

## **Raport privind indicatori integrati ai secetei în bazinul Prut**

## Cuprins

1	Indici climatici .....	3
2	Date radar .....	5
3	Indicii satelitari de vegetație.....	9
3.1	Indicele de apă diferențială normalizată - NDWI .....	11
3.2	Indicele de Vegetație Diferență Normalizată - NDVI .....	11
3.3	Indicele de Secetă Diferență Normalizată - NDDI .....	13
3.4	Indicele Infraroșu Diferență Normalizată - NDII .....	14
3.5	Indicele suprafeței foliare - LAI.....	15
3.6	Fracțiunea de radiație activă în procesul de fotosinteză, absorbită de vegetație (fAPAR).....	16
4	Caracteristicile observate ale episoadelor de seceta și inundații în bazinul Prut .....	17
5	Referințe bibliografice .....	22

## 1 INDICI CLIMATICI

Tabelul 1. Indici hidroclimatici încărcăți și vizualizați în portalul geospațial IMDROFLOOD.

N r.	Variabla și unitatea de măsură	Pasul de timp		Rezoluție spațială	Intervalul de timp	Controlul calității datelor (Da/Nu)	Omogenizare (Da/Nu)	Formatul fișierelor (e.g. ASCII, raster etc)
1	Temperatură (°C)	zilnic		1 km x 1 km	2000-2016	Da	Da	NetCDF
2	Precipitații (mm)	zilnic		1 km x 1 km	2003-2016	Da	Da	NetCDF
3	Evapo-transpirație (mm)	lunar		10 km x 10 km	1961-2016	Da	Da	NetCDF
4	SPEI (adimensional)	lunar		10 km x 10 km	1961-2016	Da	Da	NetCDF

Geoportalul a fost populat cu indicii climatici prezentați în tabelul 1. Setul de date gridate la rezoluția de 1 km x 1 km, cu valori ale temperaturii zilnice ce acoperă bazinul Prut (tabelul 1) a fost realizat folosind datele zilnice de temperatură și precipitații de la 21 de stații meteorologice românești, la care s-au adăugat observațiile de temperatură zilnică de la 16 stații și cantitățile zilnice de precipitații înregistrate la 17 stații de pe teritoriul Republicii Moldova și Ucrainei, extrase din arhiva globală Global Historical Climatology Network-Daily (GHCND-D) (Menne et al. 2012). Controlul calității datelor, omogenizarea și interpolarea datelor lipsă s-a realizat cu pachetul R CLIMATOL (Guijarro 2016). Pentru spațializarea datelor obținute din observații, la rezoluția fină de 1km x 1km, au fost folosite o serie de date ce caracterizează relieful și distribuția uscat/mare: altitudine, latitudine, distanța față de Marea Neagră. Aceste date au fost derivate, la rezoluția de 1 km x 1 km din setul USGS SRTM30 DEM (Jarvis et al. 2008). Ca informații ajutătoare au fost folosite și datele de temperatură a aerului la 2 m din reanalizele MERRA - 2 (Molod et al. 2015). Datele de reanalize au fost ajustate la rezoluția de 1 km x 1 km folosind modelul MicroMet (ce cuantifică relația altitudine/temperatură) (Liston and Elder 2006). Construcția setului de date zilnice ale

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatorilor hidro-climatici în timp real

cantității de precipitații la rezoluția de 1 km x 1 km s-a realizat combinând datele observate la stațiile meteorologice cu câmpurile de reflectivitate radar.

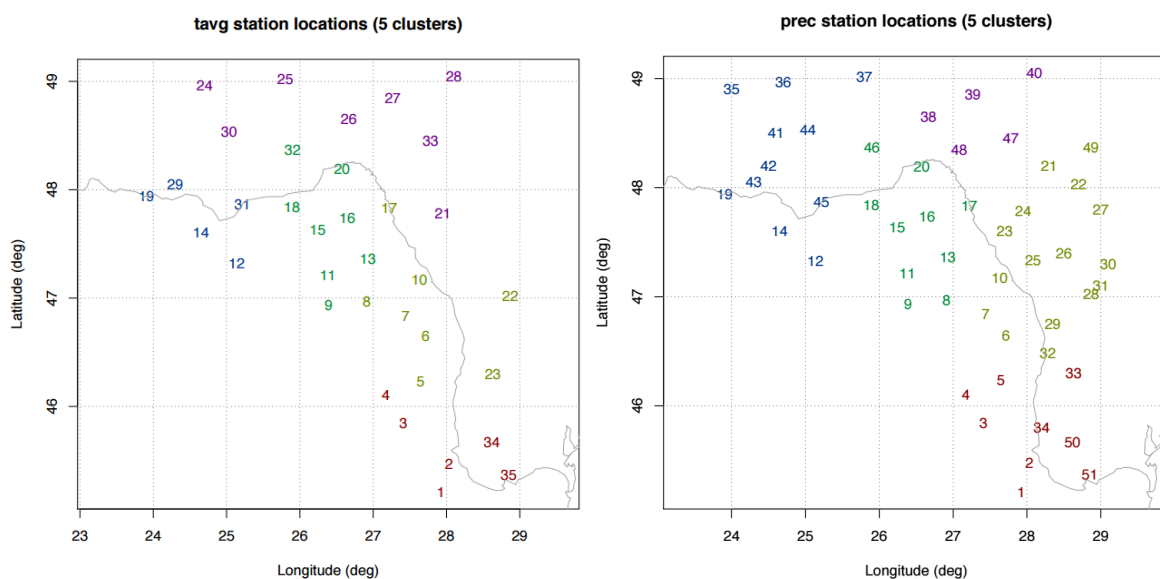


Figura 2. Locația stațiilor folosite la construirea produsului gridat cu valori ale indicelui de secetă precipitații/evapotranspirație pentru bazinul Prut, pentru intervalul 1961-2016.

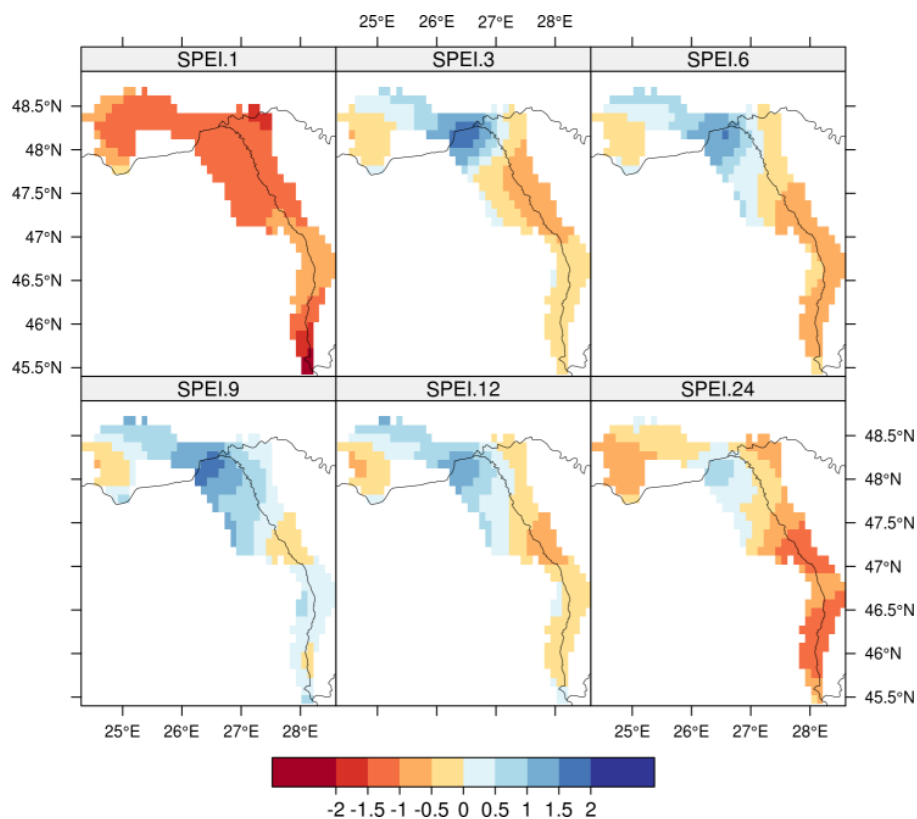


Figura 3 Valorile indicatorului SPEI pentru bazinul Prut în august 2010. Valorile negative indică secete, iar cele pozitive, excedent al resursei de apă.

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

Reflectivitatea radar a fost furnizată de stația radar Bârnova WSR-98D și a fost prelucrată pentru obținerea informațiilor privind rata de precipitații conform procedurii prezentate de Burcea și colaboratorii (2012). Seturile gridate de temperatură și precipitații, construite la rezoluția de 1 km x 1 km, au fost validate încrucișat.

Folosind valori lunare observate ale temperaturii și cantității de precipitații, s-au calculat evapotranspirația potențială și indicele standardizat precipitații/evapotranspirație (SPEI), ce caracterizează excesul/deficitul resursei de apă, pentru arealul bazinului Prut. Locațiile stațiilor ale căror datele climatice au fost folosite la construirea indicelui standardizat precipitații/evapotranspirație - SPEI (Vicente-Serrano et al 2010) sunt reprezentate în figura 2.

Pentru produsele gridate ale indicatorului de secetă SPEI au fost folosite date de temperatură de la 35 stații și datele de precipitații de la 51 stații din zona de interes. Un exemplu ce ilustrează configurația spațială a valorilor SPEI, pentru un anumit moment în timp, este prezentat în figura 3. Valorile negative ale SPEI indică secete, iar cele pozitive, excedent al resursei de apă.

## 2 DATE RADAR

Datele provenite de la radarele meteorologice sunt utilizate pentru detecția, monitorizarea evoluției și prognozei pe foarte scurtă durată (i.e. până la câteva ore) a fenomenelor meteorologice asociate structurilor noroase atmosferice. Aceste date au aplicații atât în meteorologie cât și în hidrologie (Krajewski și Smith, 2002), unul dintre principalele produse radar fiind estimarea cantitativă a câmpului de precipitații atmosferice. Astfel, radarele meteorologice oferă o oportunitate fără precedent de a cuantifica precipitațiile asociate sistemelor noroase atmosferice, principalul avantaj fiind constituit de rezoluțiile spațială și temporală foarte bune (Smith et al., 1996 ; Krajewski și Smith, 2002) și în acest context sunt folosite în proiectul IMDROFLOOD.

