Schimbările climatice și agricultura în România



AUTORI
→ Mihaela Caian
→ Adrian Gheorghe Bășa

INFO Află mai multe despre autori la sfârșitul acestui document.

Cinci numere cheie despre schimbările climatice și agricultura României

-24%
suprafața cultivată cu porumb între 2016 și 2026 (estimare): de la 2,58 la 1,96 milioane de hectare.

+77,2%
suprafața cultivată cu rapiță în aceeași perioadă, până la cel mai ridicat nivel din ultimii zece ani.

până la 50%
poate scădea producția de porumb când apa lipsește între înspicare și coacere.

9–10 mm pe zi
necesarul de apă al porumbului în jurul înfloririi, în zilele foarte călduroase, față de 5–6 mm în mod normal.

peste o lună avans
atât au fost prognozate dinainte valurile de căldură din 2025, ca loc, intensitate și evoluție, prin prognoze sezoniere multi-model.

Trei lucruri centrale din acest capitol

În agricultură, pragurile critice contează mai mult decât mediile
Arșița, deficitul de apă, seceta atmosferică, nopțile tropicale și înghețul pot produce pagube chiar într-un an cu valori medii obișnuite, mai ales când lovesc în faze sensibile precum înflorirea sau umplerea bobului.

Schimbarea climei mută calendarul agricol
Temperaturile mai ridicate schimbă momentul în care culturile ajung în fazele critice, iar alegerea datei de semănat și a hibrizilor devine o decizie de gestionare a riscului.

Adaptarea se poate face informat, nu la noroc
Prognozele sezoniere și sisteme dezvoltate pentru România, precum COPER și PrepClim, permit alegerea soiului, a datei de semănat și a fertilizării înainte de sezon. Miza următorilor ani e ca aceste instrumente să ajungă și la fermele mici.


©Vlad Stănescu

Agricultura, între proiecția climatică și realitatea din câmp

Agricultura este unul dintre sectoarele în care schimbarea climatică nu rămâne o statistică. Ea se vede în momentul în care se intră cu semănătoarea pe câmp, în apa disponibilă în sol atunci când planta are cea mai mare nevoie de ea, în numărul și masa boabelor și, în cele din urmă, în cultura pe care un fermier decide să o însămânțeze în anul următor.

Pentru agricultură, nu contează, însă, doar cât crește temperatura medie sau cât se modifică precipitațiile într-un an. La fel de importante sunt **momentul, intensitatea și succesiunea fenomenelor climatice**. O perioadă fără precipitații are consecințe diferite dacă apare la începutul vegetației sau în timpul înfloririi. Câteva zile de arșiță pot produce pierderi importante dacă se suprapun peste deficitul de apă din sol, iar o cantitate mare de precipitații căzută într-un interval scurt nu compensează neapărat o perioadă îndelungată de secetă. Pentru plante, mediile climatice spun, așadar, doar o parte din poveste.

Această perspectivă devine cu atât mai importantă într-un climat în schimbare. Proiecțiile pentru România indică, pe lângă temperaturi mai ridicate și o accentuare a deficitului de apă în anumite regiuni, și schimbări în distribuția sezonieră a precipitațiilor și în frecvența depășirii unor praguri relevante pentru agricultură. În același timp, calendarul agricol începe să se modifice: încălzirea poate schimba momentul semănatului și al diferitelor faze de dezvoltare a plantelor, modificând, astfel, și perioadele în care culturile sunt expuse secetei, arșiței, precipitațiilor abundente sau înghețului.

Capitolul de față urmărește traseul de la aceste schimbări ale climei până la efectele lor concrete asupra culturilor și, mai departe, asupra deciziilor fermierilor. Analiza folosește patru culturi importante din sudul României – porumb, grâu de toamnă, floarea-soarelui și rapiță – pentru a arăta cum același semnal climatic produce efecte diferite în funcție de specie, faza de vegetație și condițiile din teren.

Dar clima este doar o parte a ecuației. Decizia fermierului se formează la intersecția dintre **ce poate produce terenul într-un climat în schimbare și ce mai este economic viabil să producă**. Pierderile repetate, costurile de producție și necesarul de apă pot schimba raportul dintre risc și rentabilitate și pot modifica structura culturilor. Ceea ce începe ca răspuns la câțiva ani dificili poate deveni, astfel, o transformare mai profundă a agriculturii unei regiuni, cu implicații pentru economia rurală, utilizarea terenurilor și capacitatea sectorului de a se adapta pe termen lung.

Capitolul continuă analiza începută în ediția precedentă a raportului, în sprijinul urgentării acțiunii informate. Modelele climatice și agroclimatice sunt puse în dialog cu rezultatele cercetării experimentale din teren, pentru a răspunde nu doar la întrebarea „ce se va schimba?”, ci și la „cum ajung aceste schimbări să afecteze efectiv cultura?”. Această legătură dintre proiecție și teren permite identificarea mecanismelor prin care stresul climatic se transformă în pierdere de producție și, mai departe, în presiune economică asupra fermei.

În același timp, modelarea numerică oferă posibilitatea de a privi și înainte. Diferite scenarii de management agricol pot fi testate în raport cu condițiile climatice proiectate, de la modificarea momentului semănatului până la alte intervenții de adaptare. Astfel, fermierul poate deveni, din simplu destinatar al unei prognoze, **participant la construirea scenariilor relevante** pentru propria exploatație, pornind de la condițiile și riscurile specifice regiunii sale.

Întrebarea centrală a capitolului nu este, prin urmare, doar cum va afecta schimbarea climatică agricultura României, ci cum se transformă agricultura atunci când clima, biologia plantelor și deciziile (agro-)economice încep să se schimbe simultan. Răspunsul este important nu doar pentru producția unui anumit an, ci pentru felul în care va arăta agricultura românească în deceniile următoare.



Clima care contează pentru agricultură

Înainte de a vorbi despre culturi, merită așezat contextul: ce s-a schimbat deja în regimul termic și pluviometric al României, ce arată proiecțiile și, poate cel mai important pentru un fermier, cât din toate acestea se poate prognoza dinainte.

Evoluția și schimbările regimului precipitațiilor

Analiza precipitațiilor din perioada 1958-2024 arată că schimbările nu sunt uniforme nici în timp, nici între anotimpuri. La nivel anual, tendințele diferă între regiuni și sunt puternic influențate de variabilitatea mare de la un an la altul. Diferențele devin, însă, mai clare la nivel sezonier. Cea mai pronunțată tendință de scădere a precipitațiilor apare vara, este extinsă pe cea mai mare parte a țării și este deosebit de accentuată în nord și nord-est. Primăvara și iarna prezintă tendințe mai moderate și mai eterogene spațial. În schimb, toamna se remarcă printr-o tendință predominantă de creștere a cantităților de precipitații, cele mai mari excedente fiind înregistrate în interiorul arcului carpatic. Diferențele regionale sunt influențate în mare măsură de configurația Munților Carpați. Privite împreună, aceste evoluții indică nu doar modificări ale cantității de precipitații, ci și o schimbare a distribuției lor sezoniere, datorate schimbărilor în circulația atmosferică la scară mare.

Extremele istorice dau măsura acestor tendințe. Cel mai umed sezon de iarnă a fost cel din 1970, cu 200,5 mm de precipitații, urmat de iarna din 2010, cu 187,1 mm; cea mai uscată iarnă a fost în 2002, cu doar 60 mm, urmată de 1974, cu 62,4 mm. Vara, cea mai ploioasă de la 1958 încoace a fost cea din 1969, cu 348,8 mm, iar cea mai secetoasă a fost în 2000, cu doar 129,1 mm. Toamna, excedentul cel mai mare din cei 67 de ani ajunge la aproximativ 50 mm acumulați în intervalul septembrie-noiembrie.

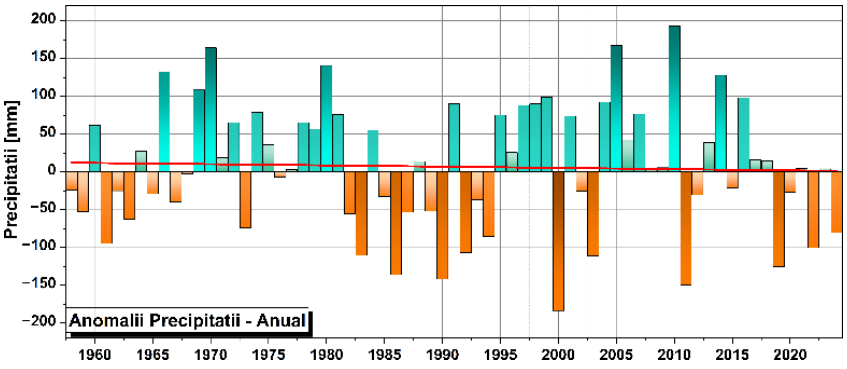


Fig.1.a.

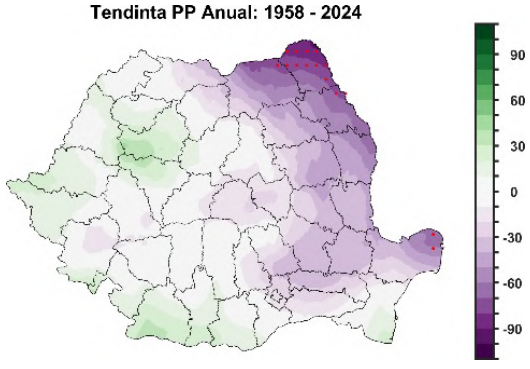


Fig.1.b.

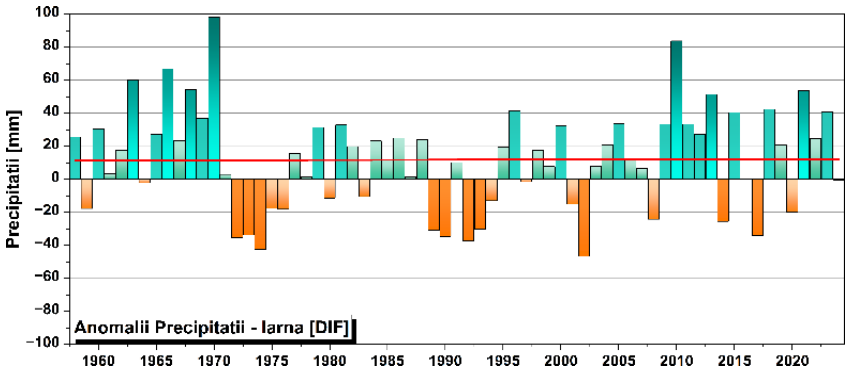


Fig.1.c.

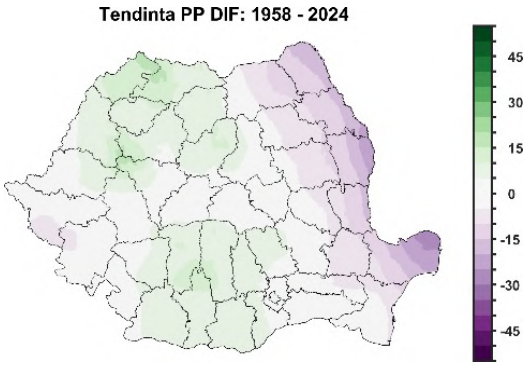


Fig.1.d.

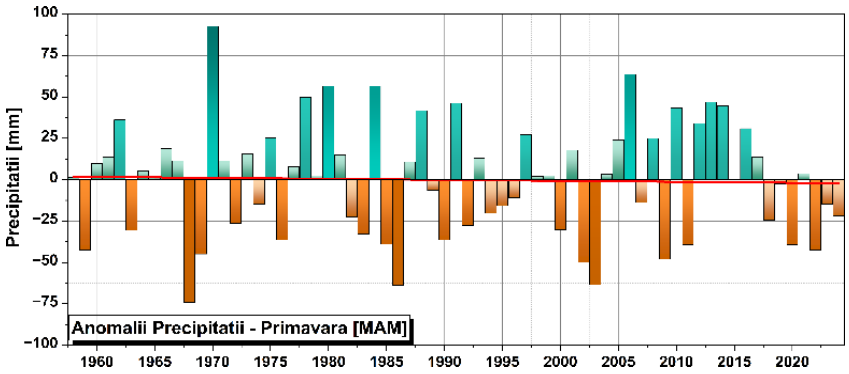


Fig.1.e.

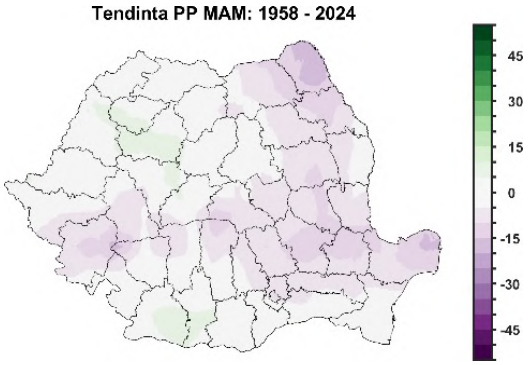


Fig.1.f.

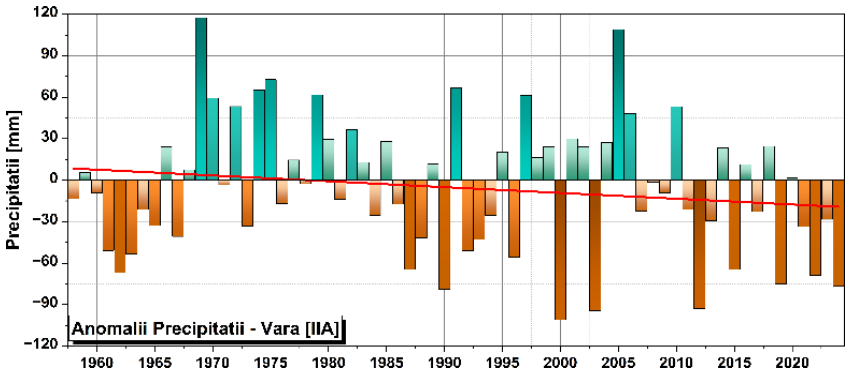


Fig.1.g.

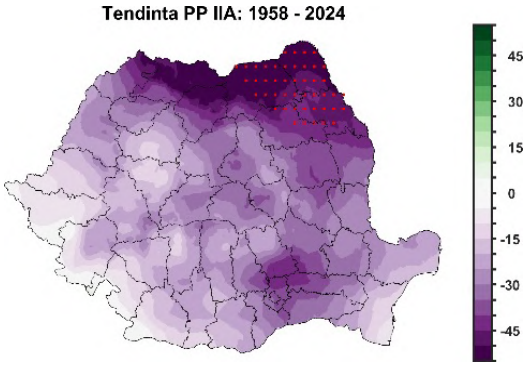


Fig.1.h.

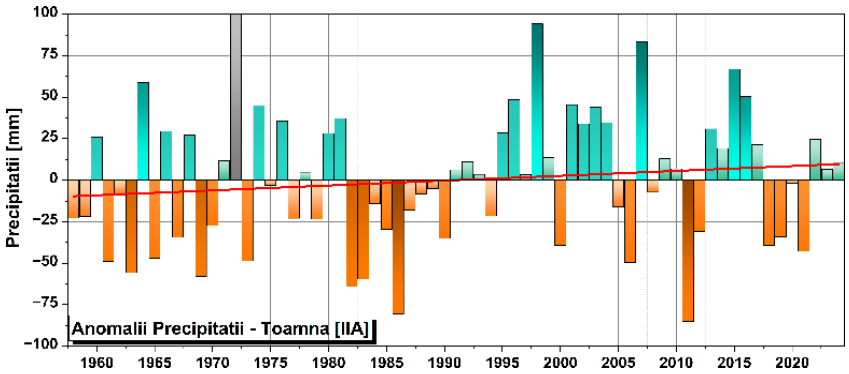


Fig.1.i.

