

Éghajlati kilátások

Blanka Viktória, Mezősi Gábor, Sipos György, Boudewijn van Leeuwen, Petru Urdea, Alexandru Onaca

A Maros jövőbeni fejlődését a mederben levezetett víz és a szállított hordalék mennyisége alapvetően meghatározza. Láttuk, hogy az elmúlt 20 000 évben milyen jelentős változásokon ment keresztül a folyó, miközben bejárta teljes hordalékkúpját. A változások hátterében az éghajlat (hőmérséklet, csapadék) hosszabb-rövidebb távú ingadozása állt. Az is nyilvánvalónak tűnik, hogy jelenleg is egy igen dinamikus változó rendszerrel állunk szemben, mely érzékenyen reagál a külső hatásokra. A külső tényezők közül mindenképp ki kell emelnünk az egyre inkább érzékelhető klímaváltozást, illetve az emberi beavatkozásokat. A közeljövőben végső soron ezek fogják meghatározni a folyó árvizeinek és kisvízeinek mértékét, illetve a mederváltozások intenzitását.

A Marossal kapcsolatos kutatásaink ezen szakaszában arra kerestük a választ, vajon miként változik majd az éghajlat a vízgűjtőn az előttünk álló évszázadban? Hogyan befolyásolhatja mindez a folyó vízjárását, illetve a szállított víz éves mennyiségét? A változások várható tendenciáit regionális éghajlati modellek alapján igyekeztünk felvázolni. A folyóra,

Perspective climatice

Blanka Viktória, Mezősi Gábor, Sipos György, Boudewijn van Leeuwen, Petru Urdea, Alexandru Onaca

Evoluția viitoare a Mureșului este determinată de cantitatea de apă drenată și de volumul de sedimente transportat de râu. În ultimii 20 000 de ani Mureșul a suferit schimbări semnificative, modificându-și traseul și caracteristicile scurgerii după cum s-a arătat într-un capitol anterior. Evoluția sa a fost determinată în primul rând de variațiile climatice de scurtă și de lungă durată (temperatură și precipitații). De asemenea, râul reprezintă un sistem foarte activ, care poate fi sensibil la influența factorilor externi. Dintre aceștia, o influență din ce în ce mai mare revine schimbărilor climatice și intervențiilor antropice. În viitorul apropiat atât regimul și caracterul inundațiilor cât și caracteristicile scurgerii la ape mici, respectiv dinamica albiei vor fi afectate.

Cele mai importante enigme legate de viitorul Mureșului sunt: Cum va disturba clima secolului 21 evoluția bazinului său? Sunt capabile aceste variații să influențeze regimul și debitul total anual al râului? Aceste tendințe care vizează schimbările viitoare au fost explorate utilizând modele climatice regionale. Cu toate acestea, estimarea schimbărilor datorate

illette a lefolyásviszonyokra vonatkozó konkrét változások számszerűsítése ugyanakkor már a közeljövő feladata.

Napjainkban a klíma globális melege-
dése egyre inkább nyilvánvaló, s a jövő-
ben további melegedés várható. Számos
kutatás bizonyította már, hogy a hőmér-
séglet és a csapadék mennyiségében
jelenleg megfigyelhető változásoknak
jelentős hatása van a környezet elemeire,
így például megváltozhat bizonyos mor-
fológiai folyamatok sebessége is (Dikau és
Schrott, 1999). Az éghajlat szélsőségeinek
fokozódása az utóbbi évtizedekben a Kár-
pát-medencében is megfigyelhető. A klí-
mamodellek folyamatos, de nem egyen-
letes hőmérsékletnövekedést jeleznek
előre. A legintenzívebb melegedés a nyári
hónapokban várható. Az évi csapadék
változása a modellek előrejelzései alapján
nem számottevő, de éven belüli eloszlása
jelentősebben átalakul: csökkenő nyári és
növekvő téli csapadékmennyiség várható
(Bartholy et al. 2008, Szabó et al. 2011,
Csorba et al. 2012). A modell szimulációk
a 21. századra a szélsőséges időjárási ese-
mények előfordulásának gyakoribbá válá-
sát, emellett hosszabban tartó és súlyo-
sabb aszályos időszakok előfordulását
jelzik (Szépszó et al. 2008).

A Maros vízgyűjtőn várható változá-
sok vizsgálata előtt lássuk, jelenleg, illetve
a közelmúltban mi jellemezte a terület
éghajlatát. Általánosságban elmondható,
hogy a vízgyűjtő éghajlatát a nyugatról
érkező légáramlatok uralják, bár a kelet-
európai és mediterrán légtömegek hatásai
sem elhanyagolhatóak (Csoma 1975).

Az évi középhőmérséklet a Maros
vízgyűjtőjén 4–11°C között ingadozik és
nagy területi változatosságot mutat, ame-
lyet elsősorban a domborzati viszonyok

evolúciei rûului și a scurgerii reprezintă
un obiectiv care va fi rezolvat în viitor.

În prezent încălzirea sistemului clima-
tic global devine din ce în ce mai evidentă.
Un mare număr de studii au demonstrat
că actualele modificări ale regimului ter-
mic și pluvial au efecte semnificative
asupra mediului și pot schimba ratele de
manifestare ale proceselor geomorfologice
(Dikau și Schrott, 1999). În ultimele
decade fenomenele climatice extreme
au devenit din ce în ce mai pronunțate
în Bazinul Carpatic. Modelele climatice
prognozează o creștere continuă, dar ine-
gală a temperaturilor, cu o amplitudină
maximă în lunile de vară. Modificările în
regimul anual al precipitațiilor nu vor fi
semnificative, dar distribuția temporală
va fi mult mai eterogenă, fiind așteptate
scăderi pe perioada verii și creșteri iarna
(Bartholy et al. 2008, Szabó et al. 2011,
Csorba et al. 2012). Simulările climatice
subliniază faptul că evenimentele clima-
tice extreme ar putea să se producă mult
mai des în secolul următor. Aceste sce-
narii prevăd, de asemenea, că perioadele
secetoase vor fi mai lungi și mai severe
decât în trecut (Szépszó et al. 2008).

Înainte investigații posibilelor schim-
bări climatice viitoare vom trece în
revistă principalele aspecte ale climatului
actual din bazinul Mureșului. În general,
se poate afirma că zona este sub influența
vânturilor de vest care aduc majoritatea
precipitațiilor (Csoma 1975), deși masele
de aer din estul Europei și cele meditera-
neene au de asemenea un rol important
(Csoma 1975).

Temperatura medie anuală a bazinului
este cuprinsă între 4 și 11 °C, chiar dacă
o mare variabilitate teritorială poate fi
întâlnită. Principalul sens de creștere a

határoznak meg. Elmondható, hogy az Aranyos forrás vidéke a leghidegebb, illetve a Maros mentén K-Ny-i irányban haladva az évi középhőmérséklet folyamatosan nő: Gyergyóban 4–6 °C, az Erdélyi-medencében 8–9 °C, az Arad–Nagyvárad vonaltól Ny-ra 10 °C fölött, a Nagylak–Tápé vonalától DNy-ra 11 °C fölött (Csoma 1975, Andó 2002).

A Maros és mellékfolyói 70–80%-ban csapadékból táplálkoznak (Andó 1993, 2002). Az árhullámok ugyanakkor nem mutatnak szoros kapcsolatot a csapadékeloszlással (Andó 2002). Ennek oka, hogy a legnagyobb árvizeket a téli időszakban hó formájában összegyűlt csapadék olvadása okozza. A csapadék területi eloszlása igen változatos, a Maros forrásának környékén 600 mm körüli, lejjebb a Görgényi-havasok nyugati lejtőin mennyisége ugrásszerűen növekszik, majd a zárt erdélyi medencét elérve ismét 600 mm-re csökken. Újabb emelkedés figyelhető meg a Retyezát és a Kudzsiri-havasok vidékén. Lippától nyugatra a csapadék egyenletesen csökken (Csoma 1975).

Módszerek

A klímaváltozás előrejelzéséhez napjainkban a legelfogadottabb és leginkább objektív módszer a klímamodellek alkalmazása. A Föld egészének éghajlatváltozását az ún. globális numerikus modellek képesek jellemezni. Ezek a számítások során a földi rendszer legfontosabb elemeiben (légkör, óceánok, szárazföldek, jégtakarók, élővilág, társadalom) lejátszódó lényegi folyamatokat és azok kölcsönhatásait veszik figyelembe. A globális modellek horizontális

temperaturilor este de la est la vest, deși bazinul Arieșului reprezintă excepția răcoroasă. În Munții Giurgeu temperatura medie anuală a secolului 20 a fost de 4–6 °C, în Bazinul Transilvaniei de 8–9 °C, la vest de aliniamentul Oradea–Arad peste 10 °C, în timp ce la sud-vest de Nadlac–Szeged ajunge la peste 11 °C (Csoma 1975, Andó 2002).