Măsurătorile radar utilizate pentru setul de date gridat cu valorile zilnice ale cantității de precipitații, ce acoperă bazinul Prut, cu rezoluția spațială foarte fină (1km x 1 km) sunt cele de reflectivitate, măsurate la primele elevații ale antenei. Zgomotul de sol (rezultat în urma interacțiunii fasciculului radar cu formele de teren înalte sau terenul din jurul amplasamentului radar) și ecurile radar specifice propagării anormale sunt rezultatul mai multor factori, incluzând : modelul de propagare al radiației, înălțimea față de sol a antenei, unghiul de elevație, relieful local și profilul atmosferic al indicelui de refracție, care este la rândul lui afectat de profilul presiunii, temperaturii și umezelii aerului. Cele din urmă reprezintă factorul dominant și sunt responsabile pentru variația orară și zilnică ce sunt caracteristice modelului spațial al ecurilor zgomotului de sol și al propagării anormale.

În etapele anterioare a fost dezvoltat și adaptat un algoritm de detecție și eliminare a ecurilor non-meteorologice din datele provenite de la sistemul radar din zona bazinului Prut, utilizând unele principii descrise de Steiner și Smith (2002) și Zhang și colab. (2004). Metoda a constatat în calculul unor parametrii orizontali și verticali, prelucrând datele radar tri-dimensionale, pentru îmbunătățirea calității reflectivității radar în apropierea solului, deoarece aceste date sunt utilizate pentru estimarea cantitativă a câmpului de precipitații din regiunea de interes. Deși calitatea datelor radar după aplicarea acestui algoritm este bună, la prima analiză, în procesul de

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

integrare al măsurătorilor radar cu cele de la stațiile meteorologice și posturile hidrologice, în produsul gridat la rezoluția spațială de 1km au fost identificate situații când ecourile non-meteorologice au efect asupra calității câmpului de reflectivitate. Astfel, în această etapă, au fost aplicate noi filtre pentru a diminua efectul negativ al ecourilor non-meteorologice asupra prelucrării automate a datelor radar folosite la estimarea cantitativă a câmpului de precipitații atmosferice în aria de acoperire a radarului meteorologic.

Ținând cont de faptul că pentru o cât mai bună estimare cantitativă a precipitațiilor în aria de acoperire a radarului meteorologic este nevoie de măsurători cât mai aproape de suprafața solului, algoritmul de identificare și eliminare a țintelor meteorologice construiește o elevație hibridă din datele de la primele elevații. Acest lucru este realizat în urma procesării elevațiilor cele mai joase. Astfel, frecvența de detecție a ecourilor radar calculată pentru luna iunie 2016, pentru elevația hibridă, după prelucrarea datelor prin intermediul algoritmului, este ilustrată în Fig. 5 (stânga). Se observă că după eliminarea ecourilor non meteorologice, distribuția este mult mai simetrică și mai aproape de modelul circular. Algoritmul a eliminat cea mai mare parte a zgomotului rezidual din datele radar. Comparând cu Fig. 4 (stânga), se observă că frecvența și extinderea valorilor mari s-au redus. Același lucru este evidențiat și de graficul frecvenței de detecție medie în funcție de distanța față de radar (Fig. 5 dreapta). Valoarea reprezintă media aritmetică a frecvenței de detecție cu o rezoluție de distanță de 1 km, folosind valorile de pe toate azimuturile (i.e.  $0^{\circ}$  -  $360^{\circ}$ ) grilei polare caracteristică datelor. Linia plină reprezintă media obținută din date inițiale, iar linia punctată reprezintă media obținută din datele prelucrate cu ajutorul algoritmului.

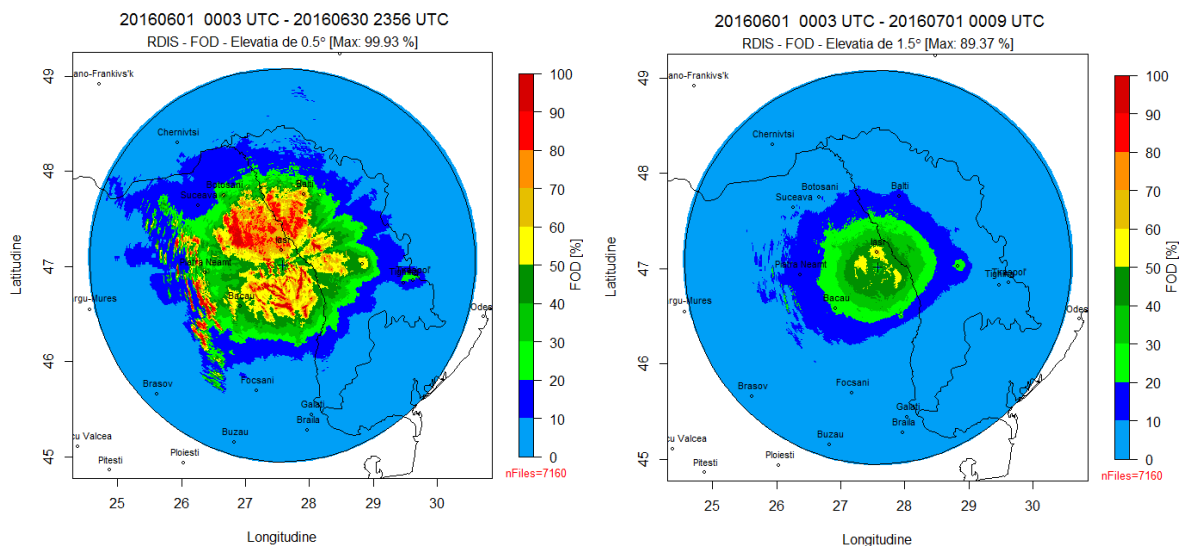


Figura 4. Frecvența de detecție pentru radarul de la Bârnova, elevația de  $0.5^{\circ}$  (stânga) și cea de  $1.5^{\circ}$  (dreapta), pentru luna iunie 2016.

Se observă, totuși, că la distanțe mari față de radar, algoritmul poate să nu performeze bine, trecerea de la o elevație la alta fiind vizibilă. Acest lucru se întâmplă din cauză că atunci când în aria de detecție sunt prezente sisteme noroase stratiforme, a căror extindere verticală este mai mică (ex. maxim 5-6 km în altitudine) fasciculul se propagă prin limita superioară a norilor sau chiar pe deasupra acestora. În cazul în care sistemele noroase predominante sunt de tip convectiv, însemnând că extinderea lor verticală depășește 10 km, algoritmul furnizează rezultate mult mai bune. Un exemplu este ilustrat în Fig. 6, unde frecvența de detecție pentru prima elevație (stânga), ziua de 14 iunie 2016, prezintă valori de peste 80% pe o arie semnificativă, iar cea caracteristică datelor prelucrate cu algoritmul de corecție a calității datelor (dreapta) este mult mai uniformă, ecourile non-meteorologice fiind eliminate cu succes.

În concluzie, în această etapă, a fost realizată evaluarea calității datelor radar ce reprezintă inputul procesului de estimare cantitativă a precipitațiilor, prin descrierea unor metode simple și eficiente. Au fost prezentate rezultate în urma efectuării statisticii pe datele inițiale și pe cele ce reprezintă outputul algoritmului dezvoltat pentru îmbunătățirea calității datelor inițiale. Principala sursă de ecouri non-meteorologice este propagarea anomală a fasciculului radar și generarea, astfel, de ecouri provenite de la țintele fixe de sol. Prima elevație ( $0.5^\circ$ ) prezintă o multitudine de ecouri non-meteorologice, în schimb cea de-a doua ( $1.5^\circ$ ) este mult mai puțin afectată de acestea.

Rezultatele algoritmului de îmbunătățire a calității datelor radar sunt bune, impactul ecourilor non-meteorologice fiind semnificativ redus. Totuși, trebuie să se țină cont și de compromisul generat de folosirea acestor tipuri de algoritmi, efectul negativ putând consta în eliminarea unora dintre ecourile meteorologice. În plus, trebuie menționat faptul că aceste probleme legate de calitatea datelor radar nu sunt legate de radar ci de mediul în care acesta scanează atmosfera (i.e. condițiile atmosferice, relief etc). De asemenea, estimarea cantitativă a câmpului de precipitații din datele radar, corectate din punct de vedere al calității lor, trebuie ajustată prin utilizarea măsurărilor efectuate la suprafața solului. Astfel, rezultatul aplicării algoritmului de control al calității datelor radar a fost utilizat pentru a produce grilele reprezentând estimarea zilnică a cantității de precipitații, din date radar. Fluxul de producere a acestor grile a fost următorul:

1. rularea algoritmului de control al calității datelor radar
2. transcrierea datele corectate din grila polară într-una de tip Cartezian
3. calculul intensității instantanee a precipitațiilor
4. calculul acumulării cantității de precipitații de la o scanare la următoarea
5. calculul cantității orare și zilnice a precipitațiilor

Deși datele radar utilizate în estimarea cantitativă a câmpului de precipitații pot fi trecute printr-un algoritm de control al calității, acestea pot avea unele erori (Delobbe et al. 2006, Holleman 2007, Burcea et al. 2012). Grila finală, reprezentând estimarea cantitativă a precipitațiilor din date radar, a fost utilizată pentru generarea hărților acumulării zilnice a precipitațiilor la nivelul bazinului hidrografic Prut, prin ajustarea acestora cu datele măsurate la stațiile meteorologice.

Mozaicul din datele radar corectate prin eliminarea ecourilor non-meteorologice au fost introduse ca predictor în procedura de gridare a datelor observate la stațiile meteorologice, pentru obținerea valorilor zilnice ale cantității precipitații, la rezoluția

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatorilor hidro-climatici în timp real

de 1 km x 1 km, ce acoperă bazinul Prutului (figura 7). Setul de precipitații zilnice astfel obținut acoperă intervalul 2003-2016.