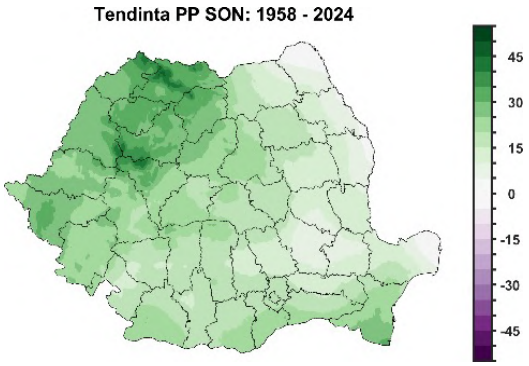
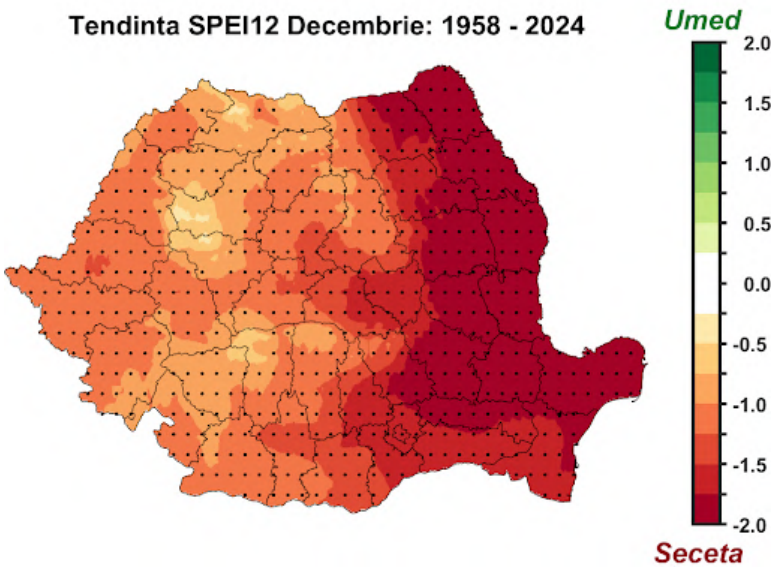


Fig.1.j.

Figura 1. Evoluția și tendințele cantităților de precipitații în România în perioada 1958-2024. (a) Evoluția temporală a anomaliilor cantităților medii anuale de precipitații, mediate la nivelul României, și tendința liniară corespunzătoare (linia roșie); (b) distribuția spațială a tendinței liniare a cantităților anuale de precipitații; (c-d) aceeași analiză pentru iarnă (DIF); (e-f) pentru primăvară (MAM); (g-h) pentru vară (IIA); (i-j) pentru toamnă (SON). În hărțile tendințelor spațiale, nuanțele de verde indică tendințe de creștere a precipitațiilor, iar nuanțele de violet tendințe de scădere. În panourile (b), (d), (f) și (h), zonele hașurate indică tendințe semnificative statistic la nivelul de semnificație de 99%. Sursa datelor: TerraClim, raportul Starea Climei 2025.

Evoluția indicelui SPEI12 în perioada 1958-2024 indică o tendință generalizată către condiții mai secetoase pe teritoriul României. Tendința este mai accentuată în estul și sud-estul țării și mai moderată în vest și în unele regiuni din centrul țării. Pe suprafețe extinse, tendința de scădere a SPEI12 este semnificativă statistic, ceea ce indică o accentuare pe termen lung a condițiilor favorabile apariției secetei.



Proiecțiile climatice pe termen mediu păstrează acest tablou general, dar indică o accentuare a diferențelor dintre anotimpuri. Cele mai recente proiecții (CMIP6) estimează cantități de precipitații ușor mai ridicate decât generația anterioară de modele (CMIP5), pentru scenarii comparabile cu RCP4.5 și RCP8.5. Creșterea nu este, însă, uniformă de-a lungul anului: contrastul dintre iarnă și vară se accentuează, în timp ce regiunile în care sunt proiectate principalele schimbări rămân, în mare parte, aceleași.

Figura 2. Tendința indicelui SPEI12 în România, în perioada 1958-2024. Harta prezintă tendința liniară a SPEI12 calculat pentru luna decembrie, care integrează anomaliile de precipitații și efectul temperaturii asupra bilanțului hidric acumulate pe parcursul întregului an. Valorile negative indică o tendință către condiții mai secetoase, iar valorile pozitive o tendință către condiții mai umede. Zonele hașurate indică tendințe semnificative statistic, la un nivel de încredere de 99%. Unitate: scoruri z/67 ani. Sursa datelor: TerraClim, raportul Starea Climei 2025.

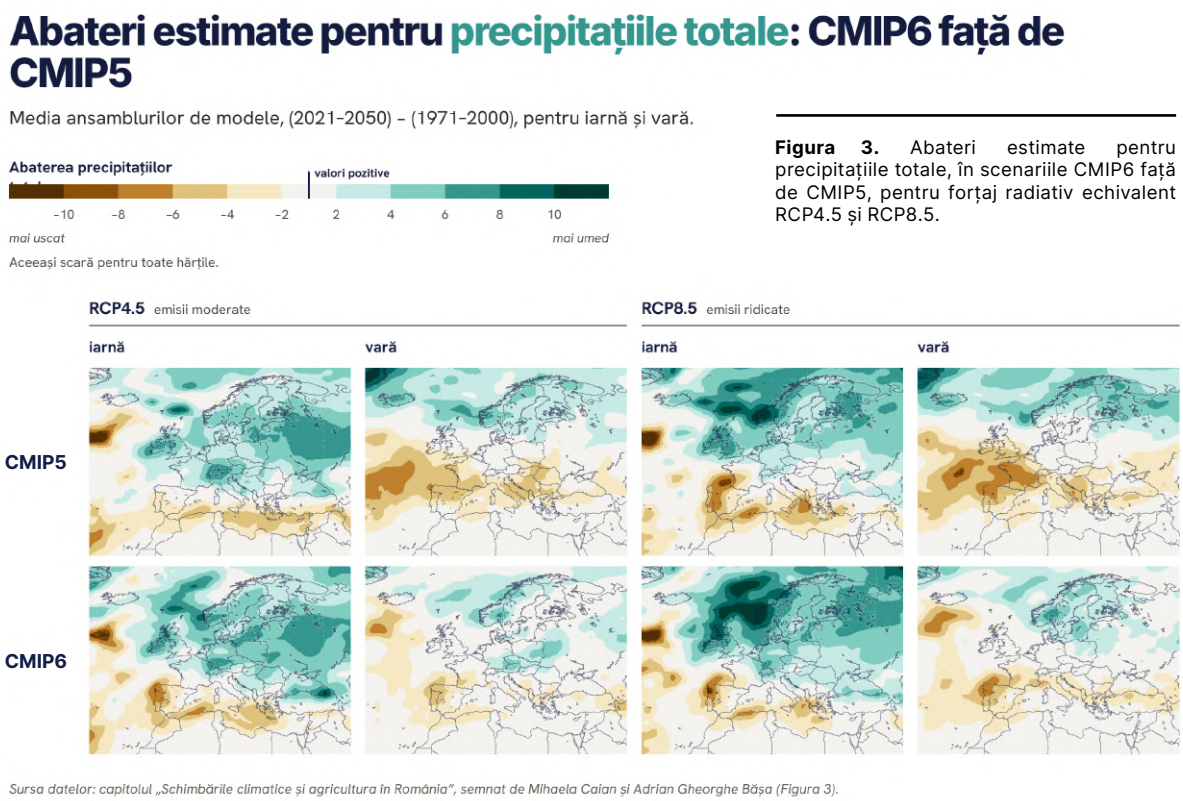


Figura 3. Abateri estimate pentru precipitațiile totale, în scenariile CMIP6 față de CMIP5, pentru forțaj radiativ echivalent RCP4.5 și RCP8.5.

Sursa datelor: capitolul „Schimbările climatice și agricultura în România", semnat de Mihaela Caian și Adrian Gheorghe Bășa (Figura 3).

Seceta: ce s-a schimbat deja

Dacă precipitațiile spun cât plouă, indicii de secetă spun cât de des și cât de mult lipsește apa. Aici schimbarea e cea mai vizibilă. Intensificarea secetei meteorologice din ultimele decenii se observă atât în estul țării – Moldova și Dobrogea – cât și în sud, în Oltenia și Muntenia. Indicele de secetă crește în general, cu excepția toamnei, iar în sud-estul României creșterea este însoțită de un shift sezonier, cu impact maxim în iunie și august în sudul țării și în august în est.

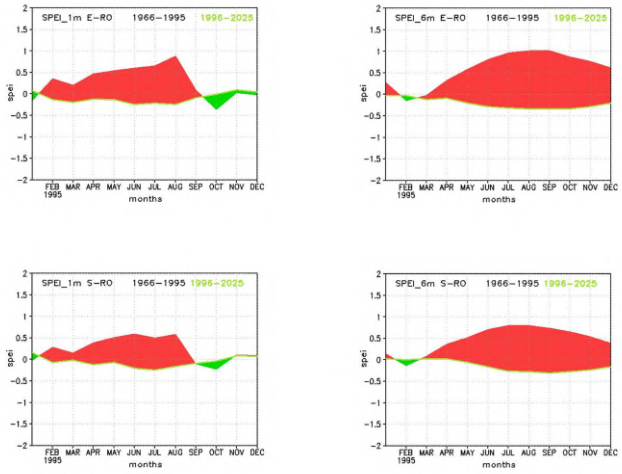


Figura 4. Intensificarea secetei meteorologice în ultimele decenii în România: Indicele SPEI lunar : Est – Moldova și Dobrogea (sus) și Sud – Oltenia și Muntenia (jos), calculat din date Copernicus pentru deceniile 1966-1995 (negru) versus 1996-2025 (verde). Figura arată creșterea indicelui de secetă SPEI în ultimele decenii, maxima în august, urmată de toamne mai umede în deceniile recente.

Nu doar intensitatea a crescut, ci și frecvența. Episoadele de secetă din lunile de primăvară și vară au devenit semnificativ mai numeroase și mai lungi, iar după 2000 apar în România episoade de secetă persistentă frecventă.

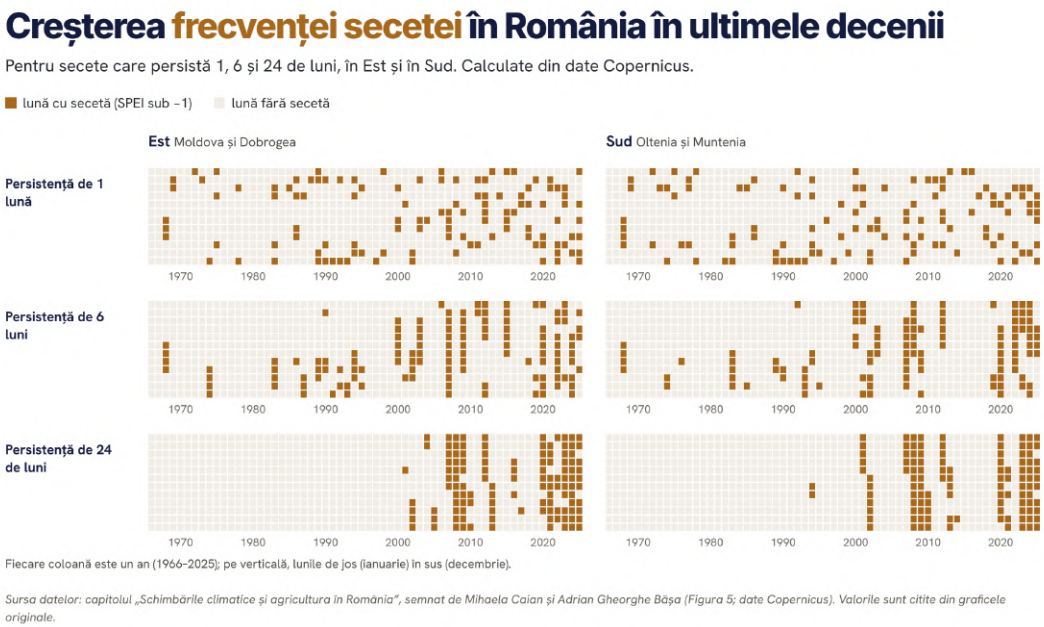


Figura 5. Creșterea frecvenței secetei în România în ultimele decenii, pentru persistențe de 1-24 de luni, pentru Est și Sud. Calculate din date Copernicus.

În paralel, s-a extins și suprafața afectată. Creșterea este vizibilă îndeosebi în ultimii ani, cu o extindere semnificativă a regiunilor afectate de secetă persistentă în sud-estul României.

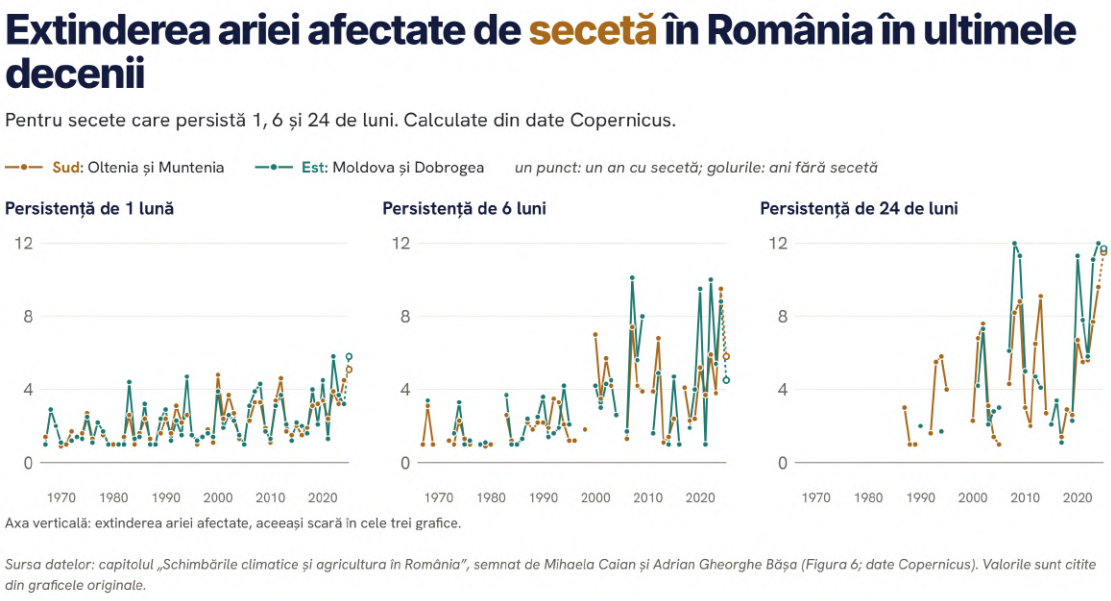


Figura 6. Extinderea ariei afectate de secetă în România în ultimele decenii, pentru persistențe de 1-24 de luni. Calculate din date Copernicus.

Imaginea devine și mai clară atunci când ne uităm la episoadele severe și extreme de secetă. Indicatorii bazați pe SPEI – care definesc seceta severă și extremă prin depășirea unor praguri de 1,5, respectiv 1,75 deviații standard – arată că, după anul 2000, aceste episoade severe au devenit mai frecvente, indiferent de durata lor. În același timp, a crescut și intensitatea lor, mai ales în cazul secetelor extreme. **Cu alte cuvinte, secetele severe nu doar că apar mai des, ci tind să fie și mai intense.**

O altă schimbare importantă este alternanța rapidă între extreme opuse: episoade de secetă extremă pot fi urmate, într-un interval scurt, de precipitații mult peste normal. După anul 2000, astfel de oscilații sub-lunare apar atât în estul, cât și în sudul României. **Pentru agricultură, problema nu este, așadar, doar disponibilitatea redusă a apei, ci și distribuția ei tot mai neregulată în timp:** perioadele cu deficit de apă pot alterna rapid cu episode de precipitații abundente.

Aridizarea proiectată și apa din sol

Ce s-a observat până acum continuă în proiecții. Anomaliile estimate ale indicelui de ariditate Martonne arată că, exceptând unele regiuni izolate, în orizontul apropiat, întreaga regiune este afectată de un proces de aridizare față de perioada de referință 1971-2000, în ambele scenarii climatice, dar mai ales în RCP8.5.

