

UTILIZAREA SIG ÎN EVALUAREA SCHIMBĂRILOR CLIMATICE DIN ROMÂNIA

MONICA GHIOCA¹

ABSTRACT. – Global regional climate model results are analyzed regarding the assessment of climatic changes in Romania. A downscaling model is used to construct climate change scenarios for Romania area, using the parameters provided by PRUDENCE Project (temperature, precipitation, runoff) on 2071-2100 period.

1. SCHIMBĂRILE CLIMATICE

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), în Articolul 1, definește “schimbările climatice” ca: “schimbări ale climei ce sunt atribuite direct sau indirect activității umane și care determină modificarea compoziției atmosferei globale, suprapunându-se variabilității climatice naturale observate pe aceeași perioadă de timp”.

Schimbările climatice din România se încadrează în tendința globală de încălzire, având însă particularități regionale legate de poziția pe glob, în partea sud-estică a Europei Centrale și de existența lanțului carpatic. Aceste schimbări includ evoluția principalilor parametri climatici (temperatura, precipitațiile, umezeala, regimul vânturilor; nivelurile lacurilor, debitele râurilor), succesiunea sezoanelor și existența unor fenomene extreme și a tendințelor de deșertificare (Bălțeanu, Serban, 2005).

Pentru ultimul secol a fost pusă în evidență o creștere a temperaturii medii anuale din România cu 0.3°C (Busuioc, 2003), cu o intensificare după 1960. Creșterile sunt diferențiate, fiind mai accentuate în sud și sud-est cu valori de 0.8°C la stațiile București-Filaret și Constanța. Creșterile sunt mai reduse în partea centrală și de nord a țării. Pentru iarnă au fost puse în evidență încălziri semnificative însoțite de topirea bruscă a zăpezii, trecerea spre primăvară fiind bruscă. În privința precipitațiilor, datele instrumentale pun în evidență diferențieri regionale semnificative, cu o ușoară tendință de creștere în sud, vest și est și cu scăderi anuale în restul teritoriului. Este evidentă accentuarea caracterului torențial al precipitațiilor, care se manifestă prin căderea unor cantități mari de precipitații în perioade scurte de timp, urmate de perioade secetoase lungi. Chiar și în anii secetoși, precipitațiile produc viituri de amploare în timpul primăverii, când sunt combinate cu topirea zăpezilor, și în timpul verii.

S-a înregistrat o diminuare a resurselor de apă ale râurilor din România, în special pe durata iernii (Adler et al., 1999). Perioadele de secetă hidrologică s-au manifestat mai ales în intervalele 1894-1900, 1961-1965 în Transilvania și 1943-1952, 1958-1964, 1982-1993 în Oltenia, Muntenia, Moldova.

2. MODELELE CLIMATICE

Un model climatic reprezintă o încercare de simulare a numeroaselor procese care se produc în și între componentele sistemului climatic. Obiectivele modelării sunt înțelegerea acestor procese și a interacțiunilor din interiorul sistemului climatic, precum și tentativa de anticipare a efectelor schimbărilor climatice. Datorită faptului că performanța modelelor

¹ Bucuresti, Romania, email: mghioca@yahoo.com

climatice globale este mai scăzută la nivel regional, fapt determinat de rezoluția spațială încă slabă a acestor modele cât și de imperfecțiunile legate de parametrizările unor procese la scară fină, necesitatea unor studii regionale este evidentă. Aceste studii se referă în primul rând la elaborarea unor modele care să proiecteze la scară fină informațiile rezultate, cunoscute sub denumirea de modele de "downscaling".

Începând cu anul 2000 au fost introduse în cercetare o serie de scenarii climatice noi, care acordă o importanță deosebită factorului uman și sunt cunoscute sub denumirea de SRES (Special Report on Emissions Scenarios). Aceste scenarii iau în considerare două situații, care presupun dublarea instantanee a concentrației de CO₂ în atmosferă – experiment de echilibru și dublarea treptată – experiment tranzitoriu. Scenariul A2 pune în evidență o lume diversificată, cu menținerea particularităților locale și cu o tendință generală de creștere a populației (de până la 15 miliarde de locuitori până în anul 2100), precum și o dezvoltare economică diferențiată, cu accentuarea disparităților regionale. Scenariul B2 descrie o lume în care predomină soluțiile locale pentru problemele dezvoltării durabile și presupune o creștere continuă a populației (de până la 15 miliarde de locuitori până în anul 2100), dar cu o rată mai redusă decât în cazul scenariului A2, și o grijă specială pentru aspectele de protecție a mediului.