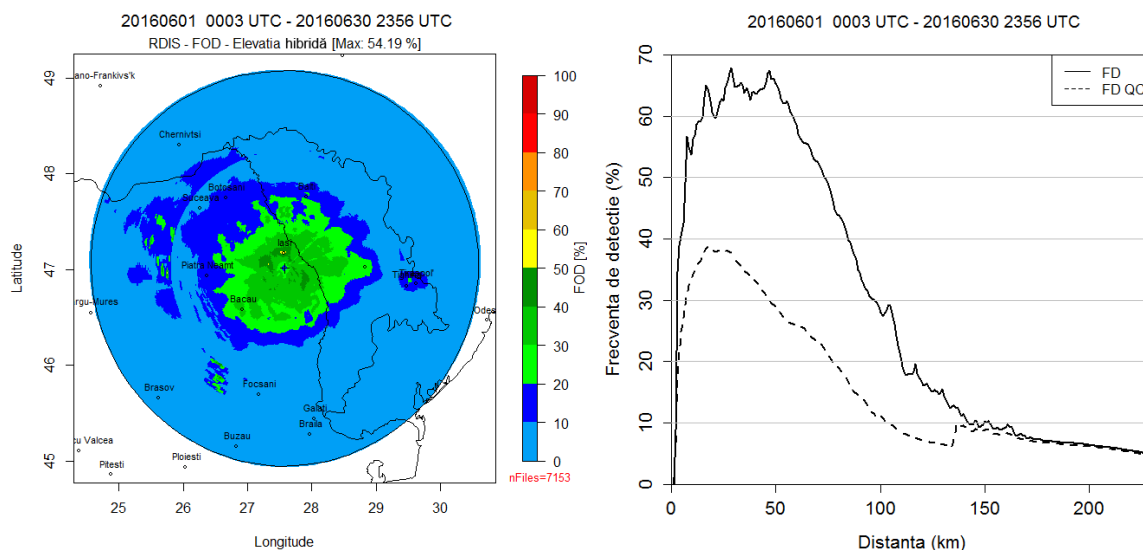


Figura 5. Frecvența de detecție pentru radarul de la Bârnova, elevația hibridă, pentru luna iunie 2016 (stânga) și frecvența de detecție medie în funcție de distanța față de radar.

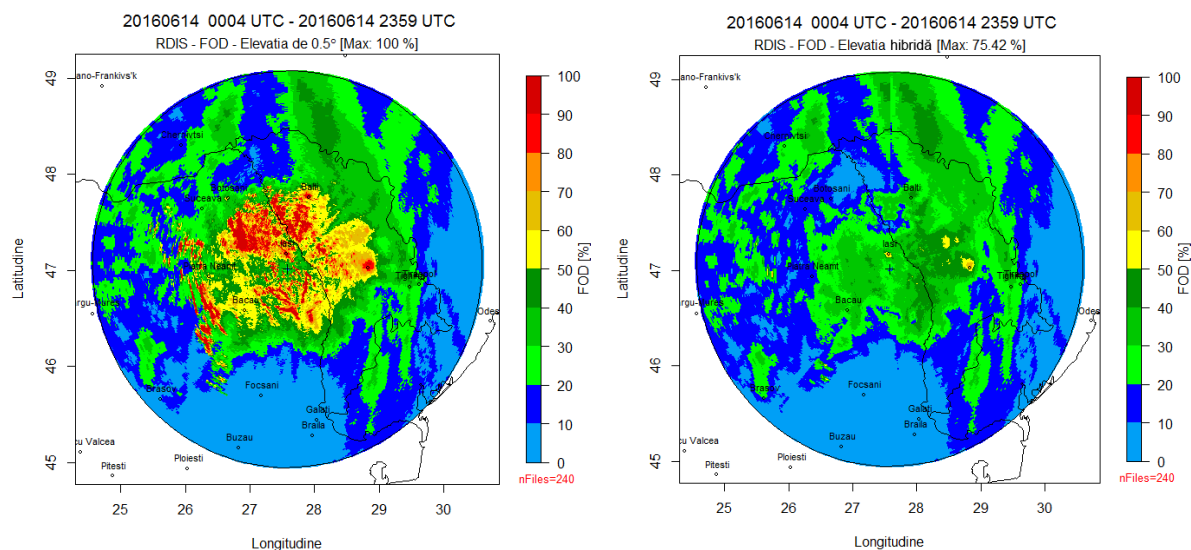


Figura 6. Frecvența de detecție pentru radarul de la Bârnova, elevația de 0.5° (stânga) și cea hibridă (dreapta), pentru data de 14 iunie 2016.



Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatorilor hidro-climatici în timp real

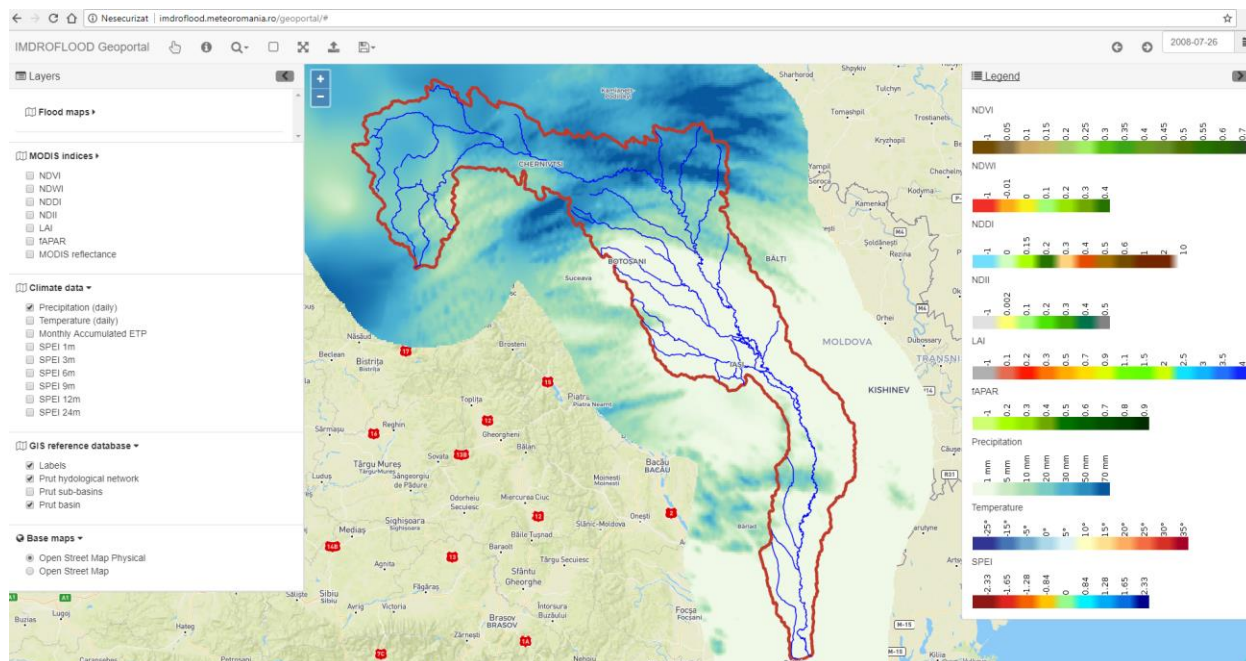


Figura 7. Cantitatea de precipitații (în mm) din 26.07.2008 (în intervalul în care s-au produs inundațiile istorice din iulie 2008), valori gridate la rezoluția de 1 km x 1 km, integrate și vizualizate în geoportalul IMDROFLOOD (<http://imdroflood.meteoromania.ro/geoportal/>). Cu linie roșie este ilustrat bazinul Prut.

### 3 INDICII SATELITARI DE VEGETAȚIE

Indicii de vegetație sunt printre cele mai frecvente produse satelitare utilizate pentru evaluarea, monitorizarea și măsurarea acoperirii vegetației, a condițiilor, a proceselor biofizice și a schimbărilor din ecosisteme. Acestea au fost folosite de-a lungul ultimelor decenii într-o varietate largă de aplicații, inclusiv monitorizarea efectelor secetei la scară regională, națională și locală (Brown și colab., 2008).

Structura vegetației se caracterizează prin poziția, orientarea, dimensiunea și forma elementelor de vegetație (Ross, 1981). Distribuția proprietăților optice poate fi considerată ca parte a structurii acoperirii vegetale. Arhitectura acoperirii vegetale variază în timp, de la fracțiuni de secunde și minute (vânt, stres de apă etc.) până la sezon (evoluție fenologică, constrângeri de mediu) și ani (dinamica ecosistemelor) (Weiss și colab., 2004). Indicii de vegetație sunt un subset de indicatori spectrali și se bazează pe răspunsurile spectrale ale obiectelor care interacționează cu radiația solară incidentă.

Indicii de vegetație, calculați din valorile de reflectanță, au aplicații în monitorizarea dinamicii vegetației, determinarea radiației active fotosintetice absorbite, a conductivității vegetației și a capacității fotosintetice. Indicii de vegetație sunt parametri utilizați pentru estimarea efectelor vegetației asupra variațiilor sezoniere ale dioxidului de carbon atmosferic și pentru a cuantifica efectul variațiilor de CO<sub>2</sub> și de temperatură asupra vegetației. Indicii de vegetație pot fi utilizați pentru

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

monitorizarea și evaluarea secetei datorită discriminării exacte a vegetației și a corelațiilor cu parametrii biofizici care determină expunerea vegetației.

Deși niciunul dintre indicii majori nu este superior celorlalți în toate circumstanțele, unii indicatori sunt mai potriviți decât alții pentru anumite utilizări, în funcție de topografie, vreme, repartitie spațială sau disponibilitatea altor parametri (temperatura, umiditatea solului, acumularea de zăpadă etc.) (Renza și colab., 2010).

Indicii de secetă sunt măsuri cantitative care caracterizează nivelurile de secetă prin asimilarea datelor dintr-una sau mai multe variabile (indicatori), cum ar fi precipitațiile și evapotranspirația, într-o singură valoare numerică. Un astfel de indice este mai ușor de utilizat decât datele brute de indicatori. Natura indicilor de secetă reflectă diferite evenimente și condiții; aceștia pot reflecta anomaliile privind uscarea climatului (bazate în principal pe precipitații) sau corespund unor impacturi agricole și hidrologice întârziate, cum ar fi pierderea umidității solului sau nivelurile reduse a rezervelor de umiditate (Zargar și colab., 2011).

În cadrul proiectului IMDROFLOOD au fost utilizate datele colectate de senzorul Spectroradiometru cu rezoluție moderată (MODIS), imbarcat la bordul sateliților Terra și Aqua. Orbita satelitului Terra în jurul Pământului este programată astfel încât să treacă de la nord la sud de-a lungul ecuatorului dimineața, în timp ce satelitul Aqua trece de la sud la nord peste ecuator după-amiaza. Terra MODIS și Aqua MODIS acoperă toată suprafața Pământului în 1 - 2 zile. MODIS joacă un rol esențial în dezvoltarea modelelor de validate, globale, interactive, capabile să prezică schimbările globale cu suficientă precizie pentru a ajuta factorii politici să ia decizii solide privind protecția mediului ([modis.gsfc.nasa.gov/about/](http://modis.gsfc.nasa.gov/about/)).