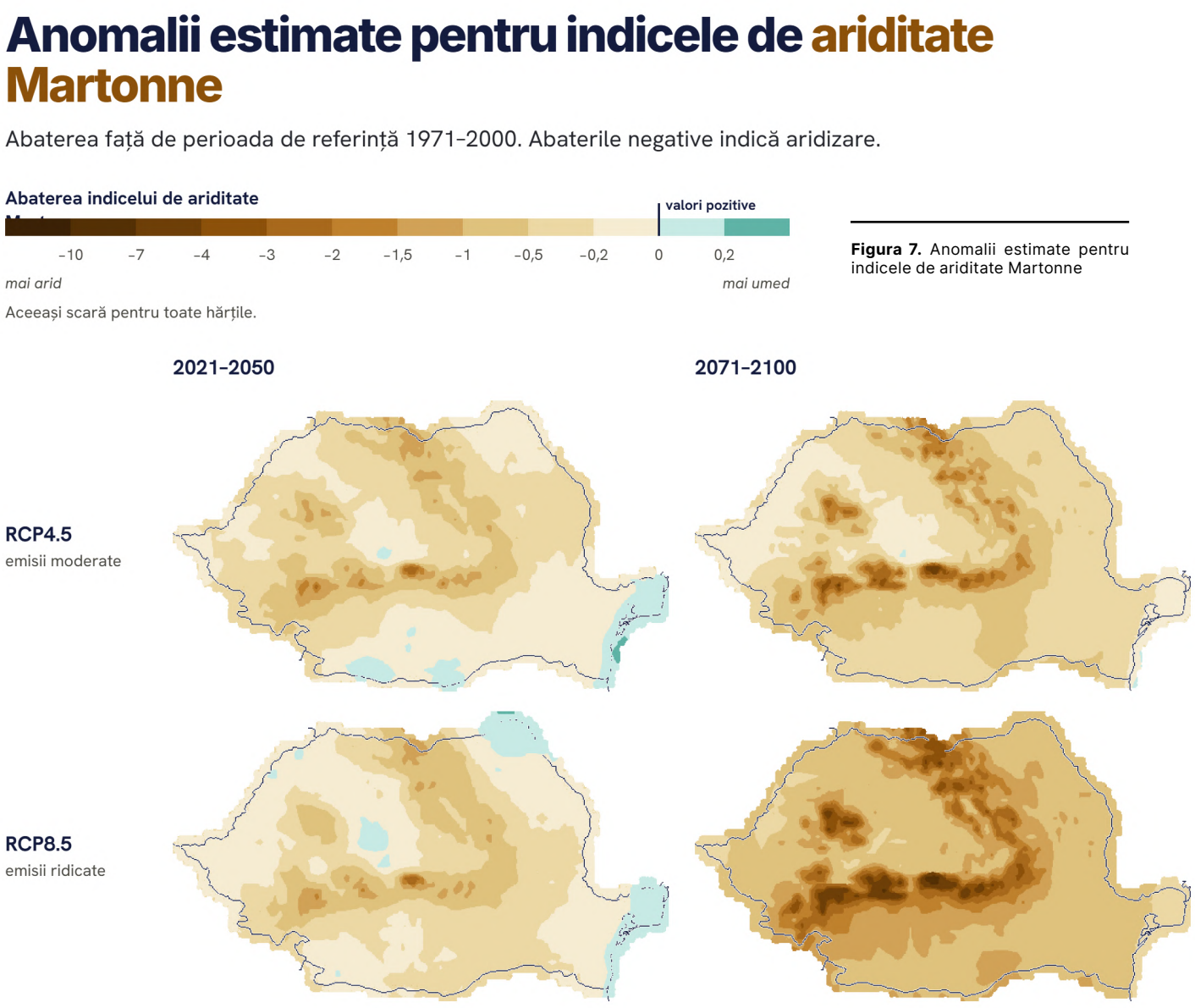


Figura 7. Anomalii estimate pentru indicele de ariditate Martonne

Sursa datelor: capitolul „Schimbările climatice și agricultura în România", semnat de Mihaela Caian și Adrian Gheorghe Bășa (Figura 7).

Aridizarea atmosferică se reflectă și în disponibilitatea apei din sol, cu efecte directe asupra plantelor. Proiecțiile indică un deficit de apă în sol în special în estul și sudul României, inclusiv la nivelul mediei anuale. În timp, atât suprafața afectată, cât și intensitatea deficitului sunt proiectate să crească în ambele scenarii climatice, mai accentuat în cazul RCP8.5.

Anomalii estimate pentru deficitul de apă din sol la nivelul României

Anomalii față de intervalul de referință 1971–2000. Valorile negative indică mai puțină apă în sol.

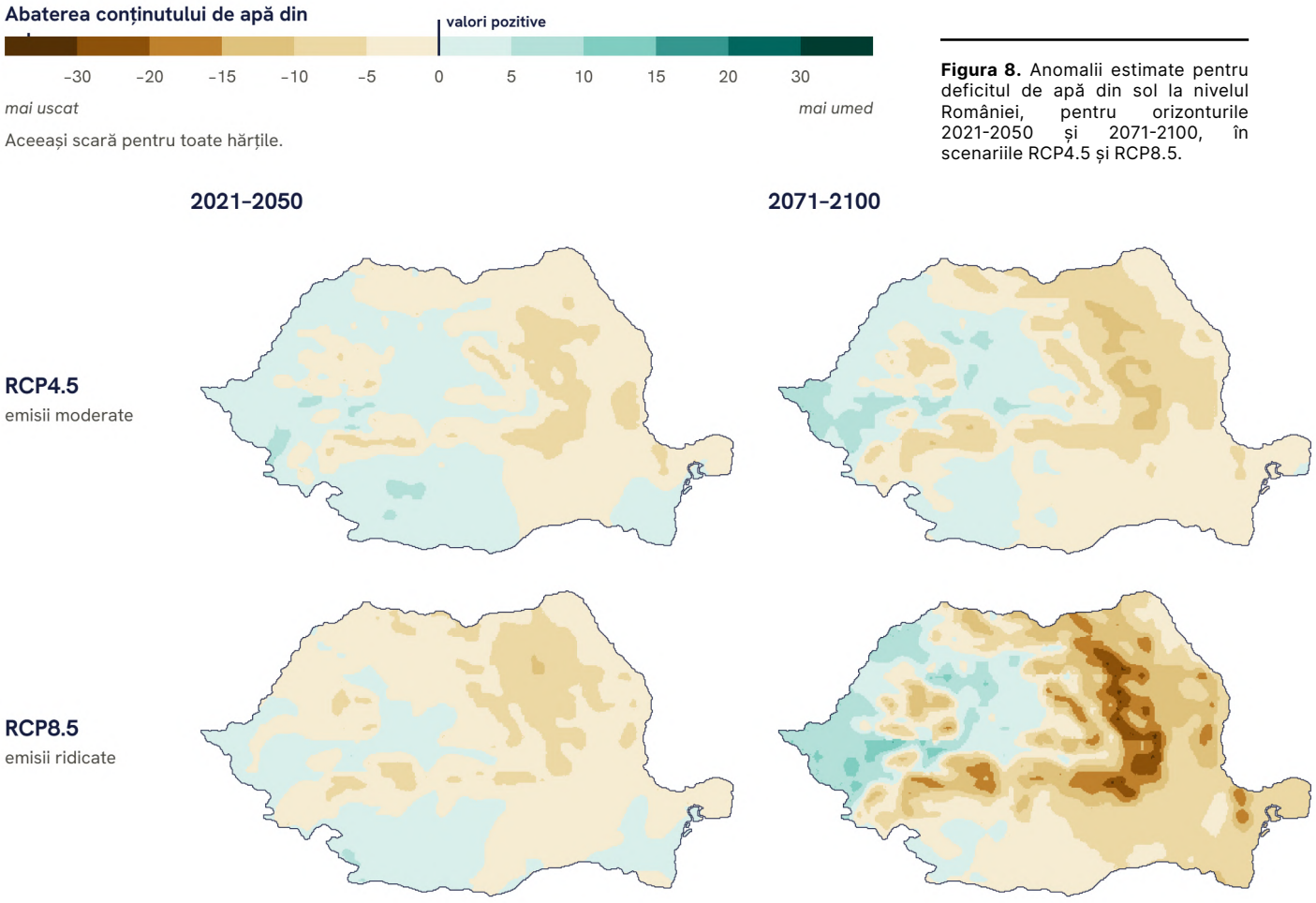


Figura 8. Anomalii estimate pentru deficitul de apă din sol la nivelul României, pentru orizonturile 2021-2050 și 2071-2100, în scenariile RCP4.5 și RCP8.5.

Sursa datelor: capitolul „Schimbările climatice și agricultura în România", semnat de Mihaela Caian și Adrian Gheorghe Bășa (Figura 8).

Extremele care lovesc în fazele critice

Mediile ascund tocmai ceea ce contează pentru o cultură: zilele în care sunt depășite anumite praguri critice. Trei astfel de praguri sunt urmărite aici **– ploaia torențială, arșița și înghețul sever**.

Precipitațiile

Indicele R10, care măsoară numărul zilelor cu precipitații de peste 10 mm, arată o schimbare a distribuției precipitațiilor pe parcursul lunii aprilie. Pentru sfârșitul aceleiași luni, analiza pe decade, pentru sudul țării, indică o creștere a precipitațiilor abundente, vizibilă deja în climatul actual și mai accentuată în proiecțiile climatice.

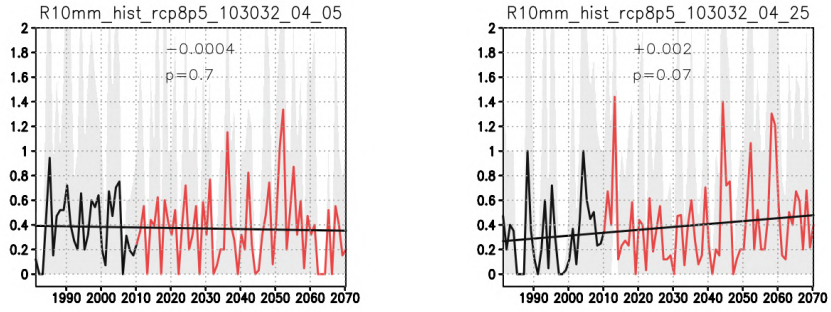


Figura 9. Indicele R10: numărul de zile cu precipitații peste 10 mm/zi, media pe decadă, pentru prima și ultima decadă a lunii aprilie (analizat pentru sudul țării).

Pentru precipitațiile abundente, indicele R20 – care măsoară numărul zilelor cu peste 20 mm de precipitații – indică o creștere a frecvenței acestor episoade, mai ales în zonele montane și în sudul țării. Tendința apare în ambele scenarii climatice, dar este mai pronunțată în RCP8.5 și se accentuează după 2040. Proiecțiile indică, în medie, creșteri de până la 1,6 zile într-un interval de zece zile la câmpie și de peste 2,5 zile la munte. Cele mai expuse regiuni sunt Banatul, Maramureșul, zonele montane și sudul țării.

Această evoluție are loc în paralel cu o scădere a cantității totale de precipitații, mai ales în jumătatea sudică a țării și mai accentuat după 2040. Cu alte cuvinte, **mai puține precipitații în total nu înseamnă neapărat mai puține ploi abundente:** apa poate cădea mai rar, dar mai concentrat în episoade intense.

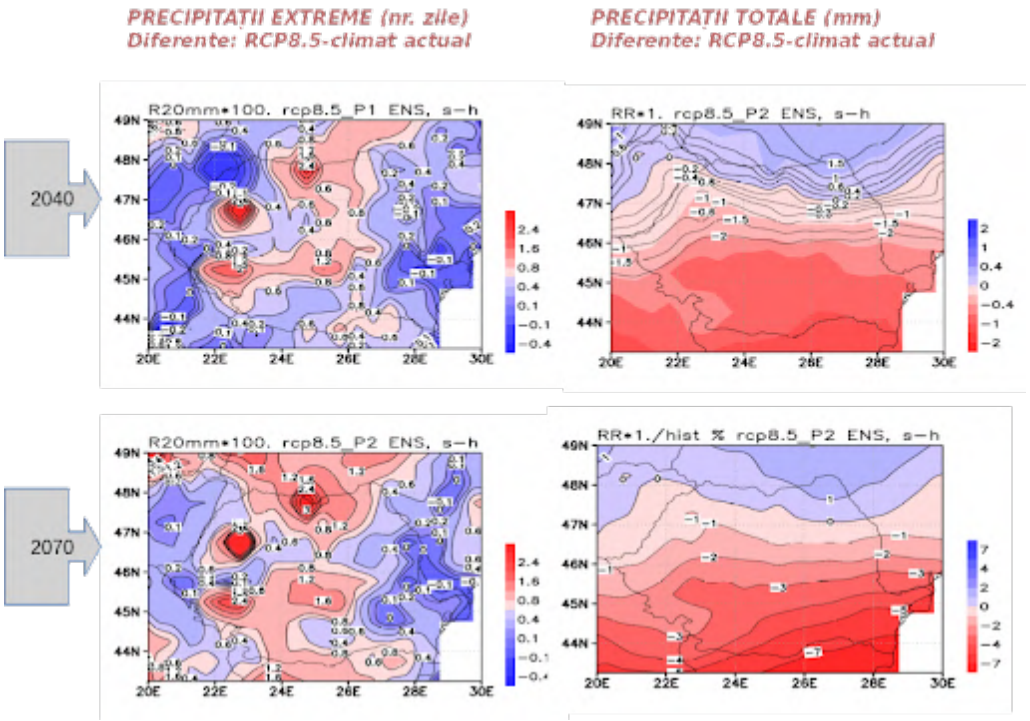


Figura 10. (stanga): abateri în numărul zilelor cu precipitații de peste 20 mm/zi (Indicele R20) dintr-un interval de zece zile, medie pe 30 de ani, multi-model, RCP8.5 (orizont 2040 sus și 2070 jos); (dreapta): abateri în precipitațiile totale pentru RCP8.5, orizont 2070: valori absolute (sus) și procente (jos).

Arșița

Arșița este urmărită prin indicele H32, în două forme: numărul de grade acumulate în zilele în care temperatura maximă depășește 32°C, în iunie-august, și numărul acestor zile. Notăm creșteri semnificative proiectate pentru ambii parametri, îndeosebi în sudul și sud-estul țării, creșteri care se amplifică în timp și sunt mai mari în RCP8.5 decât în RCP4.5.

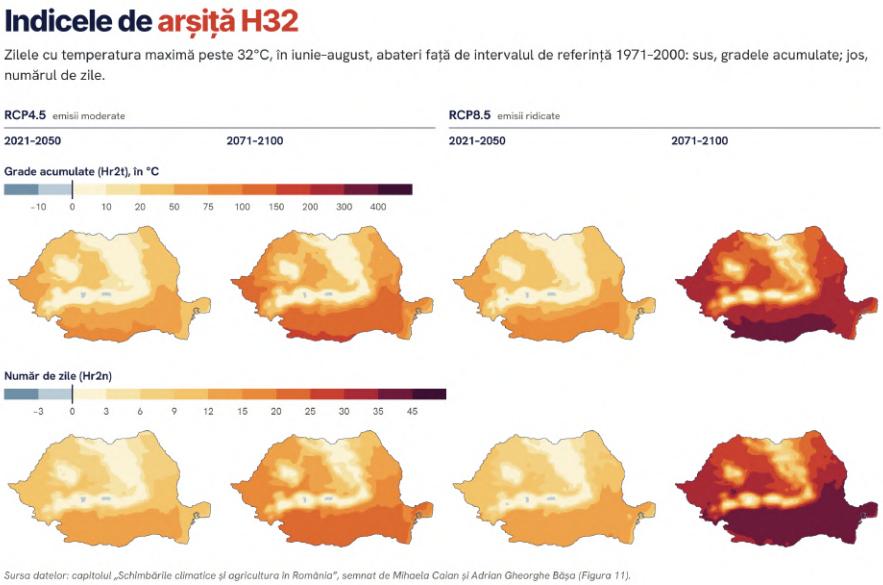


Figura 11. Indicele de arșiță H32

Înghețul

La celălalt capăt al termometrului, indicele de îngheț sever de iarnă (WSF) numără gradele negative acumulate în zilele în care temperatura minimă coboară sub -10°C, în decembrie-februarie, și numărul acestor zile. *Reținem că minimele severe nu dispar într-un climat mai cald – un punct la care revenim în secțiunea următoare.*

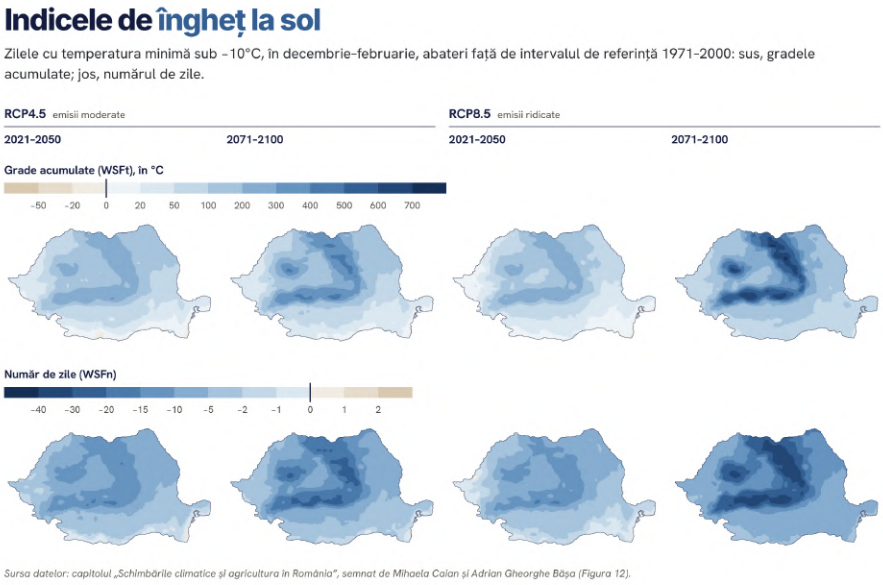


Figura 12. Indicele de îngheț sever de iarnă WSF

Privite împreună, aceste schimbări arată că riscul climatic pentru agricultură nu vine dintr-o singură direcție. Deficitul de apă și aridizarea se accentuează, dar pot alterna cu episoade de precipitații abundente, în timp ce depășirea unor praguri critice devine tot mai relevantă pentru culturi. Contează, așadar, nu doar câtă apă este disponibilă într-un an, ci și **când cade, cât de concentrat cade și în ce condiții de temperatură**. Pentru agricultură, această combinație înseamnă o expunere mai mare la extreme și o disponibilitate mai puțin favorabilă a apei exact în momentele importante pentru dezvoltarea culturilor.