3. CLIMATUL MEDIU

Pentru compararea rezultatelor furnizate de modelele climatice, se utilizează noțiunea de climat mediu, ca fiind media spațială a parametrilor analizați (Cuculeanu & al, 2003). Pentru calculul climatului mediu pe țară se folosește o medie ponderată după

următorul algoritm:
$$v = \frac{\sum_{i=1}^n f_i v_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$
 unde f_i - suprafața cuprinsă între diferitele limite

altitudinale, v_i - media parametrilor pentru punctele de grilă incluse în fiecare limita altitudinală, v - valoarea mediei lunare a parametrului analizat, mediată spațial pe întreg teritoriul României, iar n reprezintă numărul limitelor altitudinale, selectate în funcție de frecvența altitudinilor reliefului teritoriului României: <200 m, 200-700 m, 700-1000 m, 1000-1500 m, >1500 m.

4. INTERPOLARE/ DOWNSCALING

În vederea extragerii din informațiile la scară largă furnizate de modelele de circulație generală (GCM), a climatului corespunzător României se utilizează tehnica de interpolare sau downscaling (numită și regionalizare în unele lucrări de specialitate).

Prin interpolare spațială se înțelege un ansamblu de metode pe baza cărora se pot estima valorile unei variabile în punctele în care nu există informație, utilizând valorile cunoscute din alte puncte, situate în cadrul aceleași suprafețe de studiu. Scopul interpolării este, prin urmare, acela de a transforma reprezentarea spațială discretă a unei variabile într-o reprezentare spațială continuă.

Există o gamă destul de largă de metode de interpolare care pot fi utilizate în scopul spațializării. Pentru estimarea parametrilor analizați în orice punct al României s-a ales metoda kriging, modelul sferic, plecând de la grila de ieșire a GCM. Selecția acestei metode s-a făcut în urma evaluării parametrilor metodei și a consultării literaturii de specialitate

(Busuioc et al, 1999; Busuioc et al, 2001; Busuioc et al, 2003; Todini, 2001a, Todini, 2001b). Kriging-ul este metoda topo-probabilistă care constă în găsirea celei mai bune estimări lineare posibile a valorii medii dintr-un punct, pe baza valorilor disponibile din vecinătatea acestuia. Caracteristica principală a kriging-ului nu este numai valoarea minimă a varianței de estimare, care presupune utilizarea celei mai mari părți a informației disponibile, deci obținerea celei mai bune estimări, dar și caracterul nedeviat al acesteia.

Analiza s-a realizat cu ajutorul unui Sistem Informațional Geografic (GIS) cu mai multe straturi: modelul numeric al terenului pentru România generat de SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), granița României, rețeaua hidrografică, rețelele stațiilor meteorologice și hidrometrice ale căror parametri s-au folosit, grila cu parametrii de ieșire ai GCM la o rezoluție de $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$.

5. SCENARIILE ALE SCHIMBĂRILOR CLIMATICE PENTRU ROMÂNIA

Datele folosite în acest studiu sunt seriile temporale ale cantităților lunare de precipitații de la 61 de stații meteorologice și ale temperaturilor medii lunare ale aerului de la 63 de stații meteorologice din România, precum și debitele medii lunare (în regim natural) de la 86 de stații hidrometrice, pentru perioada 1961-1990. Suplimentar, s-au folosit serii ale debitelor râurilor de la 13 stații hidrometrice situate pe teritoriile statelor vecine României. Simulările utilizate în acest studiu sunt cele furnizate de proiectul european PRUDENCE prin următoarele modele climatice: HIRHAM (dezvoltat de [GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH](#), Germania și [UK Met Office – METNO](#)) și PROMES (dezvoltat de [Universidad Complutense de Madrid](#) – UCM, Spania), pentru scenariile climatice A2 și B2. Ieșirile GCM-urilor se referă la datele medii lunare (temperatură, precipitații, debite) furnizate de proiectul PRUDENCE, cu o rezoluție de 0.5° latitudine \times 0.5° longitudine. Scenariile climatice furnizate de modelele climatice utilizate descriu un climat „perturbat” pentru perioada 2071-2100. În vederea estimării schimbărilor climatice la nivelul teritoriului României se compară valorile parametrilor climatici rezultați din downscaling-ul GCM-urilor pentru perioada 2071-2100 cu valorile înregistrate pe perioada de referință 1961-1990, pentru o arie ce conține România (20.25°E - 29.75°E , 43.25°N - 48.75°N).