70–80% din apa drenată de râu este de origine pluvială (Andó 1993, 2002). Cu toate acestea nu este nicio relație între inundații și distribuția temporală a precipitațiilor (Andó 2002), de vreme ce marile inundații sunt produse în urma topirii zăpezii acumulate în timpul iernii. Distribuția spațială a precipitațiilor arată o variație foarte mare. În zona de obârșie cantitatea de precipitații primită este în jur de 600 mm, dar se dublează pe versanții vestici ai Munților Gurghiu, pentru a scădea din nou la 600 mm în cazul Depresiunii Transilvaniei. Cantitățile de precipitații cresc în zona Sebeșului precum și în bazinul Streiului, pentru ca de la vest de Lipova să scadă permanent (Csoma 1975).

Metode

Cea mai acceptată metodă de descriere și cunatificare a proceselor determinate de schimbări climatice este aplicarea modelelor climatice. Schimbările climatice la scară globală sunt prognozate cel mai bine de modelele numerice globale. Acestea încorporează cele mai importante procese și relații ținând cont și de elementele majore ale sistemului acestei planete (atmosfera, oceane, continente, calote glaciare, biosferă, societate). Rezoluția orizontală a modelelor globale este de

felbontása ugyanakkor 100 km körüli, ami kisebb léptékű regionális elemzésekhez nem nyújt elegendő információt (Szépszó és Zsebeházi 2011).

Kisebbségi területek (pl. egy ország vagy egy folyó vízgyűjtőterülete) elemzéséhez az ún. regionális modelleket lehet segítségül hívni. Ezek felbontása a globális modelleknél sokkal nagyobb, mivel részletesebbek a bemeneti adatok, illetve kisebb léptékű kölcsönhatásokat is figyelembe vesznek. Következésképp a légköri folyamatokat és a felszíni változásokat pontosabban írják le az adott területre (van der Linden és Mitchell 2009, Szabó et al. 2011). A regionális modellekbe az egész Földre kiterjedő, nagyléptékű folyamatok egy kiválasztott globális modell alapján épülnek be, mely azután azt is megszabja, hogy milyen szélsőértékeket vehet fel a regionális előrejelzés (Giorgi és Bates 1989, Giorgi 1990).

Az éghajlatváltozás előrevetítése azonban többféle bizonytalanságot is hordoz magában. Ezeket többek között az éghajlati rendszer természetes „kilengései”, az elemek közötti bonyolult kölcsönhatások, a bemeneti adatok felbontásának korlátai, valamint a nehezen előre jelezhető társadalmi-gazdasági folyamatok okozzák (Cubasch et al. 2001, Hawkins és Sutton 2009). A fentiek közül elsősorban a társadalmi-gazdasági folyamatokra lehetünk hatással, ezek ráadásul jelentősen befolyásolhatják a klímaváltozás ütemét. Mivel a társadalmi és gazdasági fejlődés iránya pontosan nem látható előre, ezért az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) több, szám szerint hat forgatókönyvet is kidolgozott erre vonatkozóan. Ezek a forgatókönyvek számos tényező mellett elsősorban a népességszám és

100 km, ceea ce nu oferă informații adecvate pentru realizarea analizelor regionale la scară redusă (Szépszó și Zsebeházi 2011).

Pentru investigarea arealelor mai restrânse, de mărimea țărilor sau a bazinelor hidrografice sunt folosite modelele climatice regionale. Rezoluția acestora este mult mai bună decât a modelelor globale, de vreme ce datele introduse sunt mult mai detaliate, iar relațiile la o scară mai mare de detaliu pot fi luate în calcul. Ca și o consecință procesele atmosferice și schimbările de la nivelul suprafeței pot fi prognozate cu mai mare acuratețe pentru o anumită zonă (van der Linden și Mitchell 2009, Szabó et al. 2011). Astfel, procesele la scară globală sunt încorporate modelelor regionale pe baza unui model global selectat, îmbunătățind considerabil prognoza regională finală (Giorgi și Bates 1989, Giorgi 1990).

Proiectarea proceselor climatice în viitor include și unele necunoscute. Acestea sunt cauzate de oscilația naturală a sistemului climatic, de relația complicată dintre elementele ambientale, de limitările care implică rezoluția datelor și de fenomenele social-economice puțin predictibile (Cubasch et al. 2001, Hawkins și Sutton 2009). Dintre factorii enumerați conștiința umană transpusă în procesele socio-economice poate dicta în bună măsură amplitudinea schimbărilor climatice. Deoarece direcția dezvoltării sociale și economice nu poate fi prevăzută panelul interguvernamental preocupat de schimbările climatice (IPCC) a elaborat șase scenarii de evoluție în viitor. Aceste scenarii presupun prezența în atmosferă a unor concentrații diferite de gaze cu efect de seră (dioxidul de

az energiafelhasználás változása alapján különböző mértékű üvegházgáz (széndioxid, metán stb.) kibocsátást feltételeznek, ami azután alapvetően befolyásolja a modellek kimenő adatainak értékét. A forgatókönyvek között vannak optimista, pesszimista és átlagos változatok (1. ábra).

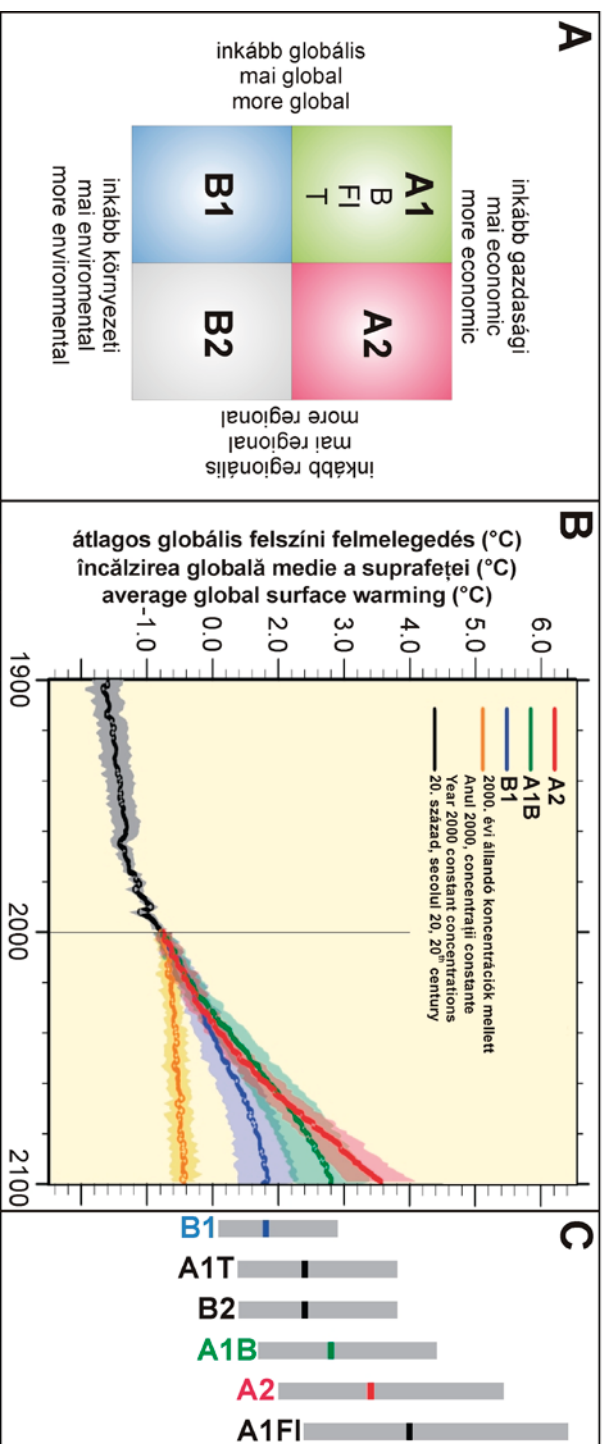
A klímaváltozást a Maros vízgyűjtőjén két regionális klímamodell segítségével becsültük (REMO és ALADIN). Mindkét modell az A1B forgatókönyvet veszi alapul, amely az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérsékelt növekedését és átlagosnak tekinthető felmelegedést feltételez (1. ábra). Az elemzések során a hőmérséklet és csapadék adatok alakulását vizsgáltuk. A jövőben várható változásokat az év azon időszakaira határoztuk meg, amelyek az árvizek és kisvizek szempontjából a legfontosabbak. Jelenlegi vizsgálataink célja a fontosabb tendenciák felvázolása volt, de a későbbiekben ezekre az adatokra alapozva további modellek alkothatóak a lefolyás változásának becslésére.

carbon, metanul etc.) în funcție de mai mulți factori, dar în primul rând în funcție de dinamica populației și de evoluția consumului de energie. În raport cu emisiile prognozate sunt determinate diferite modele. Scenariile pot fi descrise ca: optimiste, pesimiste și intermediare (Fig. 1).

În vederea estimării schimbărilor climatice din bazinul hidrografic al Mureșului au fost aplicate două modele (ALADIN și REMO). Ambele modele au la bază scenariul A1B, care prevede o creștere moderată în emisia de gaze cu efect de seră și o încălzire la nivel global (Fig. 1). Pentru comparație au fost investigate temperatura și precipitațiile. Schimbările preconizate au fost examinate pentru acele perioade ale anului specifice perioadelor cu viituri, respectiv cu ape mici. Scopul nostru a fost de a demonstra tendința schimbărilor, iar mai apoi pe baza acestor modificări să generăm modele ale scurgerii și balanței hidrologice pentru viitor.