Cât se poate prognoza dinainte

Până aici, tabloul e al unui risc care crește. Partea care schimbă practic ceva pentru un fermier e alta: o parte din acest risc se poate anticipa.

Predicția pe termen decenal, construită dintr-un ansamblu de șase modele pentru România cu orizont 2034, oferă estimări ale răspunsului mediu decenal, nu pentru un moment fix în timp. Prognoza bazată pe ansamblul de simulări inițializate între 2020 și 2022 a surprins corect evenimentul El Niño din 2023-2024 și impactul ulterior asupra creșterii temperaturii în 2024. În plus, indică un nou El Niño sugerat de creșterea temperaturii spre un maxim local în 2027. Se observă că minime severe pot încă să apară chiar într-un climat mai cald. Pentru precipitații, tendința totalurilor acumulate este negativă, cu minime extreme – ani secetoși fără precedent – posibile după 2030, cu perioade de precipitații reduse care se pot extinde.

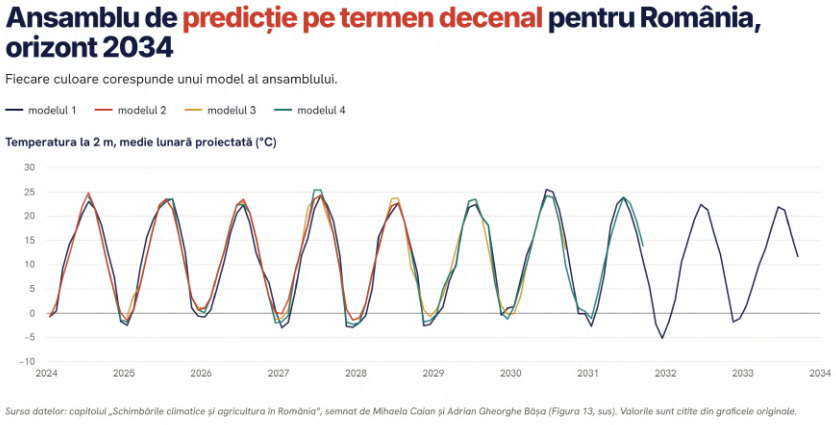
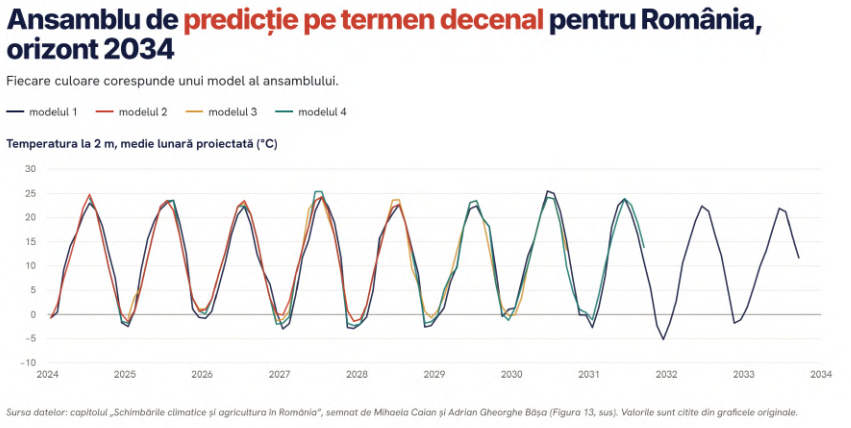


Figura 13. Ansamblu de predicție pe termen decenal (șase modele) pentru România, orizont 2034: temperatura la 2 m, medie lunară proiectată. Culorile corespund modelelor analizate.

Figura 14. La fel ca in Fig.13, pentru abateri ale precipitațiilor acumulate.

La scară sezonieră, capacitatea de anticipare crește. Pentru valurile de căldură din 2025, un an de excepție, comparația dintre prognoza sezonieră și evoluția în timp real arată că potențialul apariției evenimentelor a fost bine prognozat cu mai mult de o lună anticipație, ca localizare specifică, intensitate crescută și propagare spațio-temporală, prin prognoze sezoniere multi-model (ansambluri de 51 de simulări).



O lună de anticipație pentru potențialul apariției valurilor de căldură nu schimbă clima, dar poate schimba o decizie de irigare, un tratament sau o dată de recoltare. Este exact premisa sistemelor discutate în secțiunea 5.



Cum răspund culturile la stresul climatic

Cinci praguri care contează

În agrometeorologie, mediile spun doar o parte din poveste. Pentru culturi, decisive sunt adesea momentele în care temperatura, apa din sol sau umiditatea aerului depășesc anumite praguri critice. Cinci astfel de praguri sunt deosebit de importante pentru înțelegerea pierderilor agricole: arșița, deficitul de apă din sol, seceta atmosferică, nopțile tropicale și înghețul.

Arșița: peste 35°C

Arșița este evaluată prin raportare la o temperatură maximă zilnică de 35°C. Depășirea acestui prag poate perturba funcționarea fiziologică a culturilor de grâu și porumb, în special în lunile iunie, iulie și august. Intensitatea fenomenului este măsurată prin însumarea diferențelor dintre temperaturile maxime zilnice și pragul de 35°C, iar durata prin numărul de zile în care acesta este atins sau depășit.

La nivelul plantei, temperaturile ridicate accelerează dezvoltarea și scurtează fazele de creștere. Ele pot modifica viteza reacțiilor chimice și, în condiții severe, pot provoca denaturarea proteinelor, deteriorarea membranelor și inactivarea enzimelor din cloroplaste și mitocondrii. Dacă stresul este moderat și de scurtă durată, inhibarea fotosintezei poate fi reversibilă; dacă devine sever sau persistent, leziunile țesuturilor pot deveni permanente.

Deficitul de apă din sol: contează mai ales când apare

Deficitul de apă din sol poate afecta plantele pe întreaga perioadă de vegetație, dar efectele sunt mai severe atunci când coincide cu fazele în care necesarul de apă este ridicat: înpăierea și înspicarea la cerealele de toamnă, apariția inflorescențelor și formarea bobului la porumb sau perioada dinaintea formării calatidiului la floarea-soarelui. Germinarea este, de asemenea, o etapă critică pentru majoritatea culturilor.

Atunci când umiditatea atmosferică este scăzută, transpirația se intensifică și consumul de apă al plantei crește. Dacă aceste pierderi nu pot fi compensate prin apa absorbită din sol, celulele se deshidratează, plantele se ofilesc, iar producția scade. În situații severe, ofilirea poate deveni ireversibilă și cultura poate fi compromisă.

Seceta atmosferică: umiditate relativă de cel mult 30%

Pentru grâu și porumb, seceta atmosferică este identificată printr-o umiditate relativă a aerului de **cel mult 30% în perioada mai-august**. Indicatorul permite separarea stresului produs de uscăciunea aerului de deficitul propriu-zis de apă din sol, chiar dacă cele două fenomene apar frecvent simultan.

Distincția este importantă: o plantă poate fi supusă unui stres atmosferic puternic chiar înainte ca rezerva de apă din sol să atingă niveluri critice, deoarece aerul foarte uscat intensifică pierderile de apă prin transpirație.

Nopțile tropicale: temperatura nu scade sub 20°C

Pentru porumb și floarea-soarelui, nopțile tropicale sunt definite prin temperaturi minime de **cel puțin 20°C**. Importanța lor nu ține doar de temperatura nocturnă în sine, ci de faptul că limitează capacitatea plantei de a se reface după stresul termic acumulat în timpul zilei.

Temperaturile nocturne ridicate împiedică reducerea normală a respirației și favorizează consumarea substanțelor deja asimilate de plantă. Repetarea acestor nopți poate astfel perturba procesele vegetative normale, mai ales atunci când se suprapune peste perioade cu arșiță în timpul zilei.

Înghețul: sub 0°C, dar efectul depinde de context

Înghețul apare atunci când temperatura aerului și cea de la suprafața solului scad **sub 0°C**. Efectele asupra culturilor nu depind însă numai de temperatura minimă. Contează și grosimea stratului de zăpadă, adâncimea de îngheț și umiditatea solului, înălțimea covorului vegetal și particularitățile locale ale terenului.

Pagubele sunt mai mari atunci când înghețul se produce simultan în aer și în sol, este însoțit de brumă, apare mai devreme toamna sau mai târziu primăvara ori persistă mai mult de cinci-șase ore consecutive.

La **grâul de toamnă**, rezistența depinde de gradul de înfrățire și de călirea realizată în perioada septembrie-decembrie, precum și de protejarea nodului de înfrățire. Gerurile severe pot distruge acest nod, iar alternanțele îngheț-dezgheț de la sfârșitul iernii pot duce la ruperea rădăcinilor.

La **rapița de toamnă**, rezistența depinde de formarea înainte de iarnă a unei rozete de șase-opt frunze, de diametrul coletului și de dezvoltarea rădăcinii. Cultura este mai puțin rezistentă la iernare decât cerealele de toamnă, iar riscul reapare după reluarea vegetației și devine deosebit de ridicat în timpul îmbobocirii și înfloririi din aprilie.



Calendarul agricol se deplasează

Pragurile climatice nu acționează independent de calendarul culturilor. Pe măsură ce temperaturile se schimbă, se modifică și momentul în care plantele ajung în diferitele faze de dezvoltare și, odată cu acesta, expunerea lor la secetă, arșiță sau îngheț.

Proiecțiile climatice multi-model indică o creștere semnificativă statistic a temperaturii maxime diurne în aprilie, în toate cele trei decade ale lunii, cu o creștere mai rapidă în prima decadă. Această evoluție poate modifica calendarul fazelor fenologice și, implicit, riscurile asociate diferitelor etape de dezvoltare și alegerea datei optime de semănat.

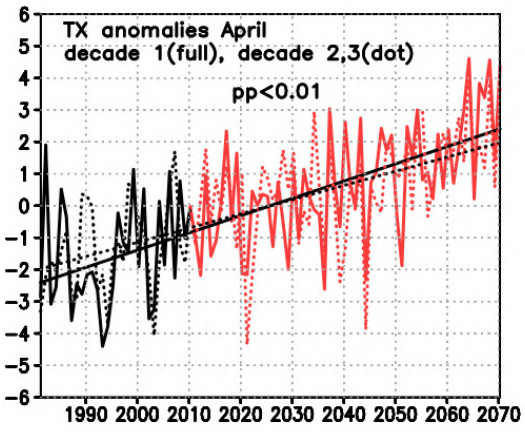


Figura 15. Tendința de creștere a temperaturii maxime diurne (TX), semnificativă statistic, în proiecții climatice multi-model pentru aprilie, pe cele trei decade (exemplu pentru sudul țării).

Efectele concrete diferă de la o cultură la alta

Porumb: semănatul se mută, dar perioada critică rămâne vara

Pentru porumb, aprilie este perioada de înființare a culturii. Semănatul poate începe atunci când temperatura solului la adâncimea de 10 cm, măsurată la ora 7:00, ajunge la **8°C timp de trei zile consecutive**, în condițiile unei vremi în curs de încălzire. Pentru hibrizii cu o temperatură minimă de germinație de 6°C, pragul poate coborî la această valoare.

Rezerva de apă din stratul superficial al solului condiționează germinarea, răsărirea și începutul dezvoltării vegetative. Temperaturile scăzute ale solului pot afecta germinarea, mai ales în sistemele în care solul se încălzește mai lent primăvara.

Perioada cu cel mai mare necesar de apă este însă iulie-august, când au loc înflorirea și fructificarea. În apropierea înfloririi și a fecundării, necesarul zilnic de apă este de aproximativ 5-6 mm și poate ajunge la 9-10 mm în zilele foarte călduroase, cu radiație solară intensă.

Arșița poate usca țesuturile mătăsii și reduce capacitatea fotosintetică a frunzelor. În fazele reproductive timpurii, stresul termic reduce producerea polenului și rata polenizării și poate diminua dimensiunea și masa boabelor. Rezultatul poate fi formarea unor știuleți mai mici, cu boabe mai puține și mai ușoare.

Grâul de toamnă: între seceta de la semănat și stresul din perioada de formare a bobului

Pentru grâul de toamnă, **septembrie și octombrie sunt lunile de înființare**, iar rezerva de apă din stratul de 0-20 cm al solului este determinantă pentru germinare și răsărire.

Pentru a rezista iernii, plantele trebuie să vegeteze toamna aproximativ 40-50 de zile și să acumuleze 450-550°C temperaturi biologic active, astfel încât să formeze 2-3 frați și 4-5 frunze. În acest stadiu, rezistența la condițiile nefavorabile din sezonul rece este maximă, ajungând la aproximativ **-18 până la -20°C la nivelul nodului de înfrățire**.

Momentul semănatului este, de aceea, esențial. Semănatul prea târziu poate face ca plantele să intre în iarnă neînfrățite și necălite, cu pierderi de densitate. Semănatul excesiv de timpuriu poate produce, dimpotrivă, o dezvoltare exagerată și o sensibilitate mai mare la ger și la stratul gros de zăpadă.

În timpul iernii, gerurile din decembrie-februarie, cu temperaturi minime sub -25°C, pot distruge nodul de înfrățire. Spre sfârșitul iernii apare un alt pericol: alternanțele repetate dintre temperaturile negative și cele pozitive. Înghețarea apei mărește volumul solului și ridică stratul superficial împreună cu plantele, iar dezghețarea poate rupe rădăcinile și dezgoli nodul de înfrățire. Este fenomenul de **„descălțare”**, mai frecvent pe solurile grele, bogate în argilă.

O a doua perioadă critică apare în mai-iunie, când înspicarea, înflorirea și umplerea bobului coincid cu necesarul maxim de apă. În timpul umplerii bobului, temperaturile de aproximativ 20°C favorizează acumularea substanțelor de rezervă. Temperaturile ridicate asociate cu seceta atmosferică pot opri dezvoltarea bobului, care se încrețește și își pierde din masă – fenomen cunoscut drept **șiștăvire**.

Floarea-soarelui: apa de la începutul sezonului nu poate fi recuperată complet mai târziu

La floarea-soarelui, umiditatea solului în momentul semănatului este esențială, iar deficitul din această etapă nu poate fi compensat integral de precipitațiile ulterioare.

Semănatul poate începe atunci când temperatura solului la adâncimea de 7 cm, măsurată la ora 7:00, ajunge la **7°C timp de trei zile consecutive**, în condițiile unei vremi în curs de încălzire. Întârzierea semănatului favorizează pierderea apei din stratul superficial și poate deplasa înflorirea spre luna iulie, când seceta se asociază frecvent cu arșița.

Perioada critică pentru apă începe cu aproximativ 20 de zile înainte de înflorire și continuă încă 15-20 de zile după aceasta, calendaristic, aproximativ din ultima decadă a lunii mai până în ultima decadă a lunii iulie.

Stresul hidric în acest interval reduce talia plantelor, biomasa epigee și suprafața foliară. Efectele se transmit direct asupra producției, prin reducerea numărului și masei boabelor pe calatidiu și a masei a 1.000 de boabe. Întârzierea înfloririi către perioade cu secetă și arșiță crește, de asemenea, ponderea cojilor și conținutul de proteine, dar reduce conținutul de ulei, adică exact componenta pentru care cultura este valorificată.

Rapița: două ferestre de vulnerabilitate, la intrarea și la ieșirea din iarnă

Pentru rapiță, perioada recomandată de semănat se situează, în funcție de regiune, între ultima decadă a lunii august și prima decadă a lunii septembrie. Și aici, **umiditatea solului în momentul semănatului este decisivă pentru germinare**.

La intrarea în iarnă, plantele trebuie să fi format o rozetă de 6-8 frunze complet dezvoltate, un colet cu diametrul de 5-8 mm și o rădăcină pătrunsă la 15-20 cm, iar apexul vegetativ trebuie să rămână la mai puțin de 3 cm de suprafața solului.

În aceste condiții, rapița poate rezista la temperaturi de -12-15°C, uneori până la -18°C, fără strat de zăpadă, și la -20-25°C dacă este protejată de un strat de zăpadă de 10-20 cm. Pe solurile umede și fără această protecție, plantele pot fi însă distruse chiar la -7-10°C. Pragul de vătămare nu depinde, așadar, exclusiv de temperatura aerului, ci de interacțiunea dintre umiditatea solului, stratul de zăpadă, durata frigului și stadiul de dezvoltare a plantei.

