmányozzuk (2. ábra). A jelenlegi időszakhoz hasonlóan az mTCI mintázata bimodális szerkezetet mutat, ugyanis a legkedvezőbb körülményeket áprilisban, májusban, illetve szeptemberben és októberben találjuk („nagyon jó” vagy „kitűnő” viszonyok).

Az eredményeket a referencia-időszakkal (1. ábra) összevetve márciusban és novemberben jelentős, az ország nagy részén egy kategóriányi javulás valószínűsíthető. Ezen felül még októberben mutatkozik kedvező irány az alföldi területeken. Május és szeptember között ugyanakkor az ország nagy részén egy kategóriányi visszaesés figyelhető meg. Májusban és szeptemberben az ország nagy részén „kitűnő” helyett „nagyon jó”

viszonyok valószínűek. A nyár valamennyi hónapjában szintén kedvezőtlen tendencia figyelhető meg. Júniusban a „jó” körülmények válnak uralkodóvá a „nagyon jó” rovására, míg néhány járásban az „elfogadható” viszonyok is feltűnnek. Júliusban a Dunántúlon, míg augusztusban már az ország nagy részén csak „elfogadható” potenciál valószínű a „jó” helyett.

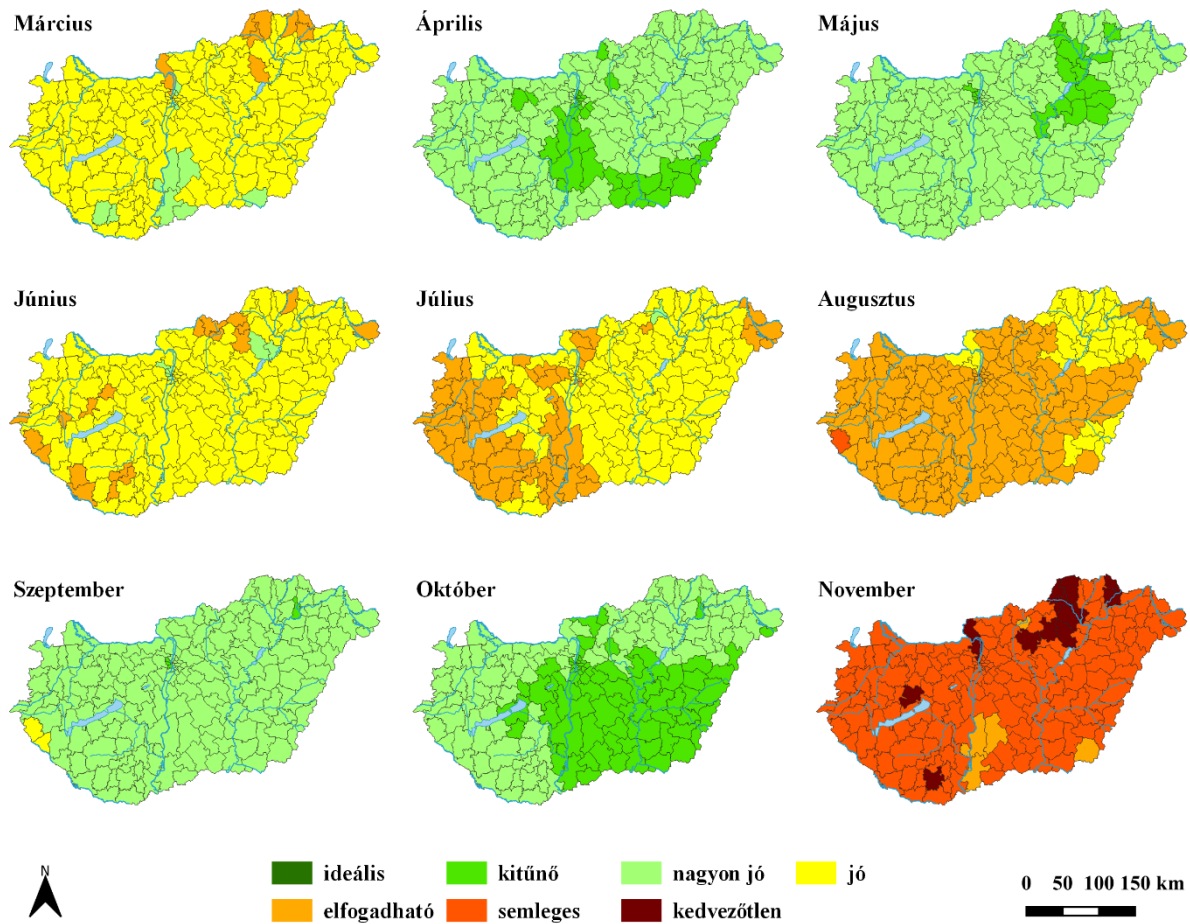


1. ábra. Az mTCI-kategóriák térbeli eloszlása járásonként, havi bontásban az 1971–2000 időszakra a CarpatClim-HU adatbázis alapján

Összefoglalva, március-áprilisban és október-novemberben egy kategóriányi javulás, vagy néhány esetben változatlan viszonyok valószínűsíthetők. Ugyanakkor május és szeptember között, mely időszak jelentős turisztikai forgalommal bír hazánkban, egy kategóriányi visszaesés, néhol esetleg stagnálás lehetséges (2. ábra).

Az RCP8.5 scenárión alapuló modelleredményeket a 3. ábra szemlélteti. Ez a szimuláció is általában javulást mutat márciusban, áprilisban, októberben és novemberben a referencia-időszakhoz viszonyítva. Különösen a márciusi és a novemberi változás figyelemre méltó, mivel az ország egész területén egy vagy két kategóriával kedvezőbb viszonyok valószínűsíthetők. Áprilisban és októberben a Dunántúlon változatlan, a keleti országrészben egy kategóriával alkalmasabb körülmények lehetségesek. Május és szeptember között ugyanakkor az ország csaknem egésze kedvezőtlenebbé válik általában egy kategóriával.