Imaginile și produsele MODIS, colecția 6, h19v04 și h20v04 folosite pentru a calcula indicii de vegetație (MOD09A1) și variabilele biofizice (MOD15A2) au fost descărcate de la <https://earthdata.nasa.gov/>. Produsul de reflectanță MOD09A1 este un produs de nivel 3 cu o rezoluție spațială de 500 m și o rezoluție temporală de 8 zile. Estimarea reflectanței din date satelitare necesită imagini clare, fără nori. În acest sens se utilizează imagini consecutive pentru eliminarea acoperirii noroase (<https://modis.gsfc.nasa.gov/data>). Produsul MOD15A2 include Indicele Suprafeței Foliare (LAI) și Frațiunea zilnică de radiație fotosintetică activă absorbită (FAPAR), fiind un produs satelitar de nivel 4, în proiecție sinusoidală, cu o rezoluție spațială de 1 km. Produsul MODIS LAI/FAPAR MOD15A2 este un produs compozit la 8 zile în vederea eliminării dezavantajului creat de acoperirea noroasă (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/api/v1/MOD15A2>).

Produsele obținute din datele satelitare MODIS au fost integrate în mediul SIG, pentru a facilita realizarea de analize geospațiale obiective care să favorizeze monitorizarea și evaluarea secetei.

### 3.1 INDICELE DE APA DIFERENȚIALA NORMALIZATA - NDWI

NDWI reprezintă conținutul de apă al vegetației. Acesta poate fi calculat din date brute MODIS sau produse MODIS (produsul MOD09A1). Rezoluția spațială este de 500 m și rezoluție temporală de 8 zile. NDWI are formule de calcul diferite în funcție de scop. Ambele formule au fost publicate în 1996 de către McFeeters și Gao. NDWI propus de McFeeters este util pentru caracterizarea suprafețelor de apă deschisă sau pentru delimitarea suprafețelor afectate de inundații.

NDWI propus de Gao este calculat astfel:

$$NDWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$

unde: NIR este banda 2 și SWIR este banda 6. Produsele astfel obținute sunt utile pentru monitorizarea vegetației; astfel, valorile NDWI ridicate (pozitive) corespund conținutului ridicat de apă al vegetației, în timp ce valorile scăzute (negative) corespund conținutului scăzut de apă al vegetației (edo.jrc.ec.europa.eu). Combinația dintre NIR și SWIR îndepărtează variațiile induse de structura internă a frunzelor și conținutul de materie uscată a frunzelor, îmbunătățind acuratețea estimării conținutului de apă (Ceccato și colab., 2001).

NDWI deține un potențial considerabil pentru monitorizarea secetei, deoarece cele două benzi spectrale utilizate pentru calculul său sunt receptive la schimbările în conținutul de apă (banda SWIR). Ca rezultat, NDWI este influențat atât de perioadele extrem secetoase, cât și de perioadele extrem umede și poate fi un indicator mai sensibil al secetei decât Indicele de vegetație diferențială normalizată (NDVI), care nu reflectă modificările conținutului de apă al vegetației (Biswal și colab., 2014). Cantitatea de apă disponibilă în structura internă a frunzei controlează, în mare măsură, reflectanța spectrală în intervalul SWIR al spectrului electromagnetic (Tucker 1980).

Produsul de sinteză NDWI, acoperind întregul bazin Prut, a fost calculat pentru intervalul februarie 2000 - octombrie 2017 și integrat în geoportalul IMDROFLOOD (Figura 8).

### 3.2 INDICELE DE VEGETATIE DIRERENTA NORMALIZATA - NDVI

NDVI a fost dezvoltat de Kriegler în 1969 și îmbunătățit de Rouse și colab. în 1973. NDVI este o măsură a cantității și vigorii vegetației pe suprafața terenului (Prince și Justice 1991). Este folosit pentru monitorizarea acoperirii vegetale, conținutului de clorofilă și alte proprietăți vegetale. Contrastul dintre absorbția intensă de pigmenti de clorofilă în canalul roșu și reflexia mare a mezofilului de frunze în infraroșu apropiat

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

este principala caracteristică utilizată pentru calcularea NDVI. Acesta poate fi folosit pentru a indica stresul vegetației, în special din cauza lipsei de apă, care este principalul factor care afectează vegetația și controlează conținutul și integritatea pigmentului frunzelor (Maselli, 2004).

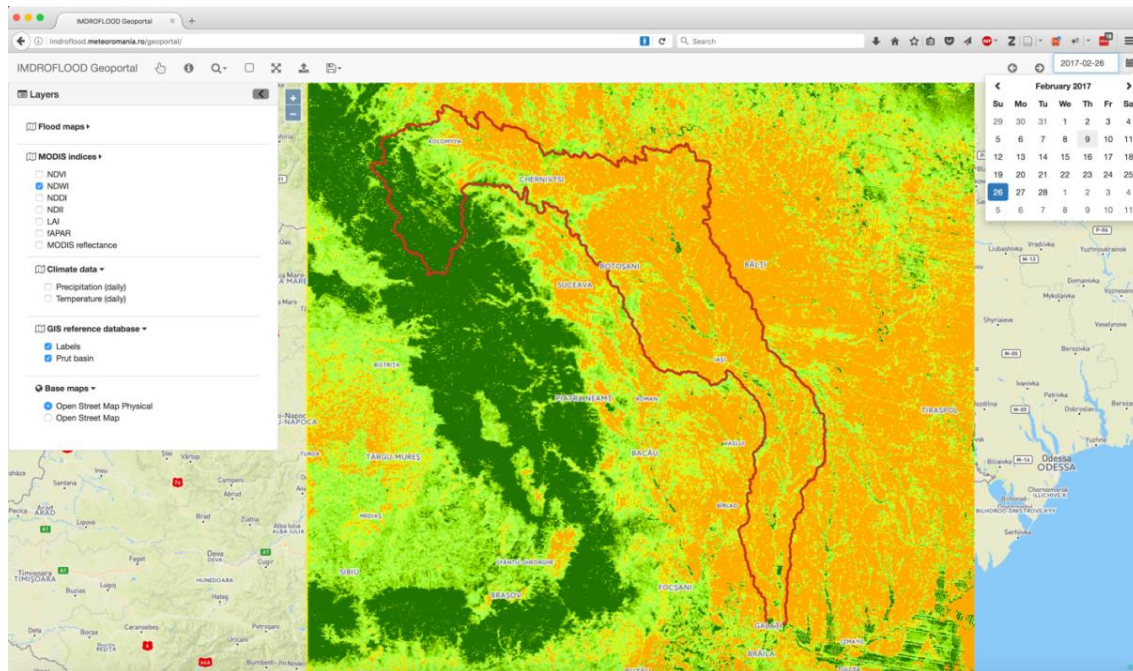


Figura 8 Exemplu de produs NDVI integrat în geoportalul IMDROFLOOD.

NDVI se calculează conform formulei:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

unde: RED și NIR stau la baza măsurătorilor de reflectanță spectrală obținute în regiunile vizibile (roșu) și infraroșu apropiat. Valorile NDVI variază de la -1,0 la 1,0:

- valori negative indică norii, apa sau zonele urbane;
- valori pozitive apropiate de zero indică solul gol;
- valori pozitive indică vegetația de la slab dezvoltată (0,1 - 0,5) la vegetația densă verde (0,6 și peste).

NDVI este un indicator al prezenței, densității și sănătății vegetației. Acesta poate fi folosit pentru a monitoriza sezonul de vegetație (începutul, sfârșitul și durata) pentru un singur pixel (Reed și colab., 1994, White și colab., 1997) sau pentru zone mari (Myneni și colab., 1997, Zhou și colab., 2001). Fenofazele de plante (înmugurire, înflorire, înfrunzirea, colorarea frunzelor sau defolierea) joacă un rol-cheie în interacțiunile care apar la interfața sol-plantă-atmosferă (Chen și Pan 2002).



Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

Produsul de sinteză NDVI, acoperind întregul bazin Prut, a fost calculat pentru intervalul februarie 2000 - octombrie 2017 și integrat în geoportalul IMDROFLOOD (Figure 9).

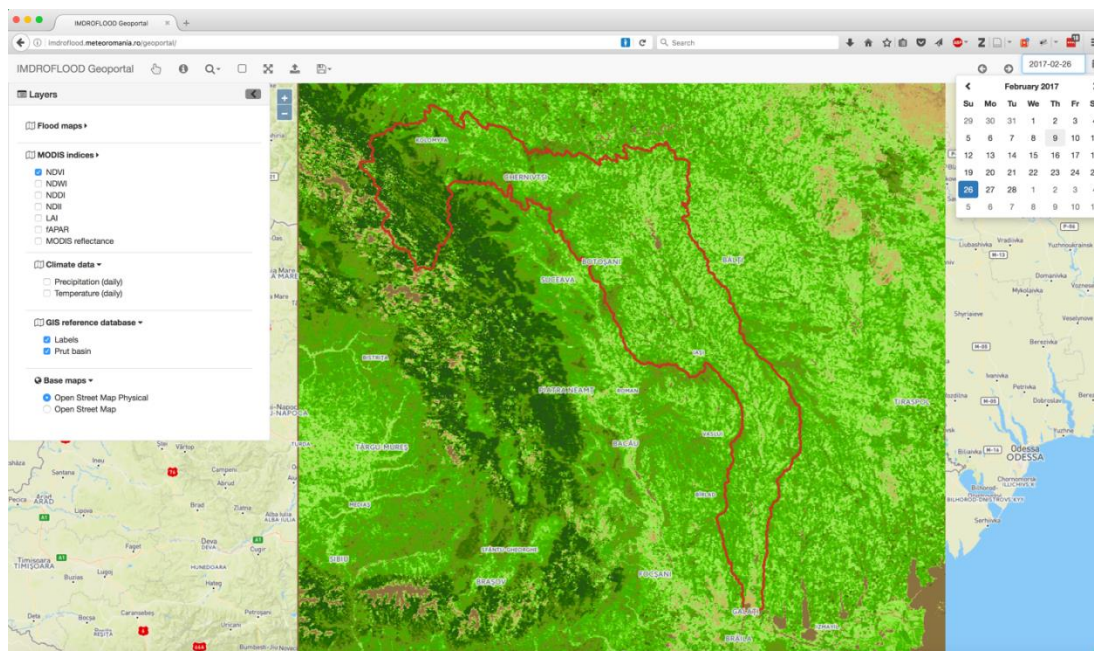


Figura 9. Exemplu de produs NDVI integrat în geoportalul IMDROFLOOD.