Számos regionális klímamodell tartalmazza a Kárpát-medence területét, ilyen modellek az ALADIN, a REMO, a PRECIS, illetve a RegCM (Szépszó et al. 2008). A Maros vízgyűjtőjének elemzése során a klimatikus paraméterek változását a francia ALADIN (www.cnrm.meteo.fr/aladin) és a német REMO (www.remo-rcm.de) modellek alapján számítottuk, mivel ezek a társadalmi-gazdasági folyamatok előrejelzésére az A1B, átlagosnak tekinthető forgatókönyvet veszik alapul. Ez a jövőben a népességszám változás tekintetében az évszázad közepéig növekedést, utána csökkenést, emellett gyors gazdasági növekedést, az új és hatékonyabb technológiák gyors bevezetését, az energiafelhasználásban a fosszilis és a megújuló energiaforrások alkalmazásának egyensúlyát feltételezi (IPCC 2007).

Az alkalmazott modell adatok horizontális felbontása hozzávetőleg 25 km. A klímamodellek futtatása és az adatok előállítását az OMSZ Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztályán történt. A modellek a futtatás során a 2021–2050 és 2071–2100 évekre napi hőmérséklet és csapadékadatokat szolgáltatnak. Az adatok az 1961–1990-es referencia időszak átlagértékeitől való eltérést mutatják. A napi adatsorokból a Maros vízjárásának alakulása szempontjából legfontosabb hónapokra időszakos átlagokat számítottunk a teljes vízgyűjtőterületre vonatkozóan. Az adatpontok közötti területekre krigeléssel állítottuk elő az adatokat.



1. ábra: A) Az egyes forgatókönyvek gazdasági-társadalmi szempontból legfontosabb vonásai. B) A globális felmelegedés üteme különböző forgatókönyvek esetén. C) A 2100-ra becsült átlaghőmérséklet értéke és bizonytalansága (forrás: IPCC 2007).

Fig. 1: A) Cele mai importante caracteristici ale scenariilor din perspectivă economică și socială. B) Rata încălzirii globale în cazul diferitelor scenarii. C) Temperaturile medii estimate până în 2100 și incertitudinile aferente (sursa: IPCC 2007).

Fig. 1: A) The main features of the scenarios from economic and social aspects. B) The rate of global warming at different scenarios. C) Estimated average temperatures by 2100 and related uncertainties (source: IPCC 2007).

Câteva modele climatice includ Bazinul Carpatic, acestea fiind: ALADIN, REMO, PRECS și RegCM (Szépszó et al. 2008). Pentru analiza bazinului Mureșului evoluția parametrilor climatici a fost calculată pe baza modelului francez ALADIN (www.cnrm.meteo.fr/aladin) și german REMO (www.remo-rcm.de), aceste modele fiind bazate pe scenariul A1B reprezentând un mod de prognoză intermediar social-economic. Referitor la creșterea populației, scenariul prognozează o creștere până la jumătatea secolului, iar mai apoi o scădere, în contextul unei creșteri economice accentuate, răspândirea rapidă a unor tehnologii noi și mai eficiente și un echilibru între consumul de carburanți și de resurse energetice regenerabile (IPCC 2007).

Rezoluția orizontală a modelului aplicat este de aproximativ 25 km. Modelele au fost rulate de divizia de modelare numerică și dinamică climatică din cadrul Serviciului Maghiar de Meteorologie. Modelul furnizează date zilnice de temperatură și precipitații pentru intervalele 2021–2050, respectiv 2071–2100. Rezultatele sunt exprimate în funcție de perioada de referință 1961–1990. Din aceste date zilnice sunt calculate medii pentru acele luni care sunt importante în ceea ce privește regimul hidrologic al Mureșului. Valorile au fost calculate în funcție de rețeaua de puncte cu ajutorul metodei de interpolare kriging.

Eredmények

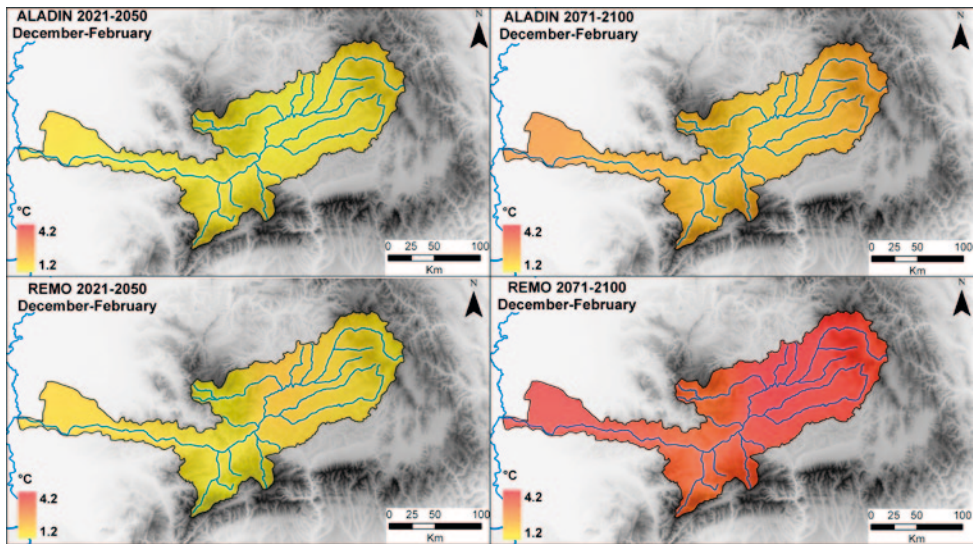
Enyhébb, kissé csapadékosabb tél

A téli hónapokra a referencia időszakhoz viszonyítva 1,3–1,4 °C-os hőmérsékletemelkedést jelez mindkét modellek 2021–2050-re (2. ábra). Hosszabb távon a két modell némileg eltérő változást feltételez. A REMO becslése alapján a 2071–2100 időszakban az átlaghőmérséklet akár 3,9 °C-kal is magasabb lehet a mainál (2. ábra). Az ALADIN valamelyest kisebb mértékű, 2,1 °C körüli emelkedést jelez, így még ez utóbbi optimistább verzió alapján is jelentős felmelegedés várható a teljes vízgyűjtő tekintetében. A 2. ábra alapján megfigyelhető, hogy az első modellezési időszakban a hőmérséklet növekedése egyenletesen érinti az egész területet, később azonban a Keleti-Kárpátokban található mellékfolyók

Rezultate

Ierni mai calde cu precipitații sensibil mai mari

În comparație cu valorile referință ambele modele prevăd o creștere cu 1,3–1,4 °C pentru perioada 2012–2050 corespunzând lunilor de iarnă (Fig. 2). Pe termen lung modelele prevăd o situație oarecum diferită. Modelul REMO prevede o creștere a temperaturii medii de 3,9 °C pentru intervalul 2071–2100, ceea ce presupune o încălzire substanțială (Fig. 2). Modelul ALADIN, în schimb prevede o creștere nu atât de intensă, și anume 2,1°C. Chiar și în cazul considerării acestei versiuni optimiste o încălzire semnificativă este așteptată să se producă în întregul bazin. Dacă consultăm Fig. 2 observăm că în prima perioadă temperaturile modelate par să crească într-o manieră uniformă. Mai târziu afluenții din Carpații Orientali



2. ábra: A hőmérséklet várható változása a téli időszakban (december–február) a modell adatok alapján.

Fig. 2: Modelul predicției schimbărilor de temperatură din timpul iernii (Decembrie–Februarie).

Fig. 2: Model prediction of temperature change in the winter period (December–February).

vízgyűjtőin és a síksági szakaszon intenzívebb lehet a felmelegedés.

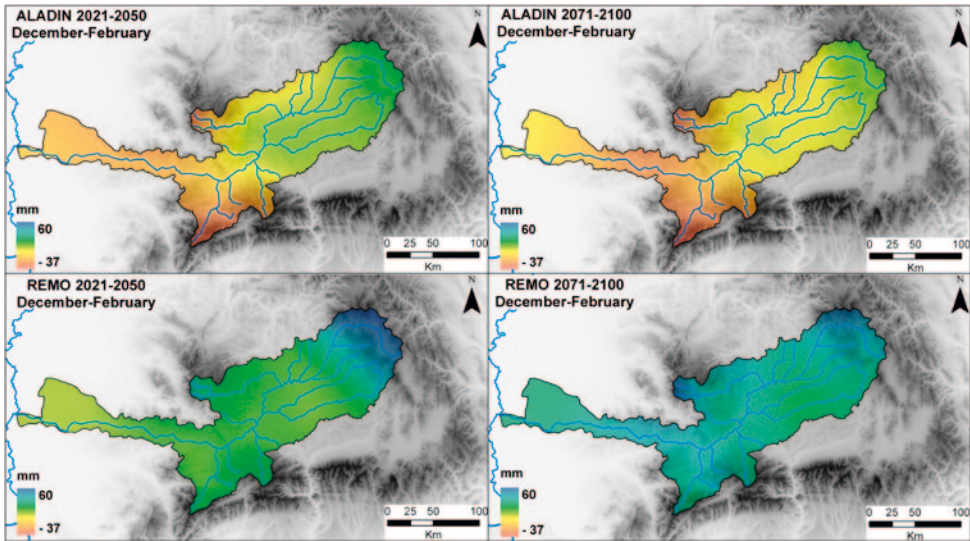
Az átlagos csapadékmennyiség tekintetében a két modell nagyon eltérő értékeket mutat a teljes vízgyűjtőre vonatkozóan. Az ALADIN alapján gyakorlatilag nem várható változás, míg a REMO 22 mm-es és 34 mm-es növekedéssel számol a 2021–2050, illetve a 2071–2100 időszakban (3. ábra). Az átlagértékek azonban számottevő területi különbségeket takarnak. Mindkét modell a csapadék mennyiségének növekedését jósolja a Gyergyói-havasok térségében, azonban nyugatabbra a REMO kismértékű növekedést, míg az ALADIN számottevő csökkenést jelez (3. ábra).