Jelen RCP8.5 scenárió nagyobb mértékű vagy nagyobb területet érintő változásokat jelez mindkét (pozitív és negatív) irányban, mint az RCP4.5 scenárió. Ugyanis márciusban a „nagyon jó” viszonyok válhatnak uralkodóvá a „jó” helyett, míg novemberben „elfogadható” körülmények mutatkoznak a „semleges” helyett. Áprilisban és októberben a „kitűnő” klasszifikációval bíró területek aránya nagyobb az RCP8.5 esetén. Májusban és szeptemberben – mely során kedvezőtlen irányú tendencia figyelhető meg – az ország néhány területe csupán „jó” viszonyokkal bír a „nagyon jó” helyett. A nyári hónapokban pedig az „elfogadható” kategória válik uralkodóvá az ország legnagyobb részén az RCP4.5 esetén látott „jó” viszonyok helyett (3. ábra).



2. ábra. Az mTCI-kategóriák térbeli eloszlása járásokonként, havi bontásban a 2071–2100 időszakra az EC-EARTH meghajtású HIRHAM5, RCP4.5 szimuláció alapján

ÖSSZEGZÉS. Eredményeink alapján a jelenlegi és a jövőbeli viszonyok tekintetében is az átmeneti évszakok mutatkoznak kedvezőbbnek, míg nyáron visszaesés tapasztalható. A jövőben várható tendenciák május és szeptember között jellemzően a klimatikus potenciál visszaesését, az átmeneti évszakok nagy részében (március-áprilisban és október-novemberben) ugyanakkor a javulását jelzik. Az RCP8.5 szcenárió alkalmazásával jellemzően nagyobb mértékű vagy nagyobb területet érintő változásokat tapasztalhatunk mindkét irányban, mint az RCP4.5 esetén. A szimulációk által mutatott tendenciák egyértelműen azt jelzik, hogy az éghajlat megváltozása hatással lesz a hazai turisztikai klímapotenciál alakulására. A turisztikai stratégiaalkotásnak az eddigieknél jóval nagyobb mértékben figyelembe kell vennie azt a hatást, amit az éghajlat megváltozása az ágazatra kifejthet. A turisztikai kínálat és jövőkép formálásában megkerülhetetlen az adaptáció lehetőségeinek erősítése mind a kínálati, mind a keresleti oldalon, valamint a klímatudatos szemlélet bevezetése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS. A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-4-SZTE-617 kód-számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A szerzők köszönetüket fejezik ki az EURO-CORDEX klímamodellező csoportoknak a nyers modelleredmények elkészítéséért és közzétételéért.