### 3.3 INDICELE DE SECETA DIFERENȚA NORMALIZATA - NDDI

Gu și colab. (2007) a calculat indicele de secetă diferențială normalizată (NDDI) care poate fi utilizat pentru monitorizarea secetei. NDDI combină informații din canalele spectrale vizibil (roșu), infraroșu apropiat (NIR) și infraroșu în unde scurte (SWIR):

$$NDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI}$$

unde:  $NDVI = [(NIR - red) / (NIR + red)]$  and  $NDWI = [(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)]$ .

NDDI poate oferi o detalii asupra uscăciunii unei anumite zone, deoarece combină informații despre vegetație și apă. NDDI profită de faptul că NDVI oferă informații despre materia vegetală, iar NDWI oferă informații despre umiditatea plantelor. În studiul său Gu și colab. a arătat că NDWI are un răspuns mai puternic la condițiile de secetă decât NDVI. Mediile NDVI și NDWI au fost în mod constant mai scăzute ( $NDVI < 0,5$  și  $NDWI < 0,3$ ) în condiții de secetă decât în condiții fără secetă ( $NDVI > 0,6$  și  $NDWI > 0,4$ ). Produsul de sinteză NDDI, acoperind întregul bazin Prut, a fost calculat pentru intervalul februarie 2000 - octombrie 2017 și integrat în geoportalul IMDROFLOOD (Figura 10).

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

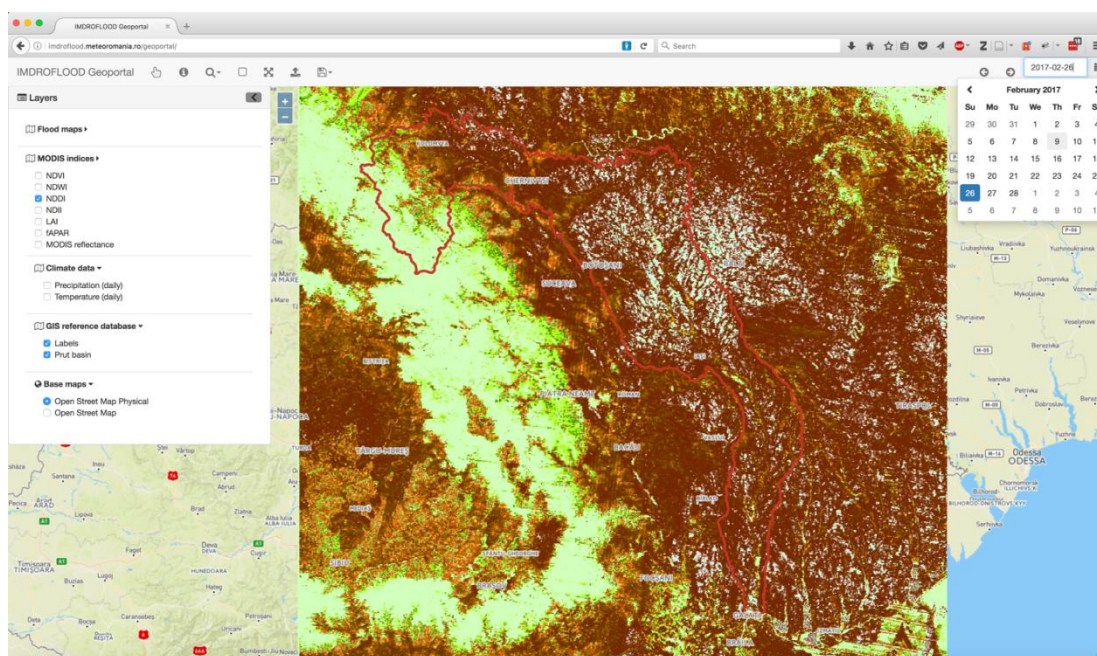


Figura 10. Exemplu de produs NDDI integrat în geoportalul IMDROFLOOD.

### 3.4 INDICELE INFRAROSU DIRERENTA NORMALIZATA - NDII

NDII a fost dezvoltat de by Hardisky și colab. în 1983 folosind raportul dintre diferența valorilor reflectanței din infraroșu apropiat (NIR) și infraroșu în unde scurte (SWIR) și suma acestora, conform ecuației:

$$NDII = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$

NDII este un indice normalizat, iar valorile variază între -1 și 1. O valoare scăzută NDII și în special sub zero înseamnă că reflectanța de la  $\rho_{NIR(0.85)}$  este mai mare decât reflectanța de la  $\rho_{SWIR(1.65)}$  iar acest lucru indică stresul de apă al acoperirii vegetale (Sriwongsitanon și colab., 2016).

Formula este similară cu NDVI, care este definită valorile benzilor din domeniul roșu și infraroșu apropiat (Sriwongsitanon și colab., 2016). În plus față de determinarea conținutului de apă din vegetație, NDII poate fi eficient utilizat pentru a detecta stresul apei din plante în funcție de reflectanța în infraroșu în unde scurte, legată de conținutul de apă din frunze datorită absorbției mari de către frunze (Steele-Dunne și colab., 2012; Friesen și colab., 2012; Van Emmerik și colab., 2015). Multe studii au găsit relații între EWT (grosimea echivalentă a apei) și reflectanța din domeniul NIR și SWIR a spectrului utilizat pentru derivarea NDII (Hardisky și colab., 1983; Hunt și Rock, 1989; Gao, 1996; Ceccato și colab., 2002; Fensholt și Sandholt, 2003).

NDII a fost dezvoltat pentru a monitoriza conținutul de apă din frunze (Hardisky și colab., 1983), astfel încât există o relație directă între NDII și deficitul de umiditate

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

al zonei radiculare. Pe de altă parte, deficitul este o funcție directă a cantității de umiditate stocată în zona rădăcinii. În acest context, dacă este conectată grosimea apei din frunze și presiunea de aspirație din zona rădăcinii, atunci NDII va reflecta direct conținutul de umiditate al zonei radiculare. Deci, NDII ne-ar permite să vedem vegetația ca un manometru natural, oferind informații despre cantitatea de apă disponibilă în subsol pentru a fi folosită de vegetație. Acesta poate fi un indicator integrat al umidității solului în zona rădăcinii, disponibilă direct la scara de interes (Sriwongsitanon și colab., 2016). Produsul de sinteză NDDI, acoperind întregul bazin Prut, a fost calculat pentru intervalul februarie 2000 - octombrie 2017 și integrat în geoportalul IMDROFLOOD (Figura 11).

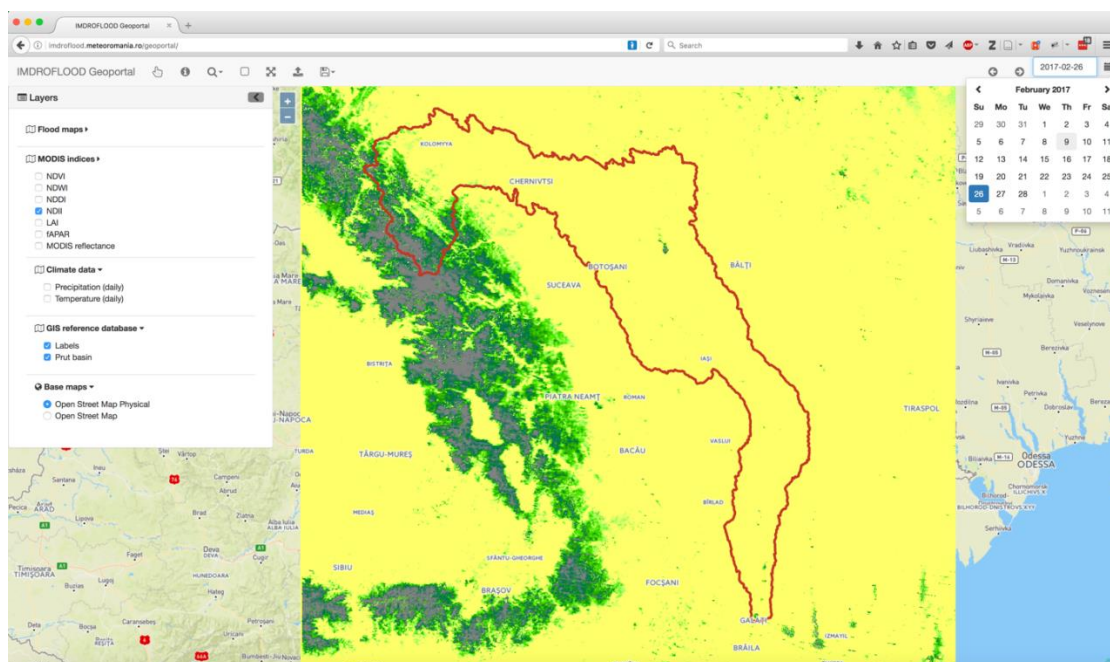


Figura 11. Exemplu de produs NDII integrat în geoportalul IMDROFLOOD.

### 3.5 INDICELE SUPRAFEȚEI FOLIARE - LAI

Indicele suprafeței foliare (LAI), definit ca jumătate din suprafața frunzelor verzi proiectată pe unitatea de suprafață a solului, este variabila principală folosită în modelarea mai multor procese, cum ar fi fotosinteza și evapotranspirația (Chen și Black 1992). LAI apare ca o variabilă-cheie în modelele care descriu interacțiunea vegetație - atmosferă, în special în ceea ce privește ciclul carbonului și al apei (GCOS, 2004).

Informațiile LAI reflectă procesele biochimice și fiziologice ale vegetației, indicând astfel productivitatea vegetației și servește drept variabilă importantă de intrare în modelele proceselor de suprafață. Fang și colab. (2011) subliniază că înțelegerea LAI pentru culturi și dinamica sa este foarte importantă pentru o gamă largă



Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

de studii agricole, cum ar fi monitorizarea creșterii culturilor și estimarea randamentului culturilor.

În gama de metode folosite pentru a estima LAI, există două tipuri largi: directe și indirecte (Zheng și Moskal, 2009). Aceste metode constituie fundamentul și baza pentru obținerea unor estimări precise LAI. Metodele directe sunt exacte, dar necesită resurse de forță de muncă și, prin urmare, sunt utilizate într-un mod limitat. Acestea constau în două etape, colectarea frunzelor și măsurarea suprafeței frunzelor. În metodele indirecte, suprafața frunzei este dedusă din observațiile unei alte variabile. Acestea sunt, în general, mai rapide, permit obținerea unui eșantion spațial mai mare, devenind astfel din ce în ce mai importante (Jonckheere și colab., 2004).