O a doua fereastră de vulnerabilitate apare după reluarea vegetației. Dacă perioade de peste trei zile cu temperaturi mai mari de 3°C sunt urmate de perioade similare cu temperaturi sub -3°C, plantele își pot pierde treptat rezistența dobândită prin călire.

În condiții climatice normale, înflorirea începe în prima decadă a lunii aprilie și durează 3-5 săptămâni. Brumele și înghețurile târzii din aprilie devin astfel deosebit de periculoase în fazele de îmbobocire și înflorire și pot compromite cultura.



Patru culturi, patru traiectorii

Presiunea climatică descrisă până acum nu lovește uniform. Fiecare cultură are alt calendar, alte praguri și altă poziție pe piață, iar rezultatul se vede, la scară națională, în suprafețele semănate. Datele statistice pentru ultimii zece ani arată patru traiectorii diferite.

Porumbul: retragerea

Suprafața cultivată cu porumb scade de la 2.578.523 de hectare, în 2016, la 1.960.000 de hectare estimate pentru 2026 - o diferență de 618.523 de hectare, echivalentă cu o diminuare de aproximativ 24%. Raportată la maximul ultimilor zece ani, de 2.681.930 de hectare, atins în 2019, suprafața estimată pentru 2026 este mai mică cu 721.930 de hectare, aproximativ 27%. Pentru 2026 se observă o ușoară creștere față de 2025, cu aproximativ 1,1%, dar această revenire rămâne insuficientă pentru a compensa contracția acumulată pe ansamblul perioadei.

Explicația stă, în bună parte, în calendarul apei. Porumbul are cerințe ridicate față de apă, iar efectele deficitului diferă în funcție de luna calendaristică și de faza de vegetație. Vulnerabilitatea maximă se concentrează în iunie, iulie și august, când consumul de apă crește, iar plantele parcurg apariția paniculului, înflorirea, fecundarea, formarea și umplerea boabelor.

În aprilie, rezerva de apă din stratul de 0-20 cm este în general satisfăcătoare în cea mai mare parte a sudului țării, dar în sudul și sud-estul Munteniei pot apărea valori corespunzătoare secetei pedologice moderate, puternice și chiar extreme. Deficitul din această fază conduce la germinare lentă sau neuniformă, răsărire eșalonată, densitate mai mică decât cea planificată și dezvoltare neuniformă a plantelor. Efectul economic apare, în acest caz, înaintea oricărei pierderi de recoltă: sămânța, fertilizanții și lucrările sunt deja plătite, dar densitatea productivă poate rămâne sub nivelul necesar realizării producției scontate.

În mai, când se dezvoltă sistemul radicular și aparatul foliar, rezerva se evaluează pe profilul de 0-50 cm; în majoritatea arealelor ea se menține în limite satisfăcătoare, dar în Dobrogea, în estul și local în sudul Munteniei se poate manifesta secetă pedologică moderată. O cultură care întâmpină deficit în mai formează un sistem radicular mai slab, o suprafață foliară redusă și o capacitate mai mică de a suporta seceta din lunile următoare. Deficitul timpuriu nu produce întotdeauna pierderea culturii, dar reduce potențialul biologic cu care plantele intră în fazele reproductive.

În iunie, rezerva relevantă este cea din profilul de 0-100 cm, iar seceta pedologică moderată și puternică apare de obicei în Dobrogea și, local, în nord-estul și estul Munteniei – exact când începe intervalul critic de înflorire, fecundare și umplere a boabelor. Iulie rămâne, în numeroase situații, luna cu cea mai mare vulnerabilitate: rezerva poate coborî la niveluri caracteristice secetei moderate și puternice, în special în Dobrogea, sudul Olteniei și unele zone din Muntenia. În timpul polenizării, apa este necesară pentru creșterea mătăsii, germinarea polenului și dezvoltarea tubului polinic; în condiții de secetă, apariția mătăsii poate întârzia față de eliberarea polenului, iar când decalajul devine mare, polenizarea este incompletă, iar știuleții prezintă puține boabe sau vârful neacoperit.

La sfârșitul lui august, rezerva din stratul de 0-100 cm poate ajunge la valori caracteristice secetei moderate, puternice sau extreme pe suprafețe întinse, determinând răsucirea și ofilirea frunzelor, îngălbenirea și uscarea aparatului foliar, reducerea fotosintezei, diminuarea ritmului de acumulare a amidonului și boabe mai mici și mai ușoare. Seceta din faza de umplere afectează mai ales masa boabelor, iar dacă stresul este sever și conduce la uscarea frunzelor sau la moartea prematură a plantelor, pierderile pot deveni foarte mari. Dacă umiditatea din sol rămâne doar moderată până la apariția inflorescențelor, producția poate scădea cu până la **20-25%**. Dacă umiditatea devine redusă de la apariția inflorescențelor și până la coacere, pierderea poate ajunge la aproximativ **50%**.

Peste riscul climatic se așază, în același an agricol, riscul economic. Reducerea sau instabilitatea producției determinată de secetă se transformă în venituri fluctuante, în timp ce cheltuielile necesare înființării și întreținerii culturii trebuie suportate înainte ca nivelul recoltei să fie cunoscut. Costurile ridicate de producție și profiturile reduse amplifică riscul activității fermierilor, iar instabilitatea randamentului mărește riscul economic al culturii.

Grâul: stabilitatea

Datele statistice indică o contracție recentă a suprafeței cultivate cu grâu, dar nu susțin existența unei reduceri continue în ultimii zece ani. Suprafața scade de la 2.395.396 de hectare, în 2025, la 2.230.000 de hectare estimate pentru 2026 – o diferență de 165.396 de hectare, aproximativ 7%. În același timp, suprafața estimată pentru 2026 este de 94.696 de hectare, deci cu aproximativ 4,4% mai mare decât cea înregistrată în 2016. Evoluția trebuie caracterizată, prin urmare, drept o reducere conjuncturală față de nivelul maxim recent, și nu ca o tendință generală și neîntreruptă de restrângere. Grâul își menține o poziție importantă în structura culturilor, însă suprafața alocată poate fi ajustată de fermieri de la un ciclu agricol la altul.

Vulnerabilitatea grâului are, față de porumb, un calendar deplasat: începe încă din septembrie și octombrie, când disponibilitatea apei condiționează instalarea culturii, iar lunile mai și iunie reprezintă perioada cu cerințe ridicate față de apă, suprapusă peste înspicare, înflorire și umplerea bobului. În episoadele extrem de secetoase, producția poate să fie diminuată cu până la 15% față de nivelul biologic considerat optim.

Floarea-soarelui: revenirea

Suprafața cultivată cu floarea-soarelui evoluează de la 1.038.414 de hectare, în 2016, la o estimare de 1.200.000 de hectare în 2026, ceea ce reprezintă o creștere de 161.586 de hectare, aproximativ 15,6%. Față de 2025, când suprafața a fost de 1.085.887 de hectare, creșterea estimată pentru 2026 este de 114.113 hectare, aproximativ 10,5%. În ultimii zece ani apar, însă, episoade importante de contracție: după maximul de 1.282.700 de hectare din 2019, suprafața s-a redus până la 1.077.870 de hectare în 2023, o diminuare de 204.830 de hectare, aproximativ 16%. Revenirea la 1.200.000 de hectare lasă cultura, în continuare, cu aproximativ 6,4% sub maximul din 2019.

La floarea-soarelui cultivată pentru ulei, peste 80% din valoarea economică a culturii este atribuită uleiului extras din semințe. În consecință, venitul fermierului și interesul industriei sunt strâns legate atât de cantitatea de semințe, cât și de conținutul și calitatea uleiului. *Seceta poate avea, astfel, un efect economic dublu*: poate diminua producția de semințe și poate modifica procentul sau compoziția uleiului. Așadar, chiar dacă suprafața cultivată rămâne constantă, venitul obținut poate scădea din cauza reducerii cantității și a calității recoltei.

Floarea-soarelui valorifică relativ bine solurile cu fertilitate medie, suportă stresul hidric mai bine decât porumbul, are cerințe moderate față de fertilizare și permite mecanizarea integrală a tehnologiei – caracteristici care îi mențin atractivitatea inclusiv în condiții climatice și economice dificile. Reducerea temporară a suprafeței nu trebuie interpretată, prin urmare, exclusiv ca o consecință a vulnerabilității climatice: extinderea sau restrângerea culturii rezultă din interacțiunea dintre disponibilitatea apei, producția estimată, rotația culturilor, cererea industriei de procesare și costurile tehnologice.

Rapița: expansiunea

Datele statistice indică o extindere semnificativă a suprafeței cultivate cu rapiță: de la circa 455.000 de hectare în 2016 la o estimare de aproximativ 806.000 de hectare în 2026, adică o creștere de peste 350.000 de hectare (aproape 77%). Estimarea pentru 2026 reprezintă și maximul ultimului deceniu, dar este doar cu 0,6% mai mare decât suprafața din 2025 (circa 801.000 de hectare), ceea ce sugerează o stabilizare la un nivel ridicat, după o perioadă de creștere foarte rapidă.

Traiectoria nu e însă lină. În ultimul deceniu, suprafețele cultivate cu rapiță au fluctuat puternic. După o scădere de aproape 45% în 2019, de la circa 630.000 la 350.000 de hectare, suprafața a revenit, apoi a scăzut din nou cu aproximativ 19% în 2024, până la circa 520.000 de hectare. În 2025 s-a înregistrat un salt de peste 50%, până la aproape 800.000 de hectare, iar pentru 2026 se estimează un maxim de circa 806.000 de hectare, de aproximativ 2,3 ori mai mult decât minimul din 2019. Evoluția rapiței nu este liniară: tendința generală este ascendentă, dar întreruptă de contracții ample.

Extinderea culturii de rapiță reflectă, în principal, o redistribuire a suprafețelor între culturi, prin diminuarea în special a suprafețelor cultivate cu porumb. Caracterul fluctuant al suprafețelor este determinat atât de factorii climatici – înghețul, seceta și lipsa precipitațiilor – cât și de factorii economici care influențează capacitatea fermierilor de a susține tehnologia acestei culturi. Atunci când seceta din toamnă sau înghețul din timpul iernii compromit rapița, fermierul poate înființa o cultură de primăvară. O mare parte din cheltuieli poate fi recuperată prin cultura care o înlocuiește, dar costul seminței de rapiță rămâne, în general, nerecuperat.

Puse una lângă alta, cele patru traiectorii arată o redistribuire, nu o contracție generală: suprafața pierdută de porumb nu dispare din agricultură, ci se mută.

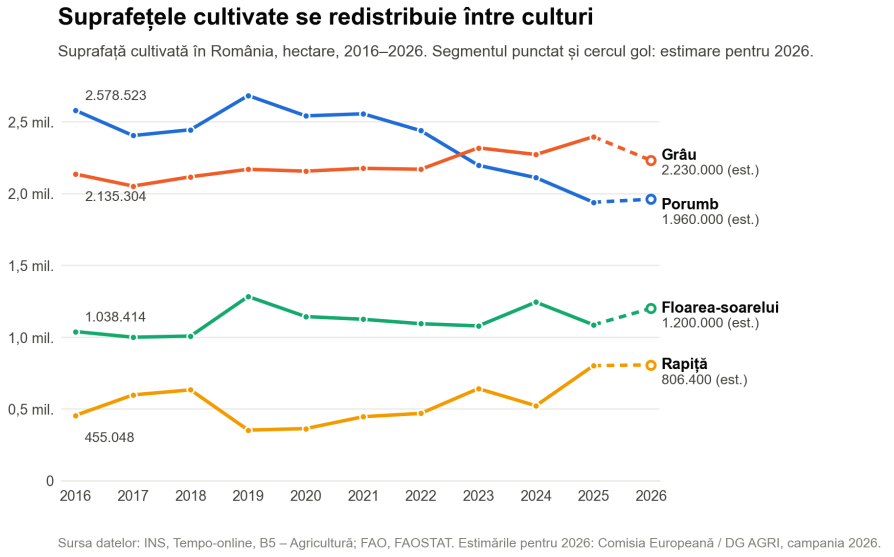


Figura 16. Evoluția suprafeței cultivate în România cu porumb, grâu, floarea-soarelui și rapiță, 2016-2026. Segmentul punctat și cercul gol de la capătul fiecărei linii marchează estimarea pentru 2026. Sursa datelor: INS, Tempo-online, B5 – Agricultură; FAO, FAOSTAT; estimările pentru 2026: Comisia Europeană / DG AGRI, campania 2026.

Consecințe pe termen lung

Deciziile anuale au și un efect care nu se vede într-un singur an agricol. Sănătatea solului nu se reduce la conținutul de elemente nutritive: ea înseamnă materie organică, stabilitatea agregatelor, porozitate, infiltrație, capacitate de reținere a apei, activitate biologică, grad de compactare și rezistență la eroziune. În sudul și sud-estul țării, seceta severă reduce solubilizarea nutrienților și materia organică și crește riscul de degradare și, pe termen lung, de deșertificare.

Cel mai important este că se instalează un cerc vicios: solul uscat infiltrează greu apa, iar ploile torențiale care urmează spală nutrienții și particulele fertile de la suprafață. Efectul depinde și de ce se cultivă. Porumbul și floarea-soarelui lasă solul mai expus eroziunii, în timp ce grâul și rapița îl protejează mai bine. La acestea se adaugă compactarea, care reduce volumul porilor și mărește densitatea aparentă, cu șase cauze tehnologice identificabile în felul în care se lucrează terenul.

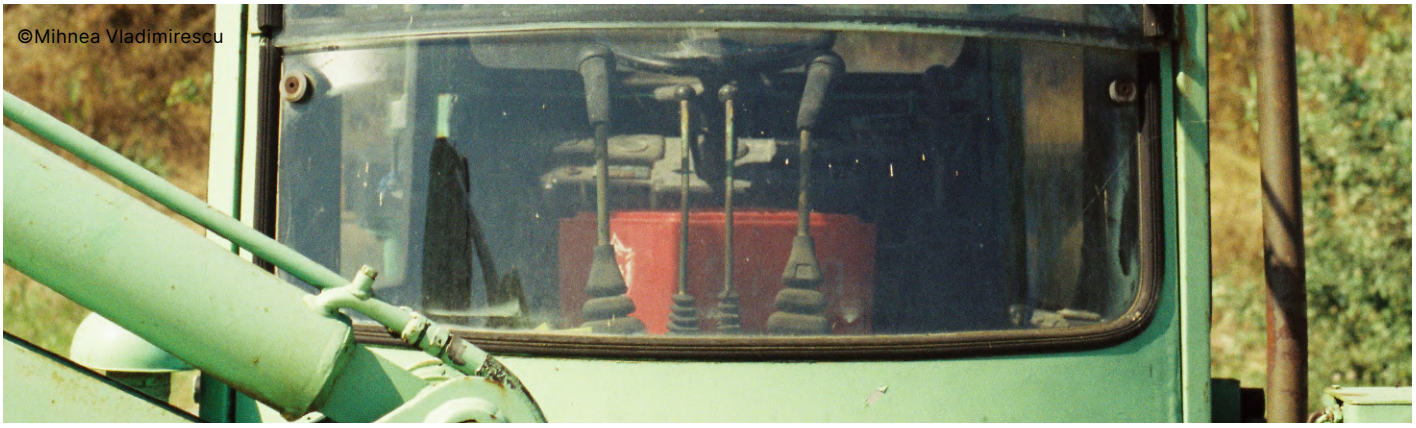
Contramăsurile sunt cunoscute și țin tot de deciziile anuale. Rotația ajută la refacerea humusului, la dezvoltarea micorizelor și la fixarea azotului, iar asolamentul rămâne veriga de bază. Agricultura conservativă se sprijină pe

aplicarea simultană a trei principii, iar numărul râmelor din sol este unul dintre indicatorii care arată dacă lucrurile se ameliorează. Are și limite: solul acoperit cu mulci se încălzește mai lent primăvara, ceea ce poate întârzia semănatul.

La nivelul veniturilor, clima acționează pe mai multe căi simultan: randamentul, solele pierdute, calitatea recoltei, costurile de protecție a culturilor, reînsămânțarea, irigarea, eficiența îngrășămintelor, asigurarea și tehnologiile adoptate. Căldura prelungește sezonul dăunătorilor și al bolilor, deci costurile de protecție cresc chiar și în anii cu producție bună. Degradarea solului adaugă costuri cumulate, iar producțiile instabile se traduc în venituri fluctuante și într-o capacitate mai redusă de recuperare a investiției.