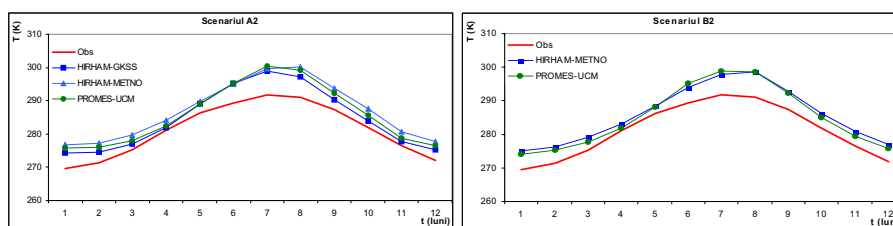


Fig. 1. Evoluția anuală a mediilor lunare spațiale ale temperaturii aerului din România, estimată pentru perioada 2071-2100 și înregistrată (Obs) pe perioada standard 1961-1990

Toate modelele arată pentru România o creștere a temperaturii aerului pentru orizontul 2071-2100, existând însă diferențe în ceea ce privește intensitatea încălzirii. Cele mai moderate schimbări în temperatura aerului sunt date de modelul HIRHAM-GKSS, scenariul A2, creșterile lunare de temperatură fiind cuprinse între 0.9°K în aprilie și 7.1°K în iulie, iar creșterea anuală fiind de 3.3°K . În general, scenariul A2 al modelelor estimează creșteri mai mari de temperatură decât pentru scenariul B2. Temperaturile anuale pentru

scenariul A2 al modelelor prezentate variază între 3.3°K și 5.5°K, în timp ce pentru B2 creșterile sunt între 3.9°K și 4.5°K. Pentru ambele scenarii climatice, modelele păstrează evoluția anuală a valorilor lunare de temperatură (Fig. 1), cu maxime în iulie-august și minime în ianuarie.

Din punct de vedere pluviometric, există diferențe între modele. In cazul ambelor scenarii climatice, modelele estimează reduceri ale cantităților de precipitații pentru perioada de vară (iunie-august), descreșterea ajungând la 91% în luna iulie pentru modelul HIRHAM-GKSS, scenariul A2. Cantitățile anuale de precipitații descresc cu până la 30% și cresc cu până la 15% în cazul scenariilor A2 și variază între -13% și 28% în cazul scenariilor B2. Variația anuală a mediilor lunare de precipitații (Fig. 2) evidențiază maxime anuale în luna martie (perioada standard 1961-1990 având maximum în luna iunie) și un maxim secundar în jurul lunii noiembrie.

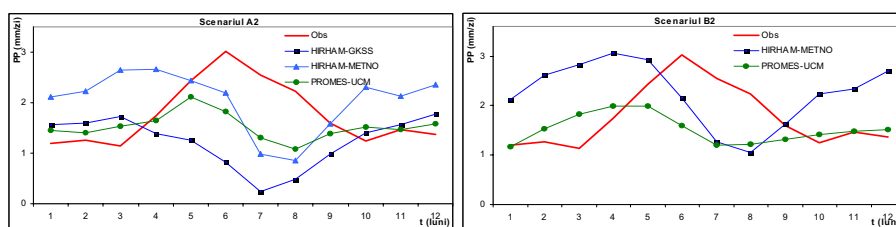


Fig. 2. Evoluția anuală a mediilor lunare spațiale ale precipitațiilor (mm/zi) în România, pentru perioada 2071-2100 și pentru perioada standard 1961-1990 (Obs)

Punctul comun al modelelor pentru scurgerea medie lunară a râurilor, pentru ambele scenarii climatice ale modelelor, este perioada aprilie-august, pentru care este estimată o reducere a scurgerii medii lunare între 39% și 98%. Modelele indică reducerea scurgerii medii anuale cu până la 60% (modelul HIRHAM-GKSS, scenariul A2). Dacă în perioada 1961-1990 scurgerea maximă se înregistrează în luna aprilie, iar cea minimă în septembrie, modelele climatice anticipează pentru perioada 2071-2100 valoarea maximă a scurgerii în lunile ianuarie-aprilie (cu roșu în Tabelul 1), iar pe cea minimă în luna august (cu albastru în același tabel).