Produsul de sinteză LAI, acoperind întregul bazin Prut, a fost calculat pentru intervalul februarie 2000 - octombrie 2017 și integrat în geoportalul IMDROFLOOD (Figura 12).

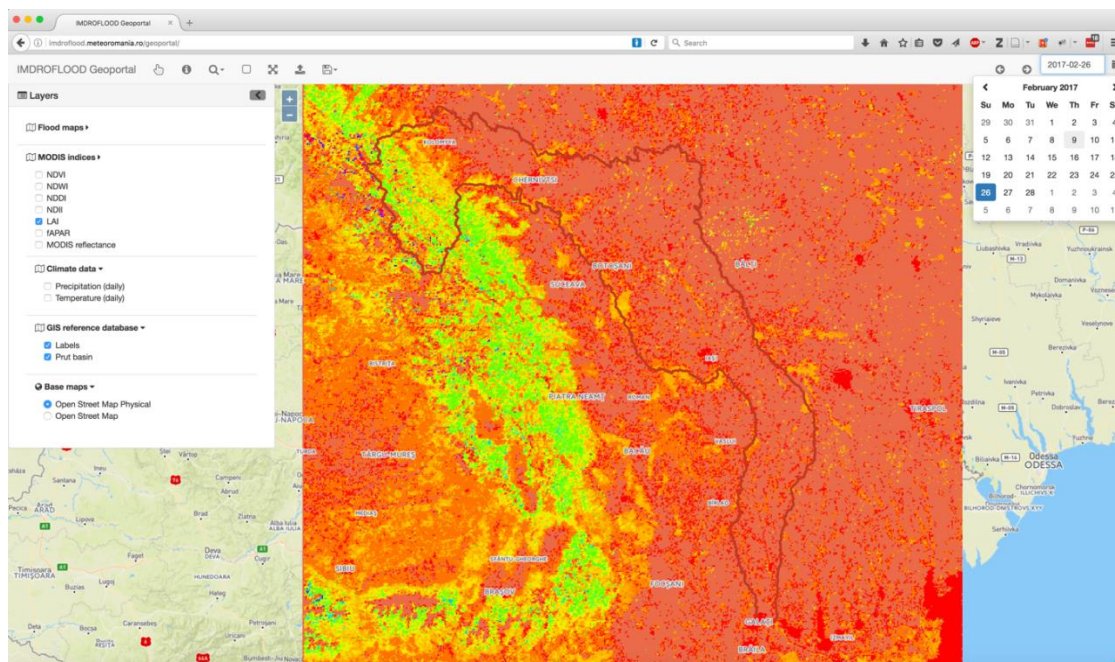


Figura 12. Exemplu de produs LAI integrat în geoportalul IMDROFLOOD.

### 3.6 FRAȚIUNEA DE RADIAȚIE ACTIVĂ ÎN PROCESUL DE FOTOSINTEZĂ, ABSORBITA DE VEGETAȚIE (FAPAR)

FAPAR este în general definită ca fracțiunea Radiației active fotosintetice (PAR) absorbită de vegetație, unde PAR este radiația solară incidentă în lungimea de undă cuprinsă între 0,4-0,7μm (Gower, Kucharik, & Norman, 1999). FAPAR este astfel direct legat de fotosinteză și este una dintre puținele variabile care leagă activitatea de structura ecosistemului (Asner, Wessman, & Archer, 1998).





Unit din Marea Britanie (Harris și colab. 2014), debite lunare la stația hidrologică de închidere a bazinului Prut, date ale experimentelor numerice din programul EURO-CORDEX, în condițiile scenariilor climatice viitoare RCP 4.5 și RCP 8.5.

Ca metrică pentru analiza secetei și a perioadelor cu exces de precipitații a fost folosit indicele Palmer de severitate a secetei (PDSI) care cuantifică efectul cumulativ al deficitului/surplusului lunar de precipitații față de o valoare definită ca fiind climatic potrivită pentru condițiile existente (Climatologically Appropriate For Existing Conditions - CAFEC) într-o regiune dată (Palmer, 1965) - în cazul nostru, în bazinul Prut. PDSI este derivat ca rezultat al unui model simplu de bilanț al apei în bazinul Prutului. Am folosit versiunea autocalibrată a indicelui Palmer introdusă de Wells și colab. în 2004. Validarea folosirii indicelui Palmer pentru regiunea bazinul Prut a fost realizată utilizând date de observație din perioada 1985-2015, când au fost disponibile datele de debit mediu la stația Brânză. Corelațiile între componentele indicelui Palmer și anomaliile debitelor la stația hidrologică (aproape de închiderea bazinului) sunt prezentate în figura 15. Calcularea lor urmează procedura introdusă prima oară pentru bazinul Bârlad în lucrarea publicată de Dascălu și colab. (2016). Se observă că modelul Palmer furnizează rezultate superioare (coeficienți de corelație semnificativi mai mari) decât procedura simplificată a diferenței între precipitații și evapotranspirație potențială (Figura 15), pe perioada comună.

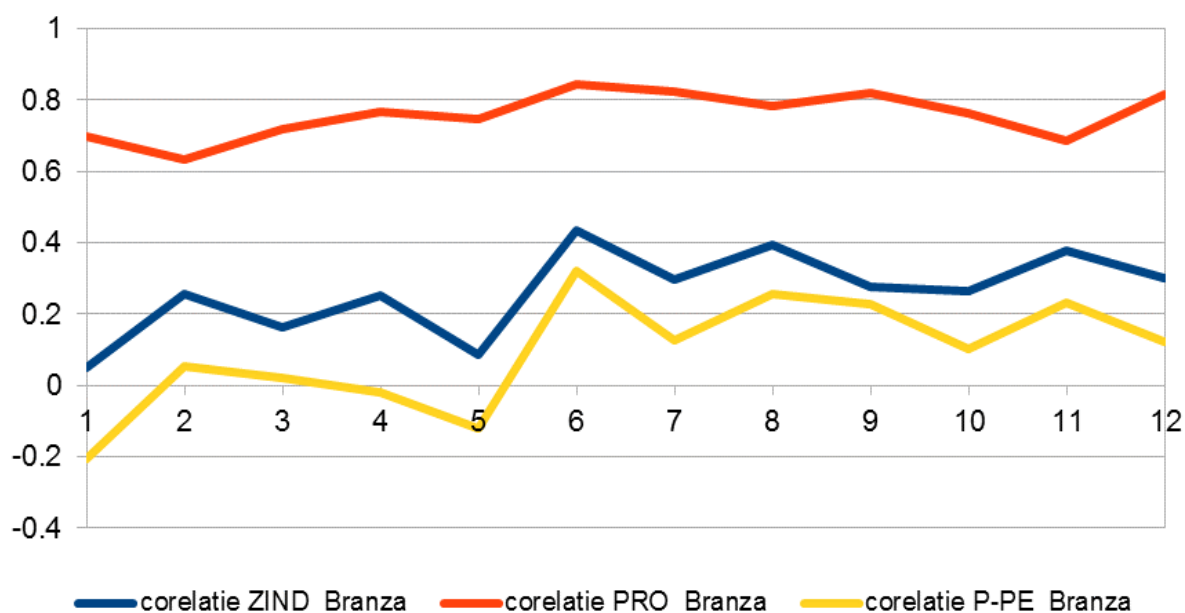


Figura 15. Coeficienții de corelație ale componentelor lunare calculate ale bilanțului apei după modelul Palmer (deficitul/excedentul ZIND, scurgerea potențială PRO) și diferenței lunare între precipitații și evapotranspirație potențială, mediate pe arealul bazinului Prut, cu debitul mediu lunar la stația hidrometrică Brânză (Rep. Moldova), aproape de închiderea bazinului Prut.

Valorile indicelui Palmer, mediate pe bazinul Prut, au fost, mai departe folosite la analiza tendințelor observate și a proiecțiilor viitoare în condițiile scenariilor climatice RCP 4.5 și RCP 8.5. Tendințele observate pentru indicii Palmer de severitate

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

a secetei, mediați la nivelul bazinului Prut, indică, pentru intervalul 1901-2015, o tendință ușoară de aridizare, mai pronunțată în lunile mai-septembrie (Figura 16). Figurile 17 și 18 ilustrează același tip de tendințe ce se observă și pentru proiecțiile viitoare, mai pronunțate în cazul scenariului pesimist cu creșterea cea mai mare a concentrației globale a gazelor cu efect de seră (RCP 8.5).