A fentiek alapján úgy tűnik, hogy a hőmérséklet emelkedése miatt a hóban tárolt vízkészlet átlagos mennyisége csökkenni fog a legtöbb részvízgyűjtőn.

și secțiunea de câmpie a Mureșului par să fie cei mai afectați.

Dacă luăm în considerare întregul bazin precipitațiile medii estimate de ambele modele par să fie foarte diferite. Conform modelului ALADIN nu sunt așteptate schimbări importante în viitor, în timp ce REMO a calculat o creștere cu 22 mm în intervalul 2012–2050 și 34 mm între 2071 și 2100 (Fig. 3). Valorile medii ascund anumite diferențe regionale. Ambele modele admit că există posibilitatea creșterii precipitațiilor în partea estică a bazinului, în timp ce o ușoară crește (REMO) sau chiar o substanțială scădere (ALADIN) pot să se producă în vest (Fig. 3).

Pe baza celor enunțate mai sus se poate remarca faptul că încălzirea climatului va determina reducerea rezervei de zăpadă din majoritatea sub-bazinilor. Doar în Carpații Orientali, ca urmare a creșterii



3. ábra: A csapadék mennyiségének várható változása a téli időszakban (december–február) a modell adatok alapján.

Fig. 3: Modelul predicției schimbărilor cantității de precipitații din timpul iernii (Decembrie–Februarie).

Fig. 3: Model prediction of precipitation change in the the winter period (December–February).

Mindazonáltal a Keleti-Kárpátok magasabb régióiban a vízkészlet akár emelkedhet is a téli csapadékmennyiség növekedésével, azaz tavasszal ezeken a területeken nagyobb esély van árhullámok kialakulására. Az azonban kérdéses, hogy ezek az árvizek mennyire lesznek hevesek a jövőben, ezt ugyanis többek között a tavaszi hóolvadás intenzitása határozza meg.

Melegebb tavasz, alig változó kora nyári csapadékmennyiség

A márciusi és az áprilisi hőmérséklet a hóolvadás és így az árvizek kialakulása szempontjából is igen fontos. Ez esetben mindkét modell általános tavaszi felmelegedéssel számol (4. ábra). Az első

precipitațiilor rezerva medie ar putea să crească. Conform acestei ipoteze șansele cele mai mari de inițiere a inundațiilor de primăvară sunt de a se produce în această regiune. Rămâne totuși întrebarea legată de durata acestor inundații în viitor, de vreme ce ele sunt produse în principal de intensitatea cu care se produce topirea zăpezii.

Primăveri mai calde, modificări nesigure în regimul precipitațiilor de la începutul verii

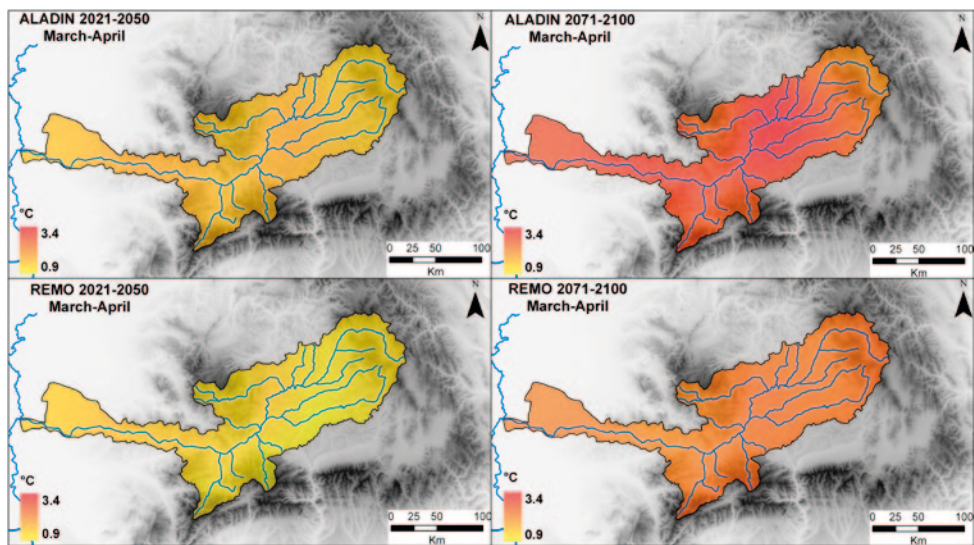
Temperaturile din lunile martie și aprilie sunt importante deoarece în aceste luni are loc topirea zăpezii și producerea viiturilor. Pe baza modelelor este așteptată

modellezési időszakban (2021–2050) átlagosan 1,1–1,5 °C, míg a másodikban (2071–2100) 2,4 °C (REMO), sőt akár 3,1 °C (ALADIN) hőmérsékletnövekedéssel is lehet számolni. A melegedés feltehetően intenzívebb lesz az Erdélyi-medencében és az Alföldön, de a keleti vízgyűjtőn is számottevő lehet az emelkedés a 21. században: kezdetben hozzávetőleg 1,0 °C, míg később akár 2,0 °C (4. ábra).

A fenti eredmények arra utalnak, hogy átlagos években a kora tavaszi hóolvadás intenzívebb lehet a hegyvidéki vízgyűjtőn. Ez nem feltétlenül jelent nagyobb árvizeket, hiszen láthattuk, hogy a hőkészletek csökkenhetnek. Mindamellett azokban az években, amikor a téli félév csapadékosabb, megnő a nagy vízhozamú, extrém árhullámok kialakulásának lehetősége.

o creștere a temperaturilor generală (Fig. 4). Pentru prima perioadă (2021–2050) este așteptată o creștere cu 1,1–1,5 °C, în timp ce pentru al doilea interval (2071–2010) aceasta poate fi de 2,4 °C (REMO) sau 3,1 °C (ALADIN). Încălzirea poate fi mai accentuată în Bazinul Transilvan și în zona de câmpie, iar partea estică a bazinului poate cunoaște o încălzire cu 1,0 °C respectiv 2,0 °C în lunile de primăvară ale secolului 21 (Fig. 4).

Aceste schimbări sugerează că într-un an normal topirea zăpezii din timpul primăverii se poate produce mai repede în partea înaltă a bazinului. Acest lucru nu înseamnă implicit și inundații mai mari, deoarece am văzut că rezerva totală de zăpadă poate fi mai mică. Chiar și așa în anii cu precipitații intense în timpul iernii, șansele de a apărea inundații mari vor fi ridicate.



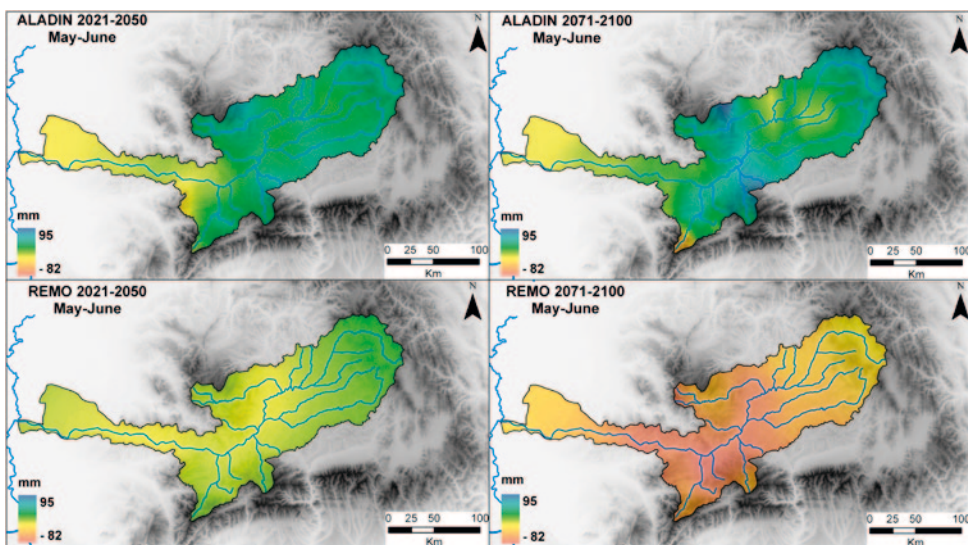
4. ábra: A hőmérséklet várható változása a kora tavaszi időszakban (március–április) a modell adatok alapján.

Fig. 4: Modelul predicției schimbărilor de temperatură de la începutul primăverii (martie–aprilie).