Mediile spațiale ale scurgerii medii lichide (mm/zi) pentru România obținute din modelele climatice (scenariile A2 și B2) pentru perioada 2071-2100

		Tabelul 1												
Model	Scenariu	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
HIRHAM-GKSS	A2sn	0.57	0.70	0.75	0.55	0.39	0.26	0.16	0.12	0.16	0.16	0.18	0.30	0.36
HIRHAM-METNO	A2	0.70	0.70	1.01	0.76	0.44	0.23	0.05	0.02	0.03	0.08	0.21	0.37	0.38
HIRHAM-METNO	B2	0.58	1.06	1.21	1.16	0.73	0.34	0.10	0.03	0.07	0.13	0.24	0.58	0.52
PROMES-UCM	A2	0.79	0.88	0.90	0.84	0.72	0.25	0.08	0.04	0.06	0.18	0.36	0.66	0.48
PROMES-UCM	B2	0.52	0.92	1.10	1.19	0.75	0.27	0.06	0.02	0.06	0.15	0.30	0.56	0.49

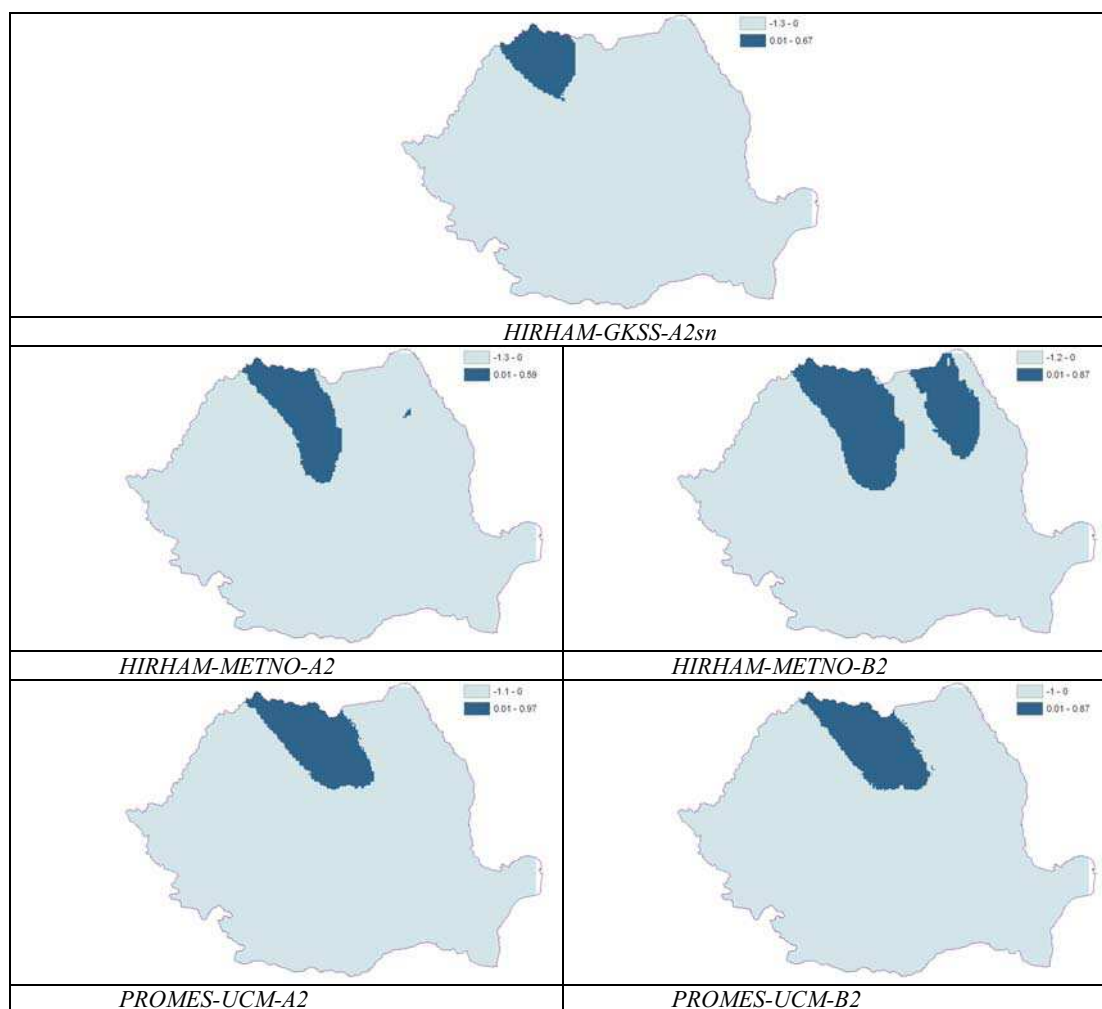


Fig. 3. Anomaliile scurgerii medii multianuale (mm/zi) simulate de modelele climatice pentru perioada 2071-2100, relativ la scurgerea medie înregistrată pe perioada standard (1961-1990)