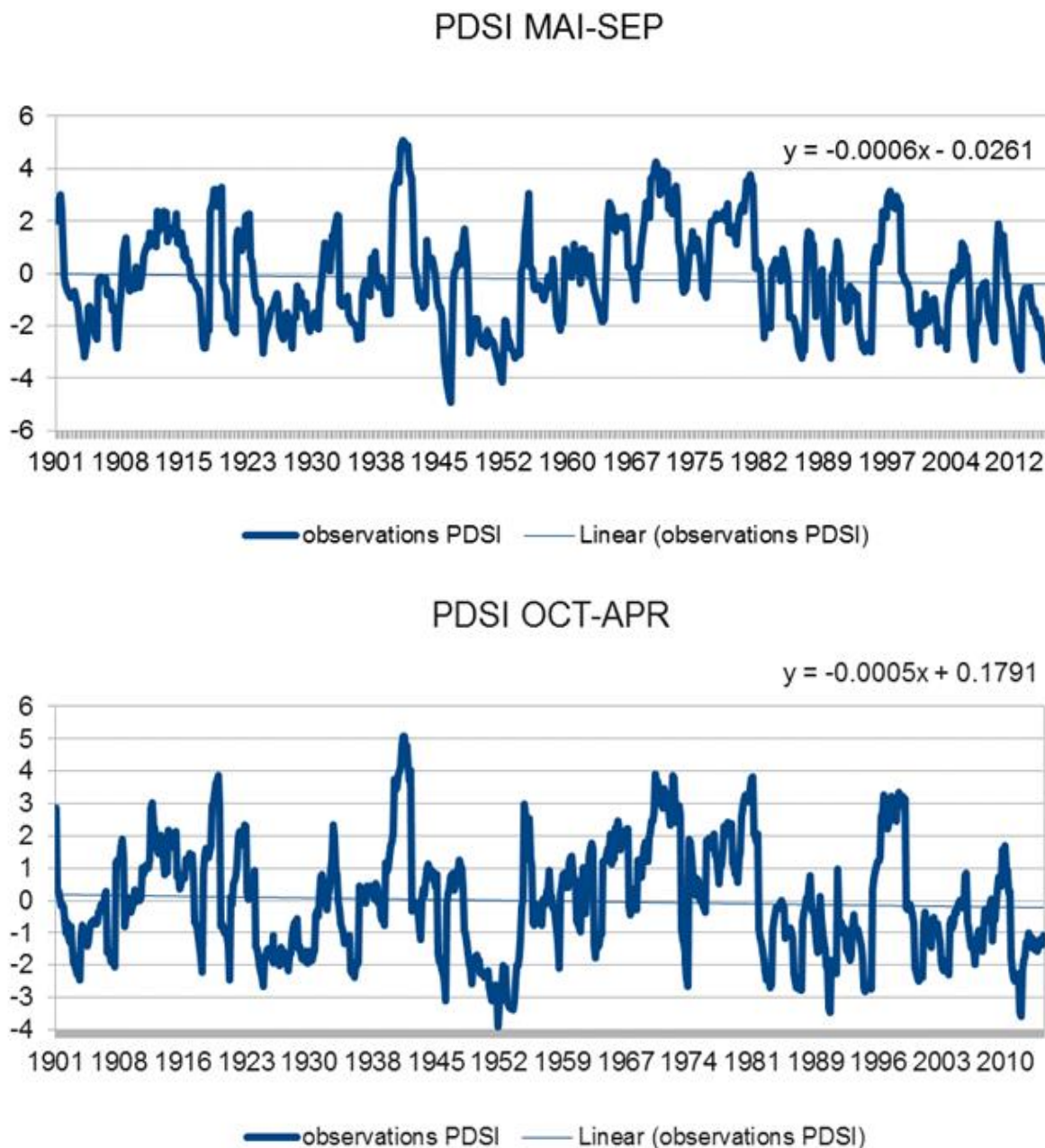


Figura 16. Indicii Palmer de severitate a secetei pentru bazinul Prut și tendințele liniare asociate, calculate din observații, pentru intervalele mai-septembrie 1901-2015 și octombrie-aprilie 1901-2015. Pentru evapotranspirația potențială a fost folosită formularea Penman-Monteith.

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatorilor hidro-climatici în timp real

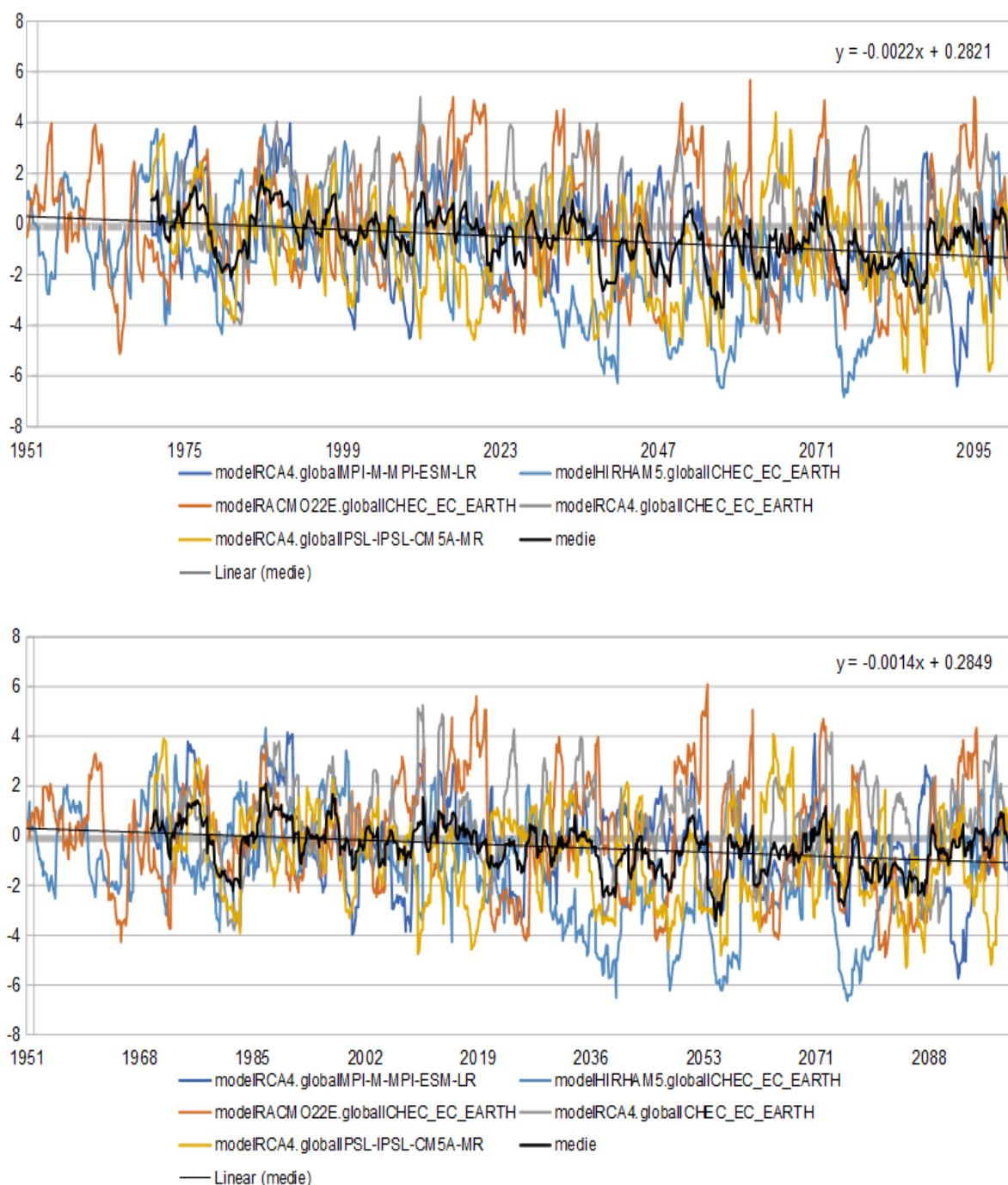


Figura 17. Indicii Palmer de severitate a secetei pentru bazinul Prut și tendințele liniare asociate, calculate din rezultatele a 5 modele regionale, pentru intervalele mai-septembrie 1951-2100 (sus) și octombrie-aprilie 1951-2100 (jos). Cu linii negre sunt ilustrate evoluțiile mediei ansamblui de 5 modele și tendințele lor liniare asociate. Pentru evapotranspirația potențială a fost folosită formularea Penman-Monteith. Scenariul climatic folosit a fost cel de creștere moderată a concentrației globale a gazelor cu efect de seră (RCP 4.5).



Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatorilor hidro-climatici în timp real

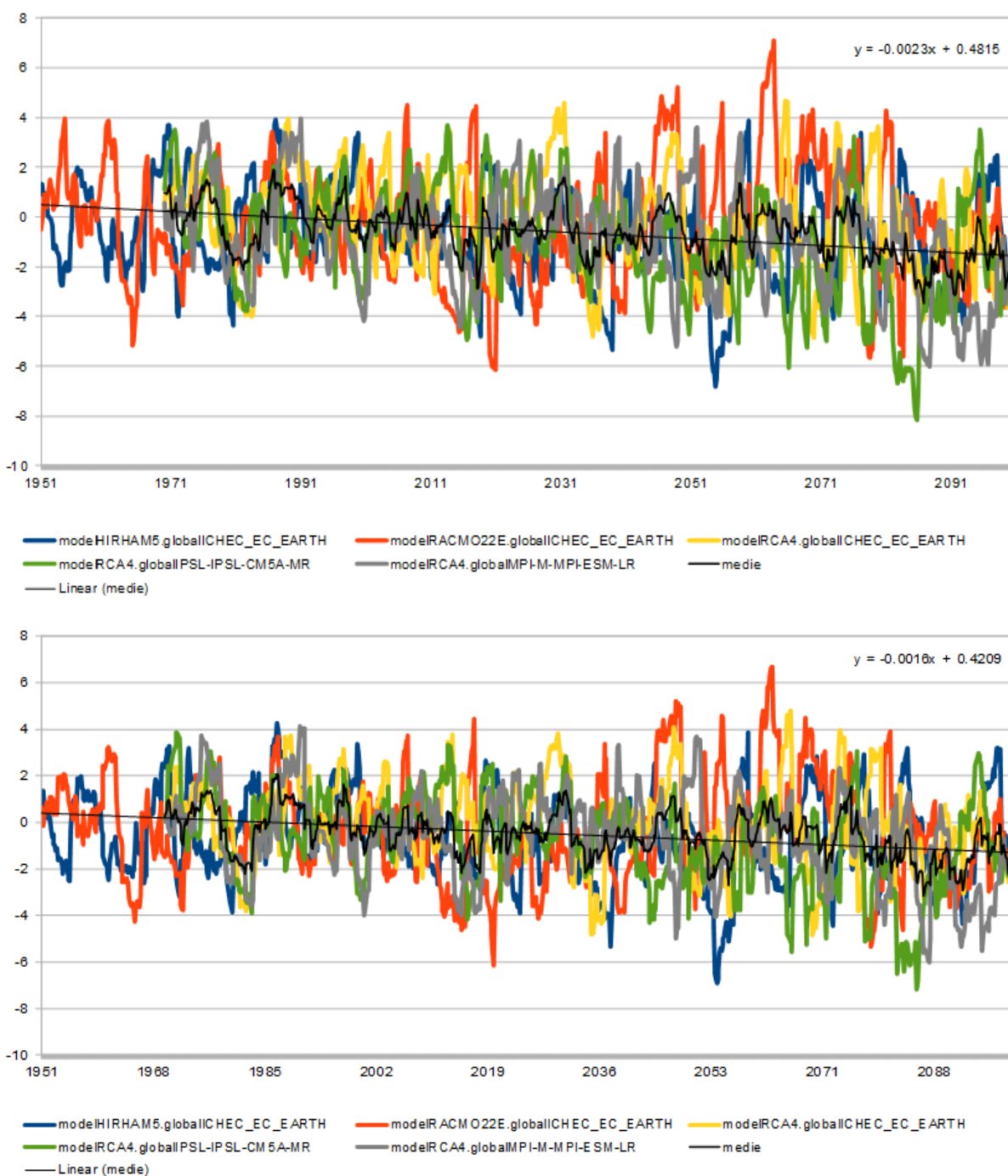


Figura 18. Indicii Palmer de severitate a secetei pentru bazinul Prut și tendințele liniare asociate, calculate din rezultatele a 5 modele regionale, pentru intervalele mai-septembrie 1951-2100 (sus) și octombrie-aprilie 1951-2100 (jos). Cu linii negre sunt ilustrate evoluțiile mediei ansamblui de 5 modele și tendințele lor liniare asociate. Pentru evapotranspirația potențială a fost folosită formularea Penman-Monteith. Scenariul climatic folosit a fost cel de creștere moderată a concentrației globale a gazelor cu efect de seră (RCP 8.5).