Fig. 4: Model prediction of temperature change in the early spring period (March–April).

Egy átlagos hidrológiai évben a májusi és júniusi csapadék hatására alakulhat ki a második jelentősebb árhullám (Andó 2002). A modellek csapadék előrejelzései azonban koránt sem egyértelműek erre az időszakra (5. ábra). A teljes vízgyűjtőre számított átlag alapján a REMO csupán jelentéktelen változásokat jósol a 2021–2050 időszakra, míg jelentős, 50 mm-es csökkenést 2071–2100 között. Ezzel szemben az ALADIN modell kezdetben mintegy 30 mm növekedést a későbbiekben pedig csak kisebb változásokat jelez (5. ábra). A változások térbeli mintázata is eltérő. Az ALADIN modell szerint a legjelentősebb növekedésre a vízgyűjtő középső részén lehet számítani, miközben a REMO ugyannerre a területre jósolja a legjelentősebb csökkenést (5. ábra). Eszerint a változások iránya igen bizonytalan.

Pe baza observațiilor hidrologice precedente a doua perioadă afectată de viituri este datorată ploilor bogate din mai și iunie (Andó 2002). Modelele calculate pentru această perioadă sunt ambigue (Fig. 5). Astfel, utilizând modelul REMO la nivelul întregului bazin nu se sesizează schimbări majore în intervalul 2021–2050, iar între 2071–2100 o scădere substanțială de 50 mm a fost estimată. Modelul ALADIN însă prevede creșterea cu 30 mm în primul interval analizat și o creștere minoră pentru al doilea interval (Fig. 5). Conform modelului ALADIN cea mai semnificativă creștere este așteptată în zona mijlocie a bazinului Mureșului. În mod contrar, modelul REMO prognozează cea mai accentuată scădere în această zonă (Fig. 5). Ca și o consecință direcția schimbării implică un grad ridicat de nesiguranță.



5. ábra: A csapadék mennyiségének várható változása a kora nyári időszakban (május–június) a modell adatok alapján.

Fig. 5: Modelul predicției schimbărilor cantității de precipitații de la începutul verii (mai–iunie).

Fig. 5: Model prediction of precipitation change in the the early summer period (May–June).

Következésképpen igen nehéz lenne megmondani, hogy a kora nyári csapadékból kialakuló árvizek jelentősége csökken-e vagy nő a jövőben. A két modell eredményeinek átlaga alapján ugyan a változás jelentéktelennek tűnik, de ez a feltételezés is bizonytalan.

Száraz, forró nyár

Ahogy már korábban említettük, a kisvízes időszak július közepétől, végétől indul. (Boga és Nováky 1986). Augusztustól kezdve a vízhozamok $50 \text{ m}^3/\text{s}$ -ra csökkenhetnek. Az alföldi szakaszra érkező víz mennyiségét ebben az időszakban elsősorban a vízgyűjtőn jellemző párolgás és csapadékmennyiség határozza meg. Természetesen az emberi beavatkozások, mint pl. a víztározás hatása is jelentős lehet.

A kisvizek megjelenése szempontjából igen fontos a július–augusztusi hőmérséklet alakulása. Mindkét modell hőmérsékletnövekedést (REMO $1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot, míg az ALADIN $3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot) jelez az első modellezési időszakra. A 2071-től 2100-ig tartó periódusban a felmelegedés ennél még drasztikusabb lehet és elérheti akár az $5,0$ – $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot is (6. ábra). A hőmérséklet változása területi szempontból egységeseznek tűnik a vízgyűjtőn, bár az ALADIN a legintenzívebb emelkedést a Görgényi-havasok vidékére és a síksági területekre, míg a REMO a vízgyűjtő középső részére várja (6. ábra). Így végső soron a változások térbeli mintázatát nem lehet egyértelműen meghatározni.

A melegedéssel párhuzamosan a nyári csapadékmennyiség nagy valószínűséggel csökkeni fog. A teljes vízgyűjtőre számított

Prin urmare este aproape imposibil de estimat dacă inundațiile determinate de ploile de la începutul verii vor spori sau se vor reduce. Dacă luăm în considerare media celor două modele nu sunt așteptate schimbări majore, dar aceasta este doar o speculație.

Veri calde și secetoase

După cum s-a menționat anterior, perioada cu ape mici debutează în iulie (Boga și Nováky 1986). Apoi debitele pot scădea cu $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Volumul de apă care ajunge în zonele joase este determinat în principal de intensitatea evaporării și de cantitatea de precipitații primită de bazin. Desigur că intervențiile antropice, cum sunt lacurile de acumulare pot să aibă un rol important în această privință.

De aceea, temperaturile lunilor iulie–august sunt foarte importante. Ambele modele prognozează o creștere în această perioadă, de $1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ (REMO) și $3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ (ALADIN) pentru primul interval de modelare (2021–2050) și $5,0 \text{ }^\circ\text{C}$ (REMO), respectiv $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (ALADIN) pentru al doilea interval (2071–2100) (Fig. 6). Temperaturile vor crește uniform pe toată suprafața bazinului, iar potrivit modelului ALADIN încălzirea va afecta în principal Munții Gurghiu și zonele joase. Modelul REMO a prognozat o creștere semnificativă a temperaturilor în partea mediană a bazinului (Fig. 6). Astfel distribuția spațială a amplitudinii încălzirii nu poate fi determinată într-o manieră clară.

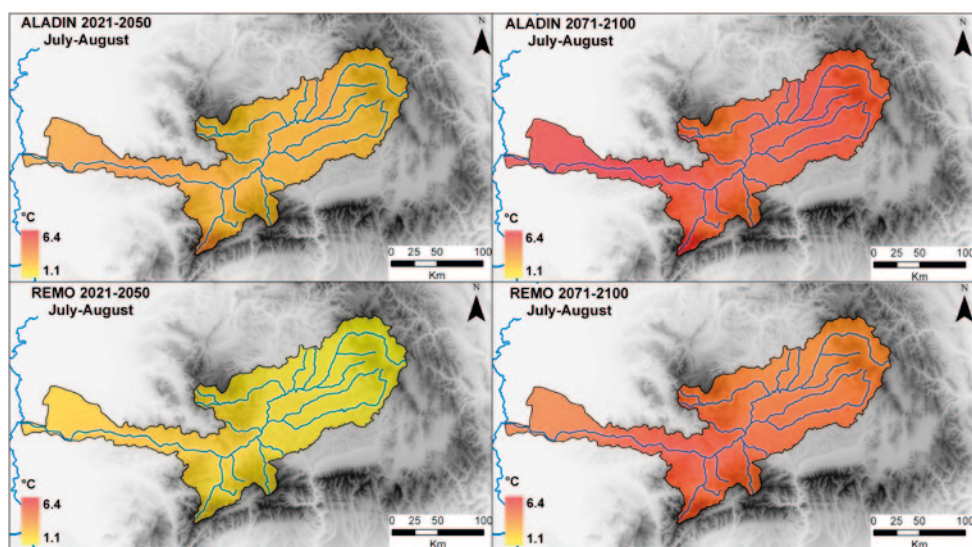
În același timp o scădere a precipitațiilor din timpul verii este prognozată. Ținând cont de valorile medii ale întregului bazin modelul ALADIN prognozează

átlagok tekintetében az ALADIN 20 mm csapadékcsökkenést jelez 2021–2050-re, míg a REMO alapján a területi átlag nem változik (7. ábra). A 2071–2100 időszakra azonban mindkét modell átlagosan 55 mm-es csökkenést prognosztizál, amely főként a vízgyűjtő középső részét érinti majd. A Hargita nyugati lejtőin, valamint a Görgényi- és Gyergyói-havasok vidékén várhatóan kisebb mértékű lesz a csapadékmennyiség visszaesése (7. ábra).

A nyári időszakban a fentiek alapján növekvő párolgás és mérsékelt csapadékmennyiség várható. Ez az átlagos vízhozamok jelentős csökkenését idézheti elő, hozzájárulva így a július–augusztusban kezdődő kisvízes időszak során felépő vízhiány fokozódásához.

o scădere de 20 mm, în timp ce modelul REMO nu prezice modificări semnificative în primul interval (2021–2050) (Fig. 7). În ceea ce privește al doilea interval analizat (2071–2100) ambele modele prognozează o scădere ce poate ajunge la 55 mm, afectând în principal partea mijlocie a bazinului. Scăderea ar urma să fie mai redusă pe versanții vestici ai Munților Harghita, Gurghiu, Giurgeu (Fig. 7).