Aici apare inegalitatea. Agricultura de precizie poate îmbunătăți veniturile, dar presupune investiții și competențe, iar accesul la tehnologie este inegal. Prognozele meteorologice actualizate rapid costă, deci ajung mai ales la fermierii cu capital. Asigurările sunt accesibile mai ales fermelor mari, gradul general de asigurare rămâne redus, iar seceta este acoperită limitat. Tehnologiile conservative nu aduc venit imediat, așa că adoptarea lor depinde de existența unor stimulente. Fermele mici și mijlocii sunt, astfel, cele mai expuse: fragmentarea terenurilor se suprapune peste accesul inegal la capital, la date și la infrastructură.

Pentru aceste ferme există un set de pârghii deja identificate: cooperativizarea și centrele comune de servicii, accesul partajat la utilaje și la tehnologii digitale, consilierea și formarea, auditurile de sol și planurile de nutrienți, granturile și voucherele pentru senzori, stații meteorologice și platforme de decizie, creditele verzi, asigurările adaptate riscului climatic, ecoschemele și plățile bazate pe rezultate, investițiile în irigații, drenaj și perdele forestiere, composturile și bioinputurile locale și energia regenerabilă la nivelul fermei. Niciuna nu rezolvă singură problema, dar împreună fac diferența dintre o fermă care poate absorbi un an prost și una care iese din activitate.


©Mihnea Vladimirescu

Adaptarea: ce se face deja și ce se poate calcula

Restructurarea descrisă în capitolul anterior nu s-a produs prin decizii de politică publică. Este suma a mii de decizii individuale, luate an de an, sub presiunea aceleiași întrebări: cât de multă apă va fi și când. Deciziile astea urmează câteva direcții recognoscibile și, tot mai mult, pot fi calculate dinainte, nu doar estimate din experiență.

Prima linie de adaptare: ce pui pe teren și când semeni

Structura culturilor s-a reconfigurat vizibil în ultimul deceniu, dar reconfigurarea nu înseamnă o reducere uniformă a activității agricole. Extinderea unei culturi se realizează în detrimentul alteia, în limita terenului arabil disponibil, iar schimbarea nu trebuie atribuită unei singure cauze. Randamentele și producțiile totale pot evolua diferit de suprafețe: producția poate crește chiar dacă suprafața se reduce, atunci când producția medie se îmbunătățește, sau poate scădea pe o suprafață mai mare, dacă randamentul este puternic afectat.

Schimbarea nu trebuie interpretată nici ca abandon definitiv al vreunei culturi. Estimările statistice indică posibilitatea unei reveniri parțiale, iar structura agricolă rămâne flexibilă: poate fi ajustată de la o campanie la alta, în funcție de condițiile pedoclimatice, de cerințele tehnologice ale fiecărei culturi, de riscul climatic anticipat și de rentabilitatea estimată.

A doua decizie vine imediat după prima (reconfigurarea culturii) și e la fel de consecventă: nu doar ce semeni, ci când și cât de des. La începutul fiecărei campanii, structura culturilor – cu portofoliul de soiuri și hibrizi – și itinerarul tehnologic ar trebui stabilite în funcție de rezerva de umiditate existentă în sol în momentul semănatului. Folosirea mai multor soiuri și hibrizi, cu perioade diferite de dezvoltare fenologică, distribuie riscul, pentru că fazele critice nu se produc simultan pe întreaga suprafață.

Pentru porumb, adaptarea poate presupune:

- hibrizi din grupe diferite de maturitate;
- semănat mai timpuriu în primăverile secetoase;
- densități mai mici când rezerva de apă este redusă;
- amplasarea seminței mai adânc, în stratul umed;
- controlul riguros al buruienilor, care concurează cultura pentru apă;
- reducerea suprafeței atunci când resursele hidrice sunt insuficiente.

Logica semănatului mai timpuriu este dublă: dezvoltarea rădăcinilor în profunzime și parcurgerea polenizării, fecundării și formării boabelor mai devreme, înainte de intensificarea secetei și a arșiței din lunile de vară. *Este exact deplasarea de calendar pe care o anunță Figura 15: dacă prima decadă a lunii aprilie se încălzește mai repede decât celelalte două, fereastra de semănat se mută, iar decizia de a o urma sau nu devine măsurabilă.*

În plan general, se recomandă cultivarea unor specii, soiuri și hibrizi mai rezistenți la secetă, semănatul în epoca și la densitatea optimă și alternarea culturilor cu cerințe diferite față de apă. Scopul este evitarea suprapunerii fazei de înflorire cu seceta accentuată și prevenirea epuizării repetate a rezervei de apă din aceeași zonă a profilului de sol.


©Carmen Nicoale

Rotația culturilor: adaptarea care nu se vede într-un singur an

Schimbarea structurii culturilor nu se reduce la înlocuirea unei specii cu alta. Ea trebuie realizată printr-un asolament care alternează cerealele păioase, culturile prășitoare, plantele oleaginoase, leguminoasele pentru boabe și plantele furajere sau culturile de acoperire.

În agricultura conservativă, rotația devine cu atât mai importantă cu cât resturile vegetale rămân la suprafața solului. Alternarea cerealelor cu oleaginoase și leguminoase întrerupe ciclurile unor agenți patogeni și dăunători și reduce riscul acumulării organismelor dăunătoare.

Structura culturilor trebuie stabilită în funcție de factorii naturali, de amenajările hidroameliorative și de posibilitățile de valorificare: amplasarea porumbului și a soiei în asolamente irigate, acolo unde infrastructura permite, și păstrarea unui raport corespunzător între culturile protectoare și cele slab protectoare pe terenurile în pantă.

Culturi alternative: verigi noi în rotație, nu înlocuitori

Pe măsură ce perioadele cu deficit hidric și temperaturi ridicate devin mai frecvente, diversificarea structurii culturilor este una dintre direcțiile prin care sistemele agricole își pot crește capacitatea de adaptare. De aici și interesul în creștere pentru culturile alternative.

Termenul e însă mai puțin evident decât pare. „Cultură alternativă" nu desemnează o categorie botanică distinctă și nu presupune că o specie trebuie să înlocuiască integral una consacrată. Din perspectivă agronomică, o cultură este alternativă atunci când este introdusă într-un sistem de producție în care este puțin cultivată și când îndeplinește una sau mai multe funcții care răspund unor constrângeri ale sistemului dominant: toleranță mai bună la secetă, valorificarea terenurilor cu fertilitate redusă, diversificarea rotației, reducerea riscului climatic sau deschiderea unor noi direcții de valorificare a producției.

Caracterul „alternativ" este, prin urmare, relativ la structura existentă într-o regiune și la funcția pe care cultura nou introdusă o îndeplinește. Sorgul poate deveni o alternativă în sistemele dominate de porumb, atunci când deficitul de apă limitează stabilitatea acestuia. Năutul și fasolița pot diversifica segmentul leguminoaselor pentru boabe în zonele expuse secetei. Camelina poate constitui o alternativă între oleaginoase, inclusiv față de rapiță, în anumite condiții. Arahidele pot valorifica solurile nisipoase din sudul României, iar quinoa și topinamburul pot ocupa nișe productive pentru care culturile tradiționale nu sunt întotdeauna soluția agronomică optimă.

Cercetările din România confirmă aceste posibilități. În condiții de stres climatic, inul pentru ulei, sorgul și muștarul au arătat o capacitate de adaptare suficientă pentru a permite evaluarea lor cantitativă și calitativă. Rezultatul e semnificativ pentru însăși definiția unei culturi alternative: valoarea ei nu derivă doar din nivelul potențial al producției, ci și din capacitatea de a menține funcționalitatea sistemului agricol în condiții restrictive.

Sorgul, la Brăila

În cazul sorgului, argumentul esențial este reziliența în condiții climatice restrictive. Rezultatele experimentale de la Brăila, unde sorgul s-a numărat printre puținele specii alternative care au făcut față stresului climatic, susțin importanța acestei caracteristici pentru România. Din această perspectivă, sorgul poate fi privit ca o alternativă funcțională la porumb, mai ales în sistemele neirigate și în arealele cu risc ridicat de deficit hidric – fără ca asta să însemne substituirea generalizată a porumbului, ci reducerea dependenței structurii culturilor de o singură specie cu cerințe ridicate de apă în fazele critice.

Năutul și fasolița, din grupa leguminoaselor pentru boabe

Năutul prezintă interes pentru includerea mai largă în rotațiile din România datorită comportării sale favorabile în raport cu seceta, mai ales acolo unde prelungirea perioadelor secetoase diminuează producția leguminoaselor clasice pentru boabe. Nu trebuie definit ca substitut exclusiv al fasolei sau al soiei, ci ca o alternativă de diversificare în grupa leguminoaselor, în mediile cu disponibilitate hidrică limitată.

Un rol asemănător poate reveni fasoliței (Vigna unguiculata), analizată explicit pentru condițiile solurilor nisipoase din România în contextul schimbărilor climatice. Orientarea este relevantă în special pentru zone precum sudul Olteniei, unde alegerea speciilor trebuie corelată cu deficitul hidric și cu particularitățile fizice ale solurilor nisipoase.

Camelina, între oleaginoase

În segmentul plantelor oleaginoase, camelina (Camelina sativa) este unul dintre cele mai clare exemple de cultură alternativă. Toncea (2014) a evaluat potențialul soiului românesc Camelia în sisteme de agricultură ecologică și cu inputuri reduse, demonstrând posibilitatea cultivării speciei în România, iar cercetările ulterioare din vestul țării confirmă caracterul său netradițional și necesitatea adaptării tehnologiei la condițiile pedoclimatice locale. Deși nu este o cultură foarte pretențioasă, managementul tehnologic rămâne important pentru exprimarea potențialului productiv.

Arahidele și topinamburul, pe nisipurile de la Dăbuleni

Cercetările de la Dăbuleni arată ce înseamnă valorificarea terenurilor cu constrângeri pedologice. La arahide, experiențele pe solurile nisipoase din sudul Olteniei au demonstrat că producția și componentele ei sunt influențate de epoca de semănat, de genotip și de condițiile de mediu, ceea ce indică posibilitatea construirii unei tehnologii adaptate specific acestor terenuri. Arahidele pot fi astfel o alternativă oleaginoasă și proteică pentru anumite areale nisipoase, fără a fi un substitut general pentru floarea-soarelui.

Situația e similară la topinambur, specie rezistentă la secetă și capabilă să valorifice soluri cu fertilitate redusă, cu potențial ridicat de producere a biomasei. Și aici, rolul e mai curând de valorificare a terenurilor marginale decât de înlocuire directă a uneia dintre marile culturi de câmp.

Ce câștigi și ce riști

Introducerea culturilor alternative aduce patru avantaje. **Primul este reducerea riscului climatic la nivelul fermei**: o structură dominată de câteva culturi cu sensibilități asemănătoare față de deficitul hidric expune întreaga exploatație acelorași riscuri, iar specii cu răspuns diferit la stres distribuie riscul. **Al doilea este valorificarea terenurilor cu constrângeri pedologice. Al treilea este diversificarea utilizărilor economice** – sorgul are utilizări pentru boabe și furaj, camelina aparține oleaginoaselor, năutul și fasolița leguminoaselor pentru boabe, iar topinamburul poate produce cantități importante de biomasă – ceea ce permite fermei să nu depindă exclusiv de câteva piețe. **Al patrulea este creșterea biodiversității și a complexității rotațiilor, prin întreruperea succesiunilor foarte simplificate.**


©Unsplash

Limitele nu sunt argumente pentru excludere, ci condiții de adoptare. Cele mai importante, pe baza cercetărilor din România:

- insuficienta standardizare a tehnologiilor pentru unele specii și baza experimentală încă limitată pentru culturile foarte noi;
- persistența vulnerabilității la stres climatic chiar la speciile considerate tolerante la secetă și nevoia de irigare în condiții de deficit sever pentru unele culturi;
- variabilitatea producției între ani și în funcție de epoca de semănat;
- complexitatea suplimentară a sistemelor de culturi asociate;
- necesitatea alegerii corecte a genotipului și a tehnologiei, cu cerințe specifice privind patul germinativ, densitatea sau recoltarea;
- o bază economică și de valorificare mai puțin dezvoltată decât la culturile convenționale, pentru unele specii.

Integrarea ar trebui făcută gradual și diferențiat teritorial, nu prin substituții generalizate. Prima modalitate este introducerea ca verigi noi în rotație. Năutul, fasolița, camelina, inul sau muștarul pot crește diversitatea și pot reduce ponderea excesivă a culturilor dominante. A doua este substituția parțială și teritorializată: în fermele din zonele cu deficit hidric recurent, o parte din suprafața destinată porumbului poate fi orientată spre sorg, dacă rezultatele locale justifică decizia. A treia decizie este direcționarea către terenurile unde avantajul biologic e cel mai evident – arahidele și fasolița pe anumite soluri nisipoase din sudul Olteniei, topinamburul pe terenuri mai puțin favorabile culturilor convenționale – astfel încât diversificarea să urmeze aptitudinea terenului, nu doar prețul conjunctural.

Formulată scurt, miza secțiunii e alta decât pare: adaptarea agriculturii la schimbările climatice nu presupune abandonarea culturilor consacrate, ci trecerea de la structuri simplificate, dominate de câteva specii, către structuri mai diversificate, în care culturile alternative contribuie la distribuirea riscului, la valorificarea diferențiată a resurselor și la creșterea rezilienței sistemului.

Tehnologia care ține apa în sol

În condiții de deficit hidric, adaptarea tehnologică începe înaintea semănatului: alegerea speciilor, a hibrizilor și a soiurilor în funcție de rezerva de apă; semănatul în epoca optimă sau mai devreme, acolo unde condițiile termice permit; reducerea densității pe solurile slab aprovizionate cu apă; creșterea adâncimii de semănat când stratul superficial e uscat; hibrizi sau soiuri timpurii ori cu faze fenologice eșalonate; eliminarea buruienilor, pentru reducerea consumului neproductiv de apă.

Punctul important, pentru un fermier care cântărește costurile: aceste modificări nu presupun neapărat investiții majore, dar necesită informații corecte despre apa din sol, despre prognoza climatică, despre cerințele hibridului sau soiului cultivat și despre starea fiecărei parcele.

Conservarea apei prin lucrările solului urmează logica sistemului „dry farming”: executarea la timp a lucrărilor, pregătirea rapidă a patului germinativ, semănatul fără pierderi suplimentare de apă și tăvălugirea. Pentru solurile cu orizonturi compacte sunt recomandate subsolajul și afânarea, care favorizează acumularea și reținerea apei.

Lucrările minime și menținerea resturilor vegetale la suprafață reduc evaporarea și scurgerea apei, protejează solul împotriva eroziunii, diminuează numărul trecerilor și compactarea, permit semănatul rapid în epoca optimă și reduc consumul de energie și costurile pe unitatea de suprafață. Trecerea la aceste sisteme poate necesita însă o afânare adâncă inițială și un management atent al resturilor vegetale, al buruienilor și al bolilor.

Irigațiile moderne sunt între principalele soluții de adaptare la secetă, iar refacerea și utilizarea infrastructurii sunt deosebit de importante pentru sudul țării, unde porumbul și culturile de vară sunt expuse deficitului de apă exact în fazele reproductive. Irigarea trebuie corelată cu faza de vegetație și cu rezerva reală din sol: aplicarea frecventă a unor norme mici poate favoriza dezvoltarea superficială a rădăcinilor, în timp ce udările mai consistente și mai distanțate stimulează explorarea unui volum mai profund de sol.

Agricultura de precizie permite monitorizarea disponibilității apei, a compactării, a fertilității, a stării aparatului foliar, a datelor climatice locale, a îmburuienării, a bolilor și dăunătorilor și a stresului hidric, prin senzori, GPS, drone, imagini satelitare, hărți de precizie și sisteme de management al datelor. Tehnologiile cu rată variabilă permit aplicarea semințelor, fertilizanților, produselor fitosanitare și apei în doza, momentul și locul necesar, iar controlul automat al secțiunilor reduce suprapunerile și omisiunile, diminuând risipa de inputuri și costurile.

Cât costă adaptarea și cine și-o permite

Avantajul economic al diversificării nu constă în garantarea producției fiecărei culturi, ci în distribuirea riscului: între culturi de toamnă și de primăvară, între cereale și oleaginoase, între plante cu rădăcini superficiale și profunde, între specii cu rezistență diferită la secetă și între momente diferite de recoltare și valorificare. Atunci când seceta afectează puternic porumbul în lunile de vară, grâul poate fi deja aproape de recoltare.

Adaptarea presupune însă costuri suplimentare: sămânță din mai multe grupe de maturitate, utilaje de semănat și pentru lucrări minime, scarificare și managementul resturilor vegetale, senzori, GPS, drone și programe informatice, infrastructură și energie pentru irigații, instruirea personalului și consultanță pentru interpretarea datelor. Agricultura de precizie poate deveni economică pe termen lung, prin reducerea intervențiilor, a forței de muncă și a risipei de inputuri, dar are costuri inițiale ridicate și cere personal calificat.