Pentru fiecare lună în parte s-a realizat comparația configurațiilor distribuției spațiale a mediilor lunare ale scurgerii lichide pentru modelele analizate cu configurațiile respective obținute din datele măsurate. Pentru luna martie, toate modelele simulează reduceri ale scurgerii medii spre sud-estul țării. Cele mai mari reduceri ale scurgerii medii pentru luna martie, pentru mare parte din teritoriul țării, sunt simulate de modelele HIRHAM-GKSS, scenariul A2sn, HIRHAM-METNO, scenariul A2, și PROMES-UCM, scenariul A2. Pentru luna august, toate modelele simulează cele mai mici valori ale scurgerii pentru sud-est, modelul PROMES-UCM estimând valori mici pentru aproape toată țara, cu excepția părții nordice. Comparativ cu perioada de referință, modelele simulează reduceri ale scurgerii lunii august. Scurgerea anuală prezintă cele mai mici valori în sud și est, iar cele mai mari în nord. Relativ la perioada standard, majoritatea modelelor

simulează reduceri ale scurgerii medii multianuale pentru toată țara, cu excepția zonei nordice (Fig. 3).

6. CONCLUZII

În ceea ce privește performanța modelelor, apar diferențe între perioadele și parametrii analizați, care s-ar putea datora diferențelor dintre fizica modelelor.

Toate experimentele schimbărilor climatice prezentate arată același semnal climatic, și anume o creștere a temperaturii aerului pentru toată România, însă intensitatea încălzirii diferă de la un model la altul. Din punct de vedere pluviometric, semnalul climatic este diferit de la un model la altul. Modelele, în cazul ambelor scenarii climatice, estimează reduceri ale cantităților de precipitații pentru perioada de vară (iunie-august).

Modelele estimează o modificare importantă a scurgerii râurilor și o schimbare a hidrografului anual, prin deplasarea debitului mediu lunar maxim de primăvară către începutul anului. Creșterile de temperatură care sunt anticipate și pentru perioada rece a anului, vor contribui la apariția viiturilor din topirea zăpezii, care se vor produce mai devreme și vor fi mai mari, apărând și o desincronizare a lor față de viiturile pluviale.

Există numeroase incertitudini și mulți factori care limitează capacitatea noastră de a prevedea și detecta schimbările climatice, astfel încât rezultatele acestui studiu reprezintă scenarii climatice pentru România. Mai ales în condițiile în care populația României va avea o evoluție descendentă (cu puțin peste 14 milioane locuitori în 2050, conform estimărilor făcute de Academia Română în 2003), iar emisiile de gaze cu efect de seră se vor situa sub limita impusă de protocolul de la Kyoto.

BIBLIOGRAFIE

1. Adler, M.J., Busuioc, A., Ghioca, M., Stefan, S (1999), Atmospheric processes leading to droughty periods in Romania, XXII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Birmingham, UK
2. Balteanu, D, Serban, M (2005), Modificarile globale ale mediului. O evaluare interdisciplinara a incertitudinilor, Editura CNI Coresi
3. Busuioc, A, V. Cuculeanu, P. Tuinea, A. Geicu, C. Simota, Adriana Marica, A. Alexandrescu, N. Patrascanu, V.Al. Stanescu, P. Serban, I. Tecuci, Marinela Simota, C. Corbus (2003), Impactul potential al schimbarilor climatice in Romania, Coordonator: V. Cuculeanu, Ed. ARS DOCENDI, National Comity for Environmental Global Change of the Romanian Academy, ISBN 973-558-125-6 Bucuresti
4. Busuioc, A, Chen, D, Hellstrom, C (2001), Performance of statistical downscaling models in GCM validation and regional climate change estimates; application for swedish precipitation, International Journal of Climatology 21: 557-578
5. Busuioc, A, von Storch, H, Schnur R (1999), Verification of GCM - Generated regional seasonal precipitation for current climate and of statistical downscaling estimates under changing climate conditions, Journal of Climate 12: 258-271
6. Todini, E (2001), Influence of parameter estimation uncertainty in Kriging: Part 1 – Theoretical Development, Hydrology and Earth System Sciences 5 (2):215-223
7. Todini, E (2001), Influence of parameter estimation uncertainty in Kriging: Part 2 – Test and case study applications, Hydrology and Earth System Sciences 5 (2): 225-232