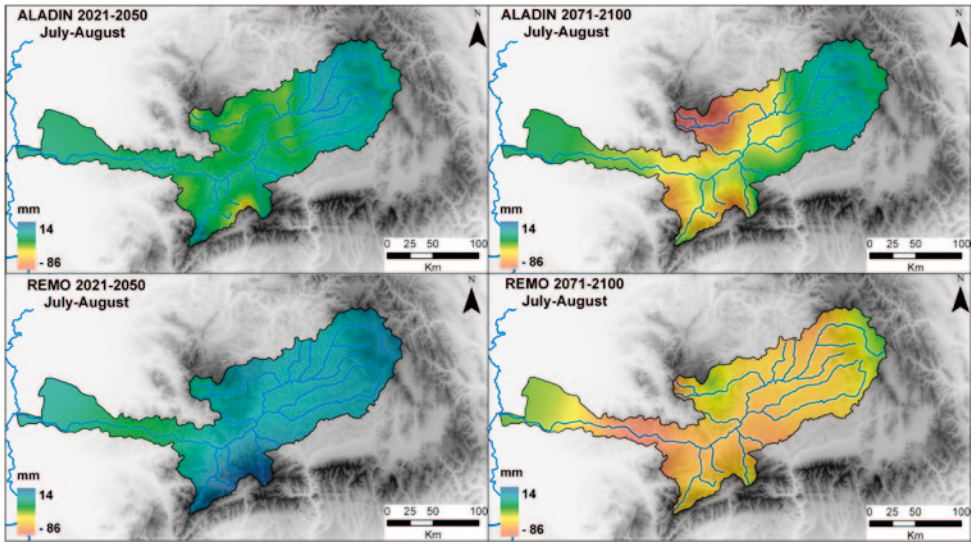
În aceste condiții se poate prognoza o intensificare a evaporării și o scădere a precipitațiilor în viitor. Acestea vor conduce la o reducere semnificativă a debitelor medii, ceea ce va determina un deficit și mai mare de apă pentru perioada cu ape mici din intervalul iulie–august.



6. ábra: A hőmérséklet várható változása a nyári időszakban (július–augusztus) a modell adatok alapján.

Fig. 6: Modelul predicției schimbărilor de temperatură din timpul verii (iulie–august).

Fig. 6: Model prediction of temperature change in the summer period (July–August).



7. ábra: A csapadék mennyiségének várható változása a nyári időszakban (július–augusztus) a modell adatok alapján.

Fig. 7: Modelul predicției schimbărilor cantității de precipitații din timpul verii (iulie–august).

Fig. 7: Model prediction of precipitation change in the the summer period (July–August).

Melegebb ős, alig változó csapadékmennyiség

A vízügyi adatsorok alapján a legkisebb vízhozamok (néha csupán 30–40 m³/s) szeptemberben és októberben jelentkeznek (Konecsny és Bálint 2010). A vízgyűjtő egészére számított átlagos hőmérsékletváltozás tekintetében a két modell jó egyezést mutat (8. ábra). A 2021–2050 időszakra mindkét becslés 2–3 °C-os felmelegedést jelez, míg 2071–2100-ra akár 4–5 °C-kal is emelkedhet a vízgyűjtő átlaghőmérséklete. A változások területi megoszlását szemlélve a felmelegedés az Erdélyi-középhegység és a Görgényi-havasok vidékén kisebb, ugyanakkor az Erdélyi-medencében és a

Toamne mai calde și schimbări reduse ale precipitațiilor

Pe baza observațiilor anterioare, în intervalul septembrie–octombrie Mureșul are cele mai mici debite (uneori doar 30–40 m³/s) (Konecsny și Bálint 2010). Analiza celor două modele la scara bazinului relevă o apropiere semnificativă (Fig. 8). Astfel pentru intervalul 2021–2050 ambele modele prognozează creșteri de 2–3 °C, în timp ce pentru intervalul 2071–2100 creșterea poate atinge 4–5 °C. Dacă luăm în considerare distribuția spațială a temperaturilor, încălzirea va afecta într-o manieră mai redusă versanții Munților Apuseni și Munților Gurghiu, dar în Bazinul Transilvaniei și în Podișul

Küküllő-menet-hátságon jóval nagyobb intenzitású is lehet (8. ábra).

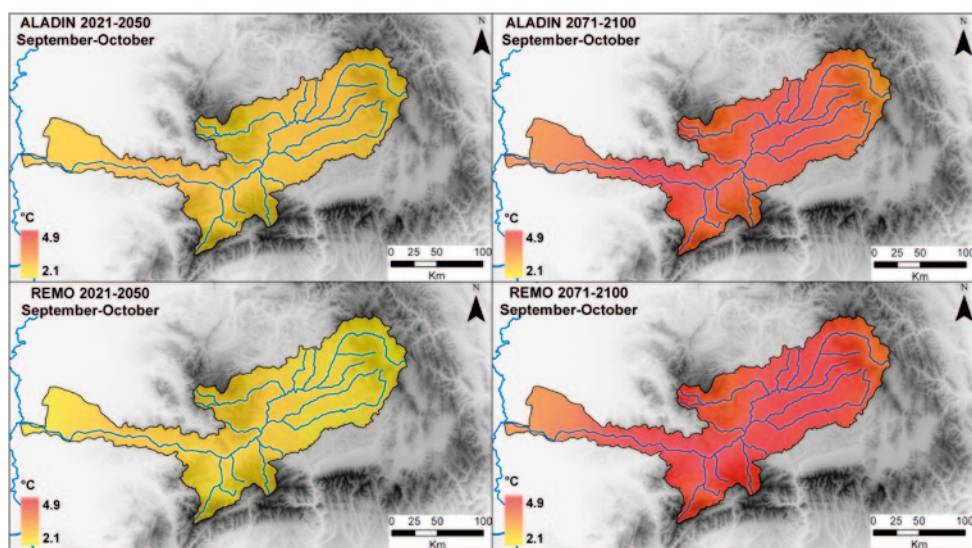
A csapadékmennyiség változása a modellek alapján kevésbé nyilvánvaló, a vízgyűjtőre jellemző átlagos értékek többé-kevésbé hasonlóak lehetnek az 1961–1990-es referencia időszak adataihoz (9. ábra). A számított néhány mm-es változás elhanyagolható, nem haladja meg az előrejelzések hibáit.

A két modell között lévő nagyfokú egyezés arra enged következtetni, hogy a kora őszi időszakban jelentős felmelegedés várható, miközben a csapadék mennyisége alig változik. Mivel a párolgás így fokozódik, növekvő vízhiánnyal, illetve csökkenő vízhozamokkal kell számolni, ami hosszan elnyúló aszályos periódusok kialakulásához vezethet a Maros mentén.

Tárnaveilor temperaturile ar putea crește dramatic (Fig. 8).

Schimbările regimului precipitațiilor nu sunt atât de evidente și situația pare să fie relativ similară cu cea înregistrată în intervalul 1961–1990 pentru întreg bazinul (Fig. 9). Cei câțiva mm calculați de cele două modele sunt nesemnificativi și se înscriu în marja de eroare a prognozelor.

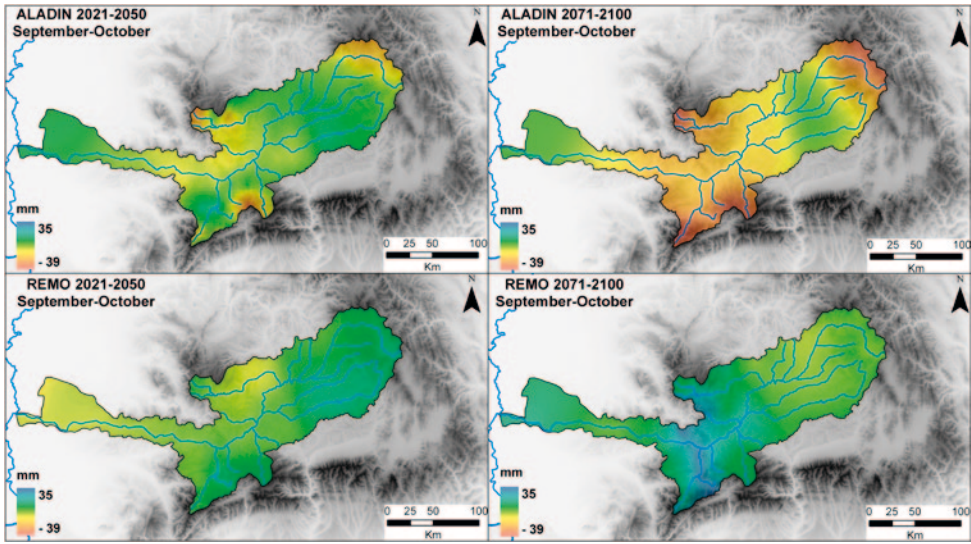
Ambele modele au prognozat o creștere semnificativă a temperaturilor la începutul toamnei. În același timp precipitațiile medii vor scădea sensibil, rezultând un deficit importantă de apă datorat evaporației și o scurgere mai redusă. Prin urmare, se vor instala perioade de secetă mai îndelungate în lungul Mureșului.



8. ábra: A hőmérséklet várható változása a kora őszi időszakban (szeptember–október) a modell adatok alapján.

Fig. 8: Modelul predicției schimbărilor de temperatură de la începutul toamnei (septembrie–octombrie).

Fig. 8: Model prediction of temperature change in the early autumn period (September–October).



9. ábra: A csapadék mennyiségének várható változása a kora őszi időszakban (szeptember–október) a modell adatok alapján.

Fig. 9: Modelul predicției schimbărilor cantității de precipitații de la începutul toamnei (septembrie–octombrie).

Fig. 9: Model prediction of precipitation change in the early autumn period (September–October).