Aici apare linia de falie a întregii secțiuni. Observațiile din teren privind percepțiile fermierilor arată o deschidere moderată față de irigații, lucrări minime și diversificarea culturilor, dar cu opinii fragmentate. Agricultura de precizie, biofertilizanții și tehnologiile digitale sunt considerate promițătoare, însă sunt insuficient înțelese și aplicate. Fermierii au nevoie de instruire și formare profesională, de demonstrații practice, de sprijin instituțional, de sprijin pentru dezvoltarea unor cooperări și de acces mai bun la informații. Existența unei tehnologii nu determină automat adoptarea ei: sunt necesare încredere, instruire și capacitate financiară.

Asigurarea culturilor este și ea o componentă economică a adaptării. O parte dintre fermieri încheie asigurări anual, o parte numai în funcție de condițiile campaniei, iar o proporție importantă nu folosește constant acest instrument. Asigurarea poate proteja investiția și facilita recuperarea daunelor, dar costul primei reduce capitalul disponibil pentru lucrări, iar o poliță scumpă poate determina fermierul să renunțe fie la asigurare, fie la unele intervenții tehnologice.

Ce adaugă modelarea numerică

Toate deciziile de până acum se iau, în cea mai mare parte, pe baza experienței și a stării solului în ziua în care intri pe teren. Modelarea nu le înlocuiește; le mută cu câteva zile sau săptămâni mai devreme și le pune un număr alături, în contextul unui climat în schimbare.

Pentru data optimă de semănat și pentru fertilizare există deja soluții de suport decizional bazate pe cercetare și modelare numerică: simulări pentru prognoze sezoniere și pentru proiecții climatice, folosind sisteme de modelare cuplată între un model climatic și un model fenologic. Două astfel de sisteme au fost dezvoltate pentru România.

COPER este un sistem numeric de prognoză agro-meteorologică sezonieră, care furnizează estimări climatice și fenologice actualizate lunar, interactiv cu utilizatorii, pentru simulări de management potențial cerute în timp real, astfel încât deciziile să se poată adapta conform prognozelor actualizate. PrepClim este un sistem digital de tip Digital Twin, tot interactiv, pentru estimarea condițiilor agro-climatice în scenarii climatice, la scară regională, folosind scenariile RCP4.5 și RCP8.5.

Ambele permit identificarea intervalelor optime de semănat în contextul prognozat; a fertilizării optime, ca dată și cantitate, astfel încât să se prevină creșterea poluării, dar să se asigure condiții optime pentru dezvoltarea fenologică; a genotipului optim pentru climatul regional prognozat sezonier sau estimat pe termen lung. Aceste prognoze presupun simulări numerice multiple și scenarii de management agricol, inclusiv perturbații ale parametrilor de genotip, precum și un context de cultură optimizat, în care data de semănat, fertilizarea, irigațiile și genotipul sunt tratate împreună.

Concret, un asemenea sistem răspunde la întrebarea din 5.1 – când semăn – nu prin regulă generală, ci pentru anul care vine.

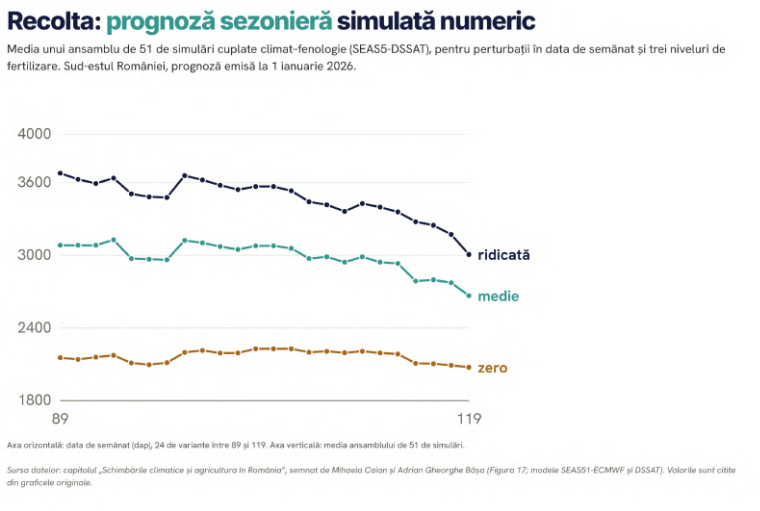


Figura 17. Recolta: prognoză sezonieră simulată numeric de un ansamblu de 51 de modelări cuplate climat–fenologie (SEAS5-DSSAT)

Simulările numerice arată că pot fi identificate perioade de scădere sau de maxim estimat pentru recolta anuală de porumb, în funcție de data de plantare a sezonului prognozat. Actualizate odată cu prognoza sezonieră, aceste simulări sprijină identificarea perioadelor și a practicilor optime ori deficitare, soluțiile de atenuare pentru anii critici, cu condiții de secetă estimate în prognoză, și practicile pe termen lung pentru stabilitate agricolă și securitate alimentară.

Sistemele nu spun doar cât se pierde, ci și de ce. Simulările efectuate pentru România au identificat, la porumb, într-un climat mai cald și mai uscat, mai multe mecanisme de scădere a producției: scurtarea sezonului de umplere; devansarea datelor de înflorire și de maturitate, cu un devans mai important al maturității, ceea ce scurtează sezonul de creștere; scăderea eficienței fertilizării, demonstrată prin metrici de eficiență care arată o producție mai mică pentru aceeași cantitate de fertilizator, în RCP4.5 față de climatul actual și în RCP8.5 față de RCP4.5; schimbări în capacitatea plantei de utilizare a apei din sol, din cauza fenomenului de "adaptare la secetă" („drought escape"), prin închiderea parțială a stomatelor; scăderea nutrienților din sol în climat mai cald, prin vaporizare; scăderea capacității plantei de a extrage nutrienți în condiții de secetă severă, odată cu mecanismele de apărare pe care le dezvoltă; redistribuirea nutrienților la nivelul plantei, pentru supraviețuire; și impactul schimbării sezoniere și al extremelor climatice.

Punctul despre fertilizare merită reținut separat, pentru că are o consecință de politică publică: aceeași cantitate de îngrășământ produce mai puțin într-un climat mai cald, ceea ce ridică întrebarea cât și când e eficient să fertilizezi și, implicit, cât din îngrășământul aplicat ajunge, în schimb, să producă poluare.

Ferestrele de oportunitate

Al doilea lucru pe care îl fac aceste sisteme este să identifice, în scenarii agro-climatice, configurațiile care limitează pierderea.

Concluzia e contraintuitivă: valorile maxime ale producției scad în proiecțiile climatice, dar pot fi identificate configurații de genotip, dată de plantare și fertilizare pentru care valorile intermediare - cele care dau stabilitate agricolă - pot minimiza pierderea, egala sau chiar depăși producția din climatul actual.

Altfel spus, în climatul care vine, vârful e mai jos, dar terenul din jurul vârfului e mai larg decât pare, cu condiția ca fermierul să facă alegerile împreună, nu una câte una. Cei care combină deja hibrizi cu maturități diferite, rotație și lucrări de conservare a apei fac, manual, exact tipul de optimizare pe care sistemele o pot calcula.

Concluzii

Agricultura României se adaptează deja la schimbarea climatică, chiar dacă această adaptare nu este întotdeauna rezultatul unei strategii deliberate. Ea se vede în alegerile făcute de fermieri de la un an la altul: suprafața cultivată cu porumb s-a redus cu aproape un sfert în ultimul deceniu, în timp ce rapița s-a extins cu peste trei sferturi. Nu asistăm la o retragere generală a agriculturii, ci la o reconfigurare a culturilor sub presiunea simultană a climei, a costurilor și a riscului economic.

Schimbarea importantă nu stă doar în cât de cald sau cât de secetos devine climatul, ci în momentul la care apar aceste condiții în raport cu calendarul culturilor. O perioadă fără apă în momentul nepotrivit poate conta mai mult decât media precipitațiilor unui întreg an. La porumb, deficitul de apă instalat în fazele reproductive poate reduce producția cu până la jumătate. În același timp, secetele mai persistente pot alterna rapid cu episoade de precipitații abundente, făcând disponibilitatea apei mai redusă în unele regiuni, dar și mai greu de gestionat.

Această variabilitate schimbă și sensul adaptării. Nu există o singură cultură, tehnologie sau intervenție care să elimine riscul climatic. Adaptarea înseamnă combinarea mai multor decizii: ce cultură și ce genotip alegi, când semeni, ce rotație a culturilor practici la nivel de fermă, cum conservi apa în sol, când și cât fertilizezi și, acolo unde este posibil, cum folosești irigațiile și agricultura de precizie. Diversificarea nu garantează producția, dar distribuie riscul.

Partea nouă este că tot mai multe dintre aceste decizii pot fi anticipate. Prognozele sezoniere au demonstrat că pot identifica potențialul apariției valurilor de căldură cu mai mult de o lună înainte, iar sisteme precum COPER și PrepClim pot transforma informația climatică în opțiuni concrete privind data semănatului, fertilizarea și

alegerea genotipului. Modelarea arată chiar că, într-un climat în care producțiile maxime tind să scadă, există configurații de management care pot limita pierderile și, în anumite condiții, pot menține producția la niveluri comparabile cu cele actuale.

Miza următorilor ani nu este, așadar, dacă agricultura României se va adapta. Procesul a început deja. Întrebarea este dacă adaptarea va rămâne suma unor decizii individuale, luate de fermieri deja puși în fața riscurilor, sau dacă informația climatică, cercetarea și tehnologia vor permite ca aceste decizii să fie luate înainte. Fermierul are un rol crucial în exploatarea în timp real și în co-dezvoltarea acestor sisteme, prin alegerea scenariilor agroclimatice cu cea mai mare oportunitate, pe termen scurt sau lung, potrivite regiunii, culturii, condițiilor și practicilor agricole, care conduc la identificarea soluțiilor optime de adaptare.

Într-un climat mai cald și mai variabil, diferența dintre reacție și anticipare poate deveni diferența dintre pierderea unei recolte și gestionarea riscului.



Autori



Mihai Adamescu

CAPITOLE
→ Cap.7: Vara în care fluviul și-a arătat limitele: de la oprirea centralei de la Cernavodă la decalajul de restaurare a luncilor Dunării

Este cercetător științific principal la Universitatea din București și, din 2017, director al Centrului de Cercetare în Ecologie a Sistemelor și Sustenabilitate, precum și coordonator al Stației de Cercetare Brăila. Interesele sale profesionale vizează în principal ecologia râurilor mari; aplicarea ecologiei sistemice la sustenabilitate; rețele de senzori și monitorizare de înaltă frecvență pentru sisteme complexe; dinamica și productivitatea ecosistemelor acvatice dulcicole; eutrofizarea și impactul acesteia; rolul funcțional al zonelor umede; dinamica populațiilor de fitoplancton; elaborarea planurilor integrate de management și a opțiunilor de conservare a biodiversității; comunicarea științei către publicul larg. Coordonează echipa României în trei proiecte finanțate prin programul Horizon 2020: eLTER, ESMERALDA și Advanced eLTER. A contribuit la elaborarea a 10 planuri de management pentru situri Natura 2000 și pentru Parcul Natural Insula Mică a Brăilei, în cadrul unui proiect LIFE-Natura. Dr. Adamescu este membru al Comitetului Național pentru Combaterea Secetei, Degradării Terenurilor și Deșertificării din România. A publicat peste 40 de articole științifice și a contribuit la redactarea a 6 volume.



Vlad Amihăesei

CAPITOLE
→ Cap.7: Vara în care fluviul și-a arătat limitele: de la oprirea centralei de la Cernavodă la decalajul de restaurare a luncilor Dunării

Este cercetător în domeniul climatologiei, specializat în studiul variabilității și monitorizării climatice, al dinamicii stratului de zăpadă și al cartografierii fenomenelor climatice. Activitatea sa științifică se concentrează asupra variabilității climatice la scară regională, evoluției stratului de zăpadă, monitorizării secetei și analizei fenomenelor meteorologice extreme din România. În cercetările sale, îmbină metode statistice de analiză a tendințelor climatice cu observații in situ, date de teledetecție și simulări realizate cu ajutorul modelelor climatice regionale. Prin această abordare integrată, urmărește să aprofundeze înțelegerea schimbărilor climatice observate și să contribuie la evaluarea riscurilor climatice viitoare.



Bogdan Antonescu

CAPITOLE
→ Cap.3: Furtunile severe din România în contextul schimbărilor climatice
→ Cap.5: Căldura și sănătatea în România

Este cercetător în domeniul meteorologiei și al climatologiei, lector la Facultatea de Fizică a Universității din București și cercetător la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului, cu expertiză în studiul furtunilor severe și al fenomenelor meteorologice extreme în contextul schimbărilor climatice. Printre contribuțiile sale se numără dezvoltarea primei climatologii a tornadelor din România și a unei climatologii detaliate a tornadelor din Europa. Bogdan este implicat în proiecte de cercetare și colaborează cu instituții academice și de cercetare pentru a studia impactul schimbărilor climatice asupra fenomenelor meteorologice extreme. De asemenea, este implicat activ în comunicarea științei, promovând înțelegerea publică a schimbărilor climatice și a impactului acestora asupra fenomenelor extreme.



Gabriel Bădescu

CAPITOLE
→ Cap.14: Ce știu și ce cred adolescenții din România despre schimbările climatice?

Profesor universitar de științe politice și director al Centrului de Studiu al Democrației, Universitatea Babeș-Bolyai, cu experiență în tranzițiile democratice și economice, capitalul social, politicile educaționale, socializarea tinerilor, inegalitatea veniturilor și migrația.



Adrian Gheorghe Bășa

CAPITOLE
→ Cap.6: Schimbările climatice și agricultura în România

Conferențiar universitar în cadrul Facultății de Agricultură a Universității de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București și director al Departamentului Științele Plantelor. Deține titlul de doctor în domeniul Agronomie, activitatea sa academică și de cercetare fiind orientată spre fitotehnie, consultanță agricolă și managementul riscurilor în agricultură. Domeniile sale principale de expertiză includ tehnologia culturilor de câmp, evaluarea răspunsului plantelor la factorii de mediu, fertilizarea și optimizarea elementelor tehnologice, precum și consultanța și expertiza agricolă. Cercetările sale vizează în special culturile de floarea-soarelui, porumb, rapiță și grâu, cu accent pe productivitate, adaptarea tehnologiilor de cultură la condițiile pedoclimatice și creșterea rezilienței sistemelor agricole.



Mihaela Caian

CAPITOLE
→ Cap.6: Schimbările climatice și agricultura în România

Este cercetător științific senior la Administrația Națională de Meteorologie din România, unde conduce grupul de „Predicții climatice de la nivel lunar la sezonier”. Deține un doctorat în Modelare Numerică a Atmosferei și Oceanului, obținut la Universitatea Paul Sabatier din Toulouse. Este abilitată în cadrul Școlii Doctorale a Facultății de Fizică, Universitatea din București. Domeniile sale principale de expertiză includ modelarea și predicția climatică, procesele fizice și dinamice din atmosferă și predictibilitatea acestora. În prezent, cercetările sale se concentrează pe schimbările climatice, fenomenele extreme și măsurile de reducere a impactului acestora.



Mihnea Cătuți

CAPITOLE
→ Cap.11: Politici climatice în România: între beneficii și reticență cu privire la prețul carbonului

Coordonează strategia de cercetare cât și alte activități la EPGAria sa de expertiză acoperă politicile climatice, industriale și energetice ale Uniunii Europene, precum și tranziția climatică a Europei de Sud-Est. Este de asemenea Asociat Senior al Programului pentru o Economie Curată al E3G, concentrându-se pe tranziția industrială. Dr. Cătuți a fost cercetător asociat la Centrul pentru Studii de Politici Europene (CEPS), unde a condus activitățile privind viitorul hidrogenului în UE. A fost, de asemenea, lector asociat în Politici Publice la Universitatea din York. Mihnea are o diplomă de licență de la Universitatea din Bristol și un master în Politici Publice Europene de la Universitatea din York și Universitatea Central Europeană. A obținut un doctorat de la Universitatea din York cu o teză axată pe guvernanța energetică și climatică în UE.



Sorin Cheval

CAPITOLE
→ Cap.8: Climatul Urban în România 2026

Cercetător științific la Administrația Națională de Meteorologie, de formație geograf, specializat în climatologie, cunoscut mai ales pentru studiile sale în domeniul schimbărilor climatice și impactul acestora asupra mediului urban. Activitatea sa de cercetare include analiza riscurilor climatice, variabilitatea și schimbările climatice la nivel regional și local. Dr. Cheval coordonează mai multe proiecte internaționale de cercetare care vizează adaptarea sectorială la schimbările climatice, cum ar fi CARMINE, CROSSEU și OptFor-EU. A publicat numeroase lucrări științifice în reviste importante, fiind recunoscut pentru contribuțiile sale în domeniul climatologiei urbane. Nu în ultimul rând, Dr. Sorin Cheval predă cursuri de specialitate la Universitatea din București, Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca și Academia Forțelor Aeriene Henri Coandă Brașov, și este președintele Asociației Române de Meteorologie Aplicată și Educație (ARMAE).