Hidrológiai kilátások

Habár esetenként az alkalmazott két modell kimentti adatai nem erősítették meg egymást, néhány jól kivehető tendencia azért felismerhető a klíma jövőbeni változását tekintve. A felmelegedés térben és időben általánosan tekinthető, de az alacsonyabb fekvésű zártabb területeken, mint például az Erdélyi-medence, az átlagnál jóval nagyobb is lehet. Az is egyértelműen látszik, hogy a legnagyobb mértékű hőmérséklet-emelkedés nyáron és őszen várható, habár a REMO modell szerint télen is jelentős felmelegedéssel kell számolni. A csapadék változását ugyanakkor nehezebb megbecsülni. A területi átlagok alapján úgy tűnik azonban, hogy a késő nyári időszakban jelentős csapadékcsökkenés

Perspective hidrologice

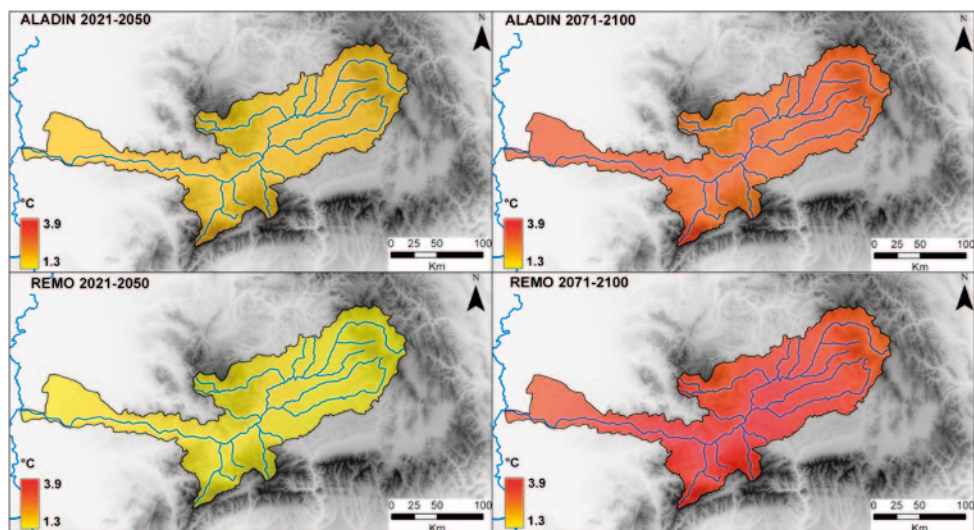
Chiar dacă am putut constata că cele două modele utilizate nu au furnizat de fiecare dată prognoze similare, se pot distinge câteva tendințe clare în ceea ce privește evoluția climei în secolul 21. Încălzirea se va produce atât în spațiu cât și în timp, iar suprafețele joase și închise, cum este cazul Bazinului Transilvan, vor fi cel mai afectate. Pare să fie foarte clar și faptul că încălzirea cea mai semnificativă se va produce vara și toamna, deși modelul REMO prognozează și ierni mai calde. În schimb, modificările ce vor surveni în regimul precipitațiilor sunt dificil de prognozat. Ce pare însă evident este că sfârșitul verii va înregistra cel mai mare deficit de precipitații. Schimbările din

várható. A többi évszak esetében a változások nem ennyire egyértelműek.

Az éves átlagértékeket tekintetében már 2021–2050 időszakra is jelentős (REMO: 1,4 °C, ALADIN: 2,0 °C) hőmérsékletemelkedés várható. 2071 és 2100 között az általános felmelegedés hovatovább elérheti a 3,6 °C (ALADIN) esetleg a 3,8 °C-ot (REMO) is (10. ábra). Érdekes módon az évi csapadékmennyiség tekintetében az ALADIN modell enyhe növekedését mutat a 2021–2050 időszakra, de a következő periódusra mindkét modell jelentősebb, 20–50 mm-es csökkenést prognosztizál (11. ábra). Figyelembe véve, hogy az évi átlagos csapadék mennyisége a vízgyűjtőn 600 és 1000 mm közötti, ez a változás 5–10%-kal mérsékelheti az éves lefolyás értékét. A csökkenés azonban ennél még jelentősebb is lehet, ha a fokozódó párolgást is számításba vesszük. A pontosabb összefüggések feltárása ugyanakkor további modellezést igényel.

celelalte anotimpuri nu sunt atât de evidente.

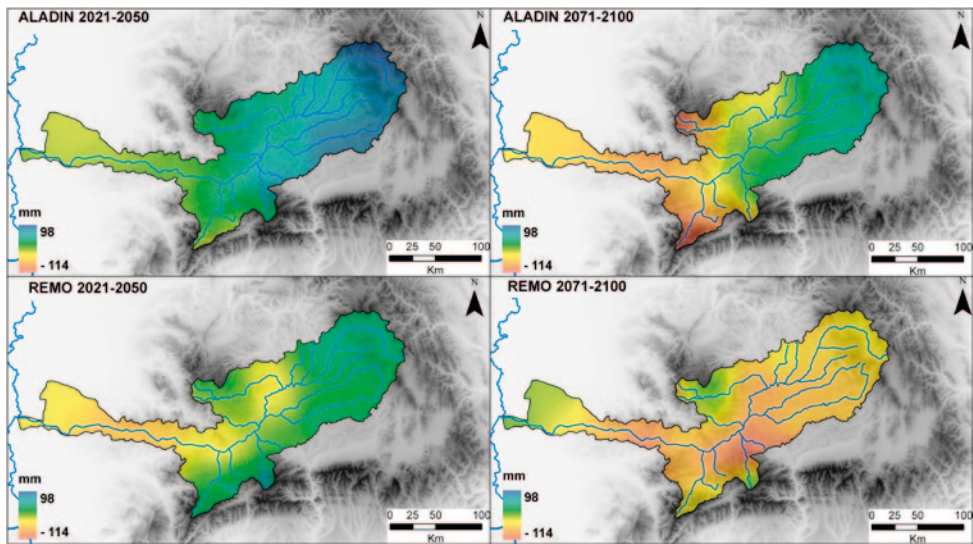
Dacă ținem cont doar de valorile medii o creștere cu 1,4 °C (REMO) respectiv 2,0 °C (ALADIN) poate fi prognozată pentru perioada 2012–2050. Mai mult, temperatura din intervalul 2071–2100 poate fi cu 3,6 °C (ALADIN) respectiv 3,8 °C (REMO) mai mare decât în perioada 1961–1990 (Fig. 10). Este interesant faptul că pentru perioada 2021–2050 modelul ALADIN preconizează o ușoară creștere a precipitațiilor, dar pentru al doilea interval (2071–2100) ambele modele sugerează o scădere cu 20–50 mm (Fig. 11). Ținând cont că precipitațiile medii sunt cuprinse între 600–1000 mm în ca drul bazinului, rezultă o reducere cu 5–10% a scurgerii anuale. Scăderea poate fi chiar mai semnificativă dacă creșterea evaporatiei este cuantificată, dar o modelare suplimentară este necesară pentru explorarea acestor relații.



10. ábra: A hőmérséklet várható változása az éves átlagok tekintetében.

Fig. 10: Modificări de temperatură estimate exprimate în valori anuale.

Fig. 10: Expected temperature change in terms of annual values.



11. ábra: A csapadék mennyiségének várható változása az éves átlagok tekintetében.

Fig. 11: Modificări de precipitații estimate exprimate în valori anuale.

Fig. 11: Expected precipitation change in terms of annual values.

Ami a folyó vízjárását illeti a téli időszakban egyenletesebb lefolyás várható, a kora tavaszi hóolvadás azonban esetenként intenzívebb lehet. Eközben a kora nyári árvizek jelentősége, ha kis mértékben is de mérséklődhet. Emiatt az árhullámok gyakorisága és átlagos nagysága várhatóan csökkenni fog, azonban megfelelő körülmények esetén (nagy téli csapadék és gyors hóolvadás) extrém árvizek természetesen továbbra is kialakulhatnak. Jóllehet számos klímaváltozással kapcsolatos kutatás hangsúlyozza az extrém csapadék események kialakulási gyakoriságának növekedését (Szépszó et al. 2008), ez inkább a Kárpát-medence nyugati felén lesz jellemző (Horányi et al. 2009). Összességében tehát klimatikus szempontból az árvizekhez és árvíz-védelemhez kötődő veszélyek jelentősége a közeljövőben várhatóan nem változik a Maros mentén.

Ținând cont de regimul hidrologic al Mureșului ne așteptăm la o scurgere mai uniformă pe durata iernii, dar topirea zăpezilor din timpul primăverii poate să se producă mai intens. Între timp inundațiile de la începutul verii ar putea fi mai puțin semnificative. Astfel, frecvența și magnitudinea medie a inundațiilor vor scădea, dar în condiții excepționale (precipitații abundente în timpul iernii și o topire rapidă), inundații extreme se pot produce. Chiar dacă câteva studii climatice accentuează relevanța extremelor pluviale maxime (Szépszó et al. 2008), acestea vor fi caracteristice în special pentru partea vestică a Bazinului Carpatic (Horányi et al. 2009). Privite dintr-o perspectivă climatică problemele generate de inundații și măsurile de prevenire pe care le implică acestea nu se vor intensifica în perioada următoare în lungul Mureșului.

Az eredmények alapján ugyanakkor a nyári és őszi szélsőségesen kis vizek előfordulása jóval gyakoribb lehet, ez pedig időről időre súlyos vízhiány kialakulásához vezethet a folyó alsó szakasza mentén. Mint már említettük, az éves lefolyás is valószínűleg csökkenni fog hosszú távon. Konecsny (2010) szerint tartós vízhiányos állapotokkal már most is számolni kell, amikor is a vízhozamok jóval kisebbek, mint a statisztikailag meghatározott átlagos kisvízi hozamok. A vízjárás változásával összefüggésben tehát elsősorban a kisvizes időszakokkal kapcsolatos problémák fognak a jövőben kiéleződni.

Pe de altă parte analizând rezultatele, concluzionăm că apele mici de toamnă și vară pot să atingă minime extreme cu o frecvență mult mai mare, iar deficitul sever de apă poate apărea ocazional în sectorul de câmpie al Mureșului. Mai mult, scurgerea totală anuală va scădea considerabil pe termen lung. Conform lui Konecsny (2010), există deja perioade cu deficit semnificativ de apă, subliniind asupra faptului că debitele sunt mai scăzute decât cele determinate statistic și care desemnează valorile medii la ape mici. Totuși, cea mai mare problemă care va interveni în regiunea râului va fi aceea a creșterii frecvenței evenimentelor cu ape mici.

Következtetések

Az összefoglaló kötet negyedik tanulmányában a Maros vízgyűjtőre vonatkozó regionális éghajlati modelleket elemeztük. Emellett felvázoltuk a folyó vízjárásával kapcsolatos változások feltételezett irányát. Legfontosabb következtetéseink az alábbiak:

- A téli átlaghőmérséklet emelkedésével számos részvízgyűjtőn csökkenni fog a hókészletek nagysága. Mindamellett nagyobb magasságban akár több hó is felhalmozódhat, mivel a modellek a téli csapadékösszeg növekedését prognosztizálják.
- A tavaszi olvadás felgyorsulhat és időben hamarabb következhet be a hegyvidéki vízgyűjtőn, így amikor a téli csapadék mennyisége kiemelkedő a szélsőségesen nagy árvizek kialakulásának valószínűsége megnő.
- A modellek alapján a kora nyári csapadékhoz köthető árhullámok kialakulásában nem várható jelentős változás.
- Az előrejelzés alapján a nyári és a kora őszi időszakban az átlaghőmérséklet drámai mértékben emelkedhet, míg a csapadékmennyiség csökkenni fog. Ez a vízhozamok jelentős visszaeséséhez vezethet.
- Az egész vízgyűjtő tekintetében az éves átlaghőmérséklet 2021–2050 között 1,4–2,0 °C-kal, 2071–2100 között 3,6–3,8 °C-kal emelkedhet a mai értékekhez képest. Az első modellezési időszakban az éves csapadék mennyisége várhatóan csak kis mértékben változik, azonban a 2071–2100-as időszakban a modellek 20–50 mm-es csökkenést jósolnak.
- A fentiek alapján az éves lefolyás 5–10%-kal történő csökkenése, valamint az aszály-veszélyeztetettség jelentős növekedése prognosztizálható.

A legfontosabb környezeti és társadalmi konfliktusok a jövőben így elsősorban a kisvízes időszakokhoz fognak kötődni. Az ipari, mezőgazdasági, ökológiai és rekreációs célú szükségletek összehangolása kiemelkedően fontos lesz, mivel ezek jórészt a meleg és száraz időszakra koncentrálnak. A várható problémák emellett megkövetelik az egységes vízgazdálkodást és a vízkészletek fenntartható megosztását a felső és az alsó folyószakaszok között, valamint a két szomszédos ország viszonylatában is.

Concluzii

În acest capitol au fost prezentate rezultatele prognozei climatice pentru bazinul Mureșului. Am dorit să subliniem în egală măsură și tendința modificărilor precunizate la nivelul regimului hidrologic al râului. Cele mai importante concluzii sunt enumerate mai jos:

- În urma creșterii temperaturilor din timpul iernii rezerva de zăpadă medie poate să se diminueze în unele sub-bazine. Cu toate acestea, la altitudini ridicate nu sunt excluse rezerve mai mari de zăpadă, de vreme ce modelele prognozează o ușoară creștere a precipitațiilor iarna.
- Topirea zăpezii din timpul primăverii poate fi mai rapidă în partea superioară a bazinului, deși în anii cu precipitații ridicate pe durata iernii sunt așteptate inundații extreme.
- Modelele nu prognozează modificări considerabile în ceea ce privește volumul inundațiilor de la începutul verii.
- Pentru perioada verii și începutul toamnei creșteri dramatice de temperatură, respectiv scăderi la fel de ample de precipitații sunt prognozate. Această tendință va conduce la diminuarea debitelor medii.
- La scara bazinului temperatura ar putea crește în medie cu 1,4–2,0 °C și 3,6–3,8 °C în intervalele 2021–2050 respectiv 2071–2100.
- Precipitațiile medii anuale se vor schimba probabil în mică măsură în primul interval analizat, în timp ce pentru intervalul 2071–2100 modelul prognozează o scădere semnificativă de 20–50 mm.
- Luând în considerare cele prezentate o reducere de 5-10% a scurgerii anuale este posibil să se producă, în timp ce severitatea secetelor ar putea să se intensifice.

Prin urmare, principalele probleme care vor apărea în viitor vor fi legate în principal de evenimentele asociate deficitului de apă. De aceea consumul de apă al activităților agricole, industriale, ecologice și recreaționale trebuie să fie armonizat, în condițiile în care presiunea pe această resursă va crește pe perioada verilor calde și uscate. Toate aceste probleme necesită o strategie de management unitară, cu un consum echilibrat de apă atât în sectorul superior, cât și în cel inferior al Mureșului, precum și între cele două țări vecine.

Irodalom / Bibliografie

- Andó M. 1993. The geography of the Mures River. *Acta Geographica Szegediensis* 31: 1–9.
- Andó M. 2002. A Tisza vízrendszer hidrogeográfiája. SZTE Természeti Földrajzi Tanszék, Szeged.
- Bartholy J., Pongrácz R., Gelybó Gy., 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: 249–264.
- Boga L., Nováky B. 1986. Magyarország vízének műszaki-hidrologiai jellemzése: Maros. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest.
- Cubasch U., Meehl G., Boer G., Stouffer R., Dix M., Noda A., Senior C., Raper S., Yap K. 2001. Projections of Future Climate Change, In *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, J.T Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds). Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel.
- Csoma J. 1975. A Maros hidrográfiája. In *Vízrajzi Atlasz Sorozat 19 Maros*. VITUKI, Budapest. 7–12.
- Csorba P., Blanka V., Vass R., Nagy R., Mezősi G. 2012. Hazai tájak működésének veszélyeztetettsége új klímaváltozási előrejelzés alapján. *Földrajzi Közlemények* 136/3: 237–253.
- Dikau R., Schrott L. 1999. The temporal stability and activity of landslides in Europe with respect to climatic change (TESLEC): main objectives and results. *Geomorphology* 30: 1–12.
- Giorgi F. 1990. Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climatology* 3: 941–963.
- Giorgi F., Bates G., 1989. The Climatological Skill of a Regional Model over Complex Terrain. *Monthly Weather Review* 117: 2325–2347.
- Hawkins E., Sutton R., 2009. The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions. *Bulletin of American Meteorological Society* 90: 1095–1107.
- Horányi A., Csima G., Szabó P., Szépszó G. 2009. Regionális klímamodellelés az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. MTA előadás 2009.09.15. (<http://www.met.hu/doc/tevekenyseg/klimamodellezes/MTA-2009.09.15.pdf>)
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Edited by S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller. Intergovernmental

Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York, p. 996 (<http://www.ipcc.ch>)

Konecsny K. 2010: A kisvizek főbb statisztikai jellemzői a Maros folyó alsó szakaszán. *Hidrológiai Közöny* 90/1: 45–55.

Konecsny K., Bálint G. 2010. Low water related hydrological hazards along the lower Mureş/Maros river. In Riscuri și catastrofe, Universitatea „Babeş-Bolyai”. Facultatea de Geografie. Laboratorul de riscuri și hazarde. Casa Cărții de Știință. Cluj-Napoca 8/6

van der Linden P., Mitchell J.F.B. (eds.) 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. (http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf)

Szabó P., Horányi A., Krüzselyi I., Szépszó G. 2011. Az Országos Meteorológiai Szolgálat regionális klímamodellezési tevékenysége: ALADIN-Climate és REMO. 36. Meteorológiai Tudományos Napok beszámolókötetete. Budapest, 87–101.

Szépszó G., Zsebeházi G. 2011. Az ENSEMBLES projekt regionális modell-eredményeinek alkalmazhatósága Magyarország éghajlatának jellemzésére. 36. Meteorológiai Tudományos Napok beszámolókötetete. Budapest, 59–75.

Szépszó G., Bartholy J., Csima G., Horányi A., Hunyady A., Pieczka I., Pongrácz R., Torma Cs. 2008. Validation of different regional climate models over the Carpathian Basin. EMS8/ECAC7 Abstracts 5, EMS2008–A–00645.