Alexandru Chivu

CAPITOLE
→ Cap.10: Electrificarea, cheia decarbonizării sectorului energetic

Asistent de cercetare în cadrul Departamentului Sisteme Energetice la EPG, activitatea sa vizează politicile europene de energie și climă, energia nucleară, rețelele electrice şi energia regenerabilă.
Este licențiat în relații economice internaționale la Academia de Studii Economice din București și deține un master în științele mediului (Earth Systems Governance) la Universitatea Utrecht din Olanda. Lucrarea sa de disertație a analizat barierele din calea proiectelor fotovoltaice plutitoare din România.
Anterior alăturării EPG, a activat ca asistent de cercetare la Universitatea Utrecht. De asemenea, a acumulat experiență profesională prin stagii desfășurate în Parlamentul României și în Parlamentul European.



Matei Cocheci

CAPITOLE
→ Cap.9: Transformarea spațiului construit și acțiunea climatică în România

Matei Cocheci este urbanist, specialist în știința mediului și doctor în geografie, având peste 10 ani experiență în coordonarea și elaborarea de documentații de amenajare a teritoriului și urbanism și documente strategice pentru autorități publice locale din România. În prezent este lector universitar la Universitatea de Arhitectură și Urbanism ”Ion Mincu” București, departamentul Planificare Urbană și Dezvoltare Teritorială. Activitatea sa de cercetare și practica profesională pun accent pe impactul provocărilor de mediu asupra planificării teritoriale. Principalele domenii de cercetare vizează mediile restrictive și reziliența climatică, suburbanizarea în zonele metropolitane și vulnerabilitățile sistemului de planificare spațială din România.



Adina-Eliza Croitoru

CAPITOLE
→ Cap.5: Căldura și sănătatea în România

Este profesor universitar la Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, unde predă și desfășoară cercetări în domeniul fenomenelor meteo-climatice extreme, al schimbărilor climatice și al impactului acestora asupra mediului și societății. Prof. Croitoru a fost implicată în numeroase studii care explorează efectele fenomenelor extreme și schimbărilor climatice asupra sănătății, agriculturii și resurselor de apă. Prof. Croitoru este reprezentant regional pentru Europa (RA VI) în cadrul Consiliului de Cercetare al Organizației Meteorologice Mondiale (WMO), contribuind la dezvoltarea și promovarea cercetării climatice. De asemenea, Prof. Croitoru prezidează Grupul de Lucru al WMO pentru Schimbul de Date cu Sectorul de Cercetare din subordinea aceluiași organism, o inițiativă foarte importantă care are ca scop îmbunătățirea accesului la date meteorologice și climatice pentru comunitatea științifică. Totodată, Prof. Croitoru coordonează și Grupul de Lucru pentru Cercetare la nivel european din cadrul Organizației Meteorologice Mondiale, care are ca principal rol stabilirea priorităților de cercetare la nivel regional și facilitarea comunicării între cercetători și profesioniștii din domeniul meteorologiei, hidrologiei și compoziției atmosferice pentru implementarea rezultatelor științifice în activitatea operațională. La nivel național, Prof. Croitoru este membră a Consiliului Consultativ pentru Dezvoltare Durabilă (CCDD), ca expert pentru Obiectivul de Dezvoltare Durabilă 13 – Acțiune climatică.



Mihai Dima

CAPITOLE
→ Cap.4: Europa se încălzește accelerat: implicații pentru România

Este profesor la Facultatea de Fizică a Universității din București și cercetător în domeniul variațiilor climatice. Este autor al numeroaselor articole științifice referitoare la mecanismele fizice ale schimbărilor climatice, publicate în cele mai prestigioase reviste pe plan internațional. A fost președinte al Consiliului Național al Cercetării Științifice și secretar de stat pentru cercetare științifică și inovare. În prezent, este director al Școlii Interdisciplinare de Studii Doctorale a Universității din București și ambasador științific al Fundației Humboldt din Germania.



Ștefan Dinicilă

CAPITOLE
→ Cap.8: Climatul Urban în România 2026

Inginer și cercetător în cadrul Administrației Naționale de Meteorologie din România, precum și doctorand în Geografie la Universitatea „Babeș-Bolyai”. Este specializat în modelare atmosferică la rezoluție înaltă, prognoză numerică a vremii. Cercetările sale includ studii bazate pe modelul WRF cât și ICON privind insula de căldură urbană și parametrizările urbane, în special pentru București. El face parte din proiectul CAMS-NCP și contribuie, de asemenea, la proiectul CARMINE din programul Orizont Europa, referitor la dezvoltarea rezilientă la climă a regiunilor metropolitane. Activitatea sa conectează modelarea atmosferică avansată cu reziliența climatică urbană și evaluarea riscurilor climatice.



Radu Dudău

CAPITOLE
→ Cap.10: Electrificarea, cheia decarbonizării sectorului energetic

Este președinte și cofondator al EPG. A fost, din 2007 până în 2023, profesor asociat la Universitatea din București. Din 2006 până în 2010, a fost director adjunct la Institutul Diplomatic Român (Ministerul Afacerilor Externe). Este licențiat în fizică și filosofie al Universității din Iași. Este doctor în filosofie (magna cum laude) al Universității Konstanz (Germania) și doctor în științe politice al Școlii Naționale de Studii Politice și Administrative (SNSPA, București). A fost bursier Fulbright în cadrul Programului de securitate națională la Harvard Kennedy School of Government (2011), bursier al Colegiului Noua Europă la Institutul danez de relații internaționale (Copenhaga, 2006) și bursier OSI/FCO-Chevening la Universitatea Oxford (1999–2000). Lucrările sale se concentrează pe politica energetică, tehnologia energetică și piețele energetice.



Alexandru Dumitrescu

CAPITOLE
→ Cap.8: Climatul Urban în România 2026

Este cercetător științific în domeniul climatologiei, cu o experiență de peste două decenii în cadrul Administrației Naționale de Meteorologie – Secția de Climatologie. Expertiza sa se concentrează asupra analizei schimbărilor climatice, prin utilizarea unor metode integrate ce îmbină date observaționale, teledetecție și modelare climatică. Este activ implicat în dezvoltarea serviciilor climatice operaționale, având ca obiectiv transformarea informațiilor climatice complexe în produse aplicabile și relevante pentru sectoare precum agricultura, planificarea urbană, precum și managementul riscurilor climatice și naturale.



Dragoș Ene

CAPITOLE
→ Cap.3: Furtunile severe din România în contextul schimbărilor climatice
→ Cap.5: Căldura și sănătatea în România

Este cercetător la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului, cu o carieră în domeniul teledetecției atmosferice, studiilor climatice și proceselor de validare satelitară. Între 2022 și 2024, Dragoș Ene a fost cercetător la ERATOSTHENES Centre of Excellence (Limassol, Cipru). Este autor și coautor al unui număr semnificativ de articole științifice dedicate proceselor climatice și atmosferice, publicate în reviste de prestigiu. Prin experiența sa interdisciplinară, la intersecția fizicii atmosferei, climatologiei și teledetecției, Dragoș Ene participă activ la eforturile de înțelegere a proceselor atmosferice relevante pentru clima Europei de Sud-Est.



Vlăduț Fălcescu

CAPITOLE
→ Cap.8: Climatul Urban în România 2026

Doctorand al Universității Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca și lucrează ca meteorolog în cadrul direcției de climatologie a Administrației Naționale de Meteorologie. Activitatea și cercetarea sa se concentrează pe adaptarea la efectele schimbărilor climatice, reziliența urbană și politicile climatice.



Ioan-Ștefan Gabrian

CAPITOLE
→ Cap.8: Climatul Urban în România 2026

Inginer și doctorand în cadrul Administrației Naționale de Meteorologie din România, specializat în modelare atmosferică de înaltă rezoluție, prognoză numerică a vremii și climat urban. Cercetarea sa include studii bazate pe WRF privind insula de căldură urbană și parametrizările urbane, cu accent pe București. Este coordonatorul partenerului NMA în proiectul WinDMiL, axat pe prognoza meteo pe termen foarte scurt bazată pe inteligență artificială, și contribuie la proiectul Horizon Europe CARMINE privind dezvoltarea rezilientă la schimbările climatice în regiunile metropolitane. Activitatea sa conectează modelarea atmosferică avansată cu reziliența climatică urbană și evaluarea riscurilor climatice.



Monica Ioniță

CAPITOLE
→ Cap.1: Temperaturi și valuri de căldură în România
→ Cap.2: Precipitații și secetă în România

Este cercetătoare în cadrul Grupului de Paleoclimatologie de la Institutul Alfred Wegener pentru Cercetări Polare și Marine. Cercetările sale sunt axate pe analiza și înțelegerea variabilității și predictibilității potențiale a evenimentelor extreme într-o lume în schimbare, utilizând metode statistice complexe și diferite tipuri de date care acoperă un spectru temporal larg, mergând înapoi cu mii de ani în trecut, acoperind prezentul și extinzând orizontul nostru în viitor. În ultimii ani, a fost, de asemenea, foarte implicată în transferul de știință și tehnologie și în comunicarea generală a problemelor legate de schimbările climatice către public.



Alexandru Laibăr

CAPITOLE
→ Cap.12: Economia Circulară — de la reglementare la Reziliență Industrială și Impactul în viața de zi cu zi

Director Executiv al Asociației Coaliția pentru Economia Circulară – CERC, este un profesionist cu studii de sustenabilitate și experiență în organizații diverse, concentrat pe afaceri durabile din sectorul economiei circulare și sociale, care își folosește cunoștințele și experiența acumulată din sectorul corporativ și non-profit pentru a dezvolta în cadrul CERC o comunitate formată din specialiști și companii care doresc să facă tranziția la economia circulară prin implementarea principiilor și bunelor practici ale circularității în România. De asemenea, desfășoară activități de consultanță și training în economie circulară, sustenabilitate organizațională și ESG.



Vera Marin

CAPITOLE
→ Cap.9: Transformarea spațiului construit și acțiunea climatică în România

Vera Marin este arhitectă, urbanistă și cercetătoare, cu peste 25 de ani de experiență în educație, guvernanță participativă și dezvoltarea capacității de colaborare în procesele de planificare. Din 2001, este președinta Asociației pentru Tranziție Urbană (ATU*), unde dezvoltă proiecte de cercetare-acțiune și formate de învățare care conectează cunoașterea de specialitate cu deciziile și situațiile concrete din orașe. Din 2024, este Ashoka Fellow, ca recunoaștere a inovației sociale prin care profesioniștii mediului construit sunt implicați în educație formală și nonformală. Este, de asemenea, expert URBACT în planificare strategică integrată și participativă, implicarea actorilor și transformarea strategiilor în acțiuni, cu expertiză tematică în educație, cultură și locuire.
*ATU poate organiza cursuri și ateliere pentru cei care doresc să înțeleagă și să se implice în procesele de planificare urbană care pot oferi răspunsuri la provocările legate de schimbările climatice.



Luminița Mărmureanu

CAPITOLE
→ Cap.5: Căldura și sănătatea în România

Este cercetător științific gradul I la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului, cu expertiză în fizica și chimia atmosferei, caracterizarea poluanților atmosferici și identificarea surselor acestora, de la aerosoli până la radionuclizi. Printre contribuțiile sale se numără caracterizarea instrumentelor de referință pentru monitorizarea aerosolilor, analiza evoluției pe termen lung a poluării în România, precum și evaluarea stresului termic în Europa. Luminița a coordonat proiecte de cercetare naționale și internaționale și colaborează cu instituții academice și de cercetare din întreaga Europă pentru a studia poluarea atmosferică, expunerea la căldură și impactul acestora asupra sănătății. Este, de asemenea, implicată activ în formarea tinerilor cercetători și în promovarea înțelegerii poluării atmosferice și a efectelor schimbărilor climatice asupra sănătății.



Corina Murafa

CAPITOLE
→ Cap.13: Cu strategiile făcute și lecțiile neînvățate: noua politică europeană de reziliență ne va prinde din nou în off-side

Corina Murafa este cercetător, activist și consultant independent cu peste 15 ani de experiență în domeniul climei, energiei și sustenabilității, colaborând cu organizații mari din mediul public, privat și non-guvernamental, la nivel național și internațional, precum Banca Mondială, Comisia Europeană, Frankfurt School of Management, Fundația Friedrich Ebert, Environmental Defense Fund, Cancelaria Primului Ministru, Ashoka, și alții. Din 2023 este membră și vicepreședintă a secțiunii Mediu în Comitetul Economic și Social European, în urma unei largi susțineri primite din partea ONG-urilor din România. Este co-fondatoare a Observatorului Român pentru Sărăcie Energetică, membră a board-ului internațional al Misiunii Europene pentru Adaptare la Schimbări Climatice și lector universitar al Facultății de Administrare a Afacerilor în Limbi Străine din cadrul Academiei de Studii Economice din București, unde conduce de asemenea proiecte de cercetare aplicată în domeniul climei și energiei. Parcursul ei academic cuprinde studii doctorale și de master la ASE București și Hertie School of Governance, Berlin, precum și fellowship-uri la New York University și UC Berkeley. Corina scrie și susține frecvent prezentări publice și intervenții în presă pe teme de energie, climă și sustenabilitate.



Viorica Nagavciuc

CAPITOLE
→ Cap.1: Temperaturi și valuri de căldură în România
→ Cap.2: Precipitații și secetă în România

În activitatea sa științifică, Viorica s-a îndreptat în mod prioritar către reconstituirea paleoclimatului pe baza unor parametri ai inelelor anuale de creștere a arborilor: lățimea inelelor anuale, densitatea maximă a inelelor anuale, compoziția izotopilor stabili de oxigen și carbon în celuloza inelelor anuale. De asemenea, ea este interesată să studieze variabilitatea și predictibilitatea evenimentelor climatice extreme (de exemplu, inundații, secete, valuri de căldură), precum și impactul lor asupra aspectelor socio-economice.



Denis Nichita

CAPITOLE
→ Cap.4: Europa se încălzește accelerat: implicații pentru România

Doctorand în cadrul Facultății de Fizică a Universității din București.
Cercetările sale se concentrează asupra utilizării și dezvoltării metodelor de analiză cauzală aplicate datelor observaționale. Prin intermediul acestora, investighează relații și lanțuri cauzale atât în sistemul climatic, cât și în alte domenii. Studiile sale abordează, printre altele, legătura dintre gazele cu efect de seră, gheața marină arctică și slăbirea Circulației Meridionale de Răsturnare din Atlantic, influența factorilor meteorologici asupra răspândirii virusului SARS-CoV-2, precum și cauzele producerii fenomenelor extreme. Colaborează cu cercetători de la Institutul Alfred Wegener pentru Cercetări Polare și Marine din Germania, precum și de la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”.



Valentin Veron Toma

CAPITOLE
→ Cap.5: Căldura și sănătatea în România

Este cercetător științific principal gr. II și șeful Departamentului de Antropologie Culturală și Socială, din cadrul Institutului de Antropologie „Francisc I. Rainer” al Academiei Române din București. Are studii medicale, a urmat studii postuniversitare în antropologie socială și a obținut titlul de doctor în psihiatrie la Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol Davila”. Domeniile sale de interes în cercetare includ antropologia medicală, psihiatria culturală și istoria medicinei. În ultimii cinci ani, Dr. Toma s-a implicat în organizarea primei conferințe a Academiei Române privind schimbările climatice, a participat la Grupul de lucru al Administrației Prezidențiale privind schimbările climatice, a făcut parte din Grupul de lucru privind Fondul Social și Clima și a contribuit la mai multe documente oficiale ale României pe această temă. Dr. Toma a participat, în calitate de reprezentant al României, la panelul de experți din țările membre ale Uniunii Europene care a pus în dezbatere prima versiune a documentului intitulat „Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) on Health and Climate Change”. Grupul de lucru a fost organizat de Comisia Europeană prin RTD Environment and Health (2024). Recent, în cadrul Consiliului Consultativ pentru Dezvoltare Durabilă (CCDD), din cadrul guvernului României, Dr. Toma a constituit un grup de lucru pe tema sănătate și schimbări climatice, prin intermediul căruia România contribuie la activitatea rețelei europene a consiliilor consultative - European Environment and Sustainable Development Advisory Councils Network (EEAC Network) - de la Bruxelles. În luna ianuarie 2025 Dr. Toma a fost ales vicepreședinte al CCDD. De asemenea, în prezent, ocupă poziția de co-președinte al Grupului de lucru pe sănătate al EEAC Network (Bruxelles).