## 5 REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- Anderson, M.R., Koren, V.I., Reed, M.S. (2006). *Using SSURGO data to improve Sacramento Model a priori parameter estimates*, Journal of Hydrology 320; 103-116.
- Asner, G. P., Wessman, C. A., & Archer, S. (1998), Scale dependence of absorption of photosynthetically active radiation in terrestrial ecosystems, Ecological Applications, 8, pp. 1003-1021
- Bergström, S. (1976). *Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments*. Ph.D. Thesis. SMHI Reports RHO No. 7, Norrköping.
- Bergström, S. (1992). *The HBV model - its structure and applications*. SMHI Reports RH, No. 4, Norrköping.
- Bérod, D. (1994). *Contribution à l'estimation des crues rares à l'aide de méthodes déterministes. Apport de la description géomorphologique pour la simulation des processus d'écoulement*. Ph.D. Thesis n° 1319, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Biswal, A., Sahay, B., Ramana, K.V., Rao, SVCK., Sessa Sai, MVR. (2014), Relationship between AWIFS derived spectral vegetation indices with simulated wheat yield attributes in Sirsa district of Haryana, Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-8, pp: 689-694, doi: 10.5194/isprsarchives-XL-8-689-2014
- Bosilovich M, Lucchesi R, Suarez M. MERRA-2: File specification. Greenbelt, Maryland 20771: Global Modeling; Assimilation Office, Earth Sciences Division, NASA Goddard Space Flight Center; 2015. Report No.: 9.
- Brown, J., Jenkerson, C., Gu, Y. (2008), Using eMODIS Vegetation Indices for operational drought monitoring, National Integrated Drought Information System Knowledge Assessment Workshop: Contributions of Satellite Remote Sensing to Drought Monitoring, February 6-8
- Burcea S., S. Cheval, A. Dumitrscu, B. Antonescu, A. Bell and T. Breza, 2012: Comparison between radar estimated and rain gauge measured precipitation in the Moldavian Plateau, Environ. Eng. Manag. J., 11-4, 723-731.
- Burnash, R. J. C., Ferral, R. L., and McGuire, R. A. (1973). *A generalized streamflow simulation system - Conceptual modelling for digital computers*. US Department of Commerce, National Weather Service and State of California, Department of Water Resources, p 204, 1973.
- Burnash, R. J. C. (1995). *The NWS River Forecast System - catchment modeling*. In: Singh, V. P. (Ed.). Computer Models of Watershed Hydrology, 311-366.
- Ceccato, P., Flasse, S., and Grégoire, J. M. (2002), Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 2, Validations and applications, Remote Sens. Environ., 82, 198-207

- Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquemond, S., Gregoire, J.M. (2001), Detecting vegetation water content using reflectance in the optical domain, *Remote Sens. Environ.*, 77, pp: 22-33
- Chen, J.M., Black. T. (1992), Defining leaf area index for non-flat leaves, *Plant Cell Environ.*, 15, pp. 421-429
- Chen, X. and Pan, W. (2002), Relationship among phenological growing season, time-integrated normalized difference vegetation index and climate forcing in the temperate region of Eastern China, *Int. J. Climatol.*, 22, pp: 1781-1792
- Dascalu SI, Gothard M, Bojariu R, Bîrsan MV, Cică R, Vintilă R, Adler MJ, Chendeș V, Mic RP. 2016. Drought-related variables over the Bârlad basin (Eastern Romania) under climate change scenarios. *Catena*, 141, pp. 92-99, doi:10.1016/j.catena.2016.02018
- Darcy, H. (1857). *Recherches Expérimentales Relatives au Mouvement de l'Eau dans les Tuyaux [Experimental Research on the Movement of Water in Pipes]*. Mallet-Bachelier, Paris, 268 p. & atlas.
- Delobbe L., Dehem, D., Dierickx, P., Roulin, E., Thunus, M., and Tricot, C., 2006: Combined use of radar and gauge observations for hydrological applications in the Walloon Region of Belgium. *Proceedings of ERAD 2006*, Barcelona, Spain, 18-22 September 2006, ERAD Publication Series, 3, 418-421
- Di Gregorio, A., Jansen, L.J.M. (2005), Land Cover Classification System Classification: concepts and user manual, Software version (2), in: 8 EaNRS (ed), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Di Gregorio, A., (2016), Land Cover Classification System Classification: concepts and user manual, Software version (3), in: 8 EaNRS (ed), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2000), Land Cover Classification System (LCCS). Classification Concepts and User Manual for software version 1.0. By A. Di Gregorio and L.J.M. Jansen, Rome
- Fang, H., Liang, S., Hoogenboom, G. (2011), Integration of MODIS LAI and vegetation index products with the CSM-CERES Maize model for corn yield estimation, *Int. J. Remote Sens.*, 32, pp. 1039-1065
- Fensholt R. and Sandholt I., (2003), Derivation of a shortwave infrared water stress index from MODIS near-and shortwave infrared data in a semiarid environment, *Remote Sens. Environ.*, 87 (1), pp: 111-121
- Friesen, J., Steele-Dunne, S. C., and van de Giesen, N. (2012), Diurnal Differences in Global ERS Scatterometer Backscatter Observations of the Land Surface, *IEEE T. Geosci. Remote Sens.*, 50, 2595-2602
- Gao, B., C., 1996. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, *Remote Sensing of Environment*, 58, pp: 257-266
- GCOS, 2004, Implementation plan for the Global Observing System for Climate in support of the UNFCCC, Report GCOS - 92 (WMO/TD No. 1219), 136p.

- Gower, S. T., Kucharik, C. J., & Norman, J. M. (1999), Direct and indirect estimation of leaf area index, fAPAR, and net primary production of terrestrial ecosystems, *Remote Sens. Environ.*, 70, pp. 29-51
- GTOS (2008), Terrestrial essential climate variables - for climate change assessment, mitigation and adaptation, Biennial report supplement GTOS, 44
- Gu, Y., Brown, J., Verdin, J., Wardlow, B. (2007), A five-year analysis of MODIS NDVI and VDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L06407, doi: 10.1029/2006GL029127
- Guijarro JA. Climatol: Climate tools (series homogenization and derived products) [Internet]. 2016. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=climatol>
- Harris I., P.D. Jones, T.J. Osborn and D.H. Lister (2014) Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset *International Journal of Climatology*, Volume 34, Issue 3, pages 623-642 doi:10.1002/joc.3711
- Hamdi, Y., Hingray, B. and Musy, A. (2003). *Projet MINERVE, rapport intermédiaire N°1 volet B: Modélisation hydrologique*. Technical report, EPFL.
- Hamdi, Y., Hingray, B. and Musy, A. (2005). *Projet MINERVE, rapport intermédiaire N°3 volet B: Modélisation hydrologique*. Technical report, EPFL.
- Hardinsky, M.A., Klemas, V., Smart, R.M. (1983), The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies, *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 49, pp: 77-83
- Herold, M., Kooistra, L., Van Groenestijn, A., Defourny, P., Schmullius, C., Kalogirou, V., Arino, O. (2012), Chapter 26, Building Saliency, Legitimacy, and Credibility toward Operational Global and Regional Land-Cover Observations and Assessments in the Context of International Processes and Observing Essential Climate Variables, in Giri CP (ed.) *Remote Sensing of Land Use and Land Cover, Principles and Applications*, CRC Press, 397-414
- Holleman I., 2007: Bias adjustment and long-term verification of radar-based precipitation estimates. *Meteorol. Appl.*, 14, 195-203.
- Hunt, E. R. Jr. and Rock, B. N. (1989), Detection of changes in leaf water content using near- and middle-infrared reflectances, *Remote Sens. Environ.*, 30, 43-54
- Jarvis A, Reuter HI, Nelson A, Guevara E. Hole-filled seamless srtm data v4, international centre for tropical agriculture (ciat). 2008.
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., Baret, F. (2004), Review of methods for in-situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography, *Agric. Forest. Meteorol.*, 121, pp. 19-35
- Koren, V.I., Smith, M., Wang, D., Zhang, Z. (2000). *Use of Soil Property Data in the Derivation of Conceptual Rainfall-Runoff Model Parameters*. Proceedings of the 15th Conference on Hydrology. AMS, Long Beach, CA, pp. 103-106.
- Koren, V., Smith, M., Duan, Q. (2003). *Use of a priori parameter estimates in the derivation of spatially consistent parameter sets of rainfall-runoff models*. In: Duan,



Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

Q., Sorooshian, S., Gupta, H., Rosseau, H., Turcotte, H. (Eds.), Calibration of Watershed Models Water Science and Applications, vol. 6. AGU, pp. 239-254.

Kriegler, F.J., Malila, W.A., Nalepka, R.F., Richardson, W. (1969), Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition, in: Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan, Ann Arbor, MI, pp: 97-131

Krajewski WF, Smith JA, 2002: Radar hydrology: rainfall estimation. Adv Water Resour, 25, 1387-1394.

Liston GE, Elder K. A meteorological distribution system for high-resolution terrestrial modeling (micromet). Journal of Hydrometeorology. 2006;7(2):217-34.

Maselli, F., (2004), Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multiyear NDVI data, Remote Sen. Environ., 89, pp: 423-433

McFeeters, S.K. (1996), The used of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, Int. J. Remote Sens., 17, pp: 1425-1432

Menne MJ, Durre I, Vose RS, Gleason BE, Houston TG. An overview of the global historical climatology network-daily database. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 2012;29(7):897-910.

Molod A, Takacs L, Suarez M, Bacmeister J. Development of the geos-5 atmospheric general circulation model: Evolution from merra to merra2. Geoscientific Model Development [Internet]. 2015;8(5):1339-56. Available from: <http://www.geosci-model-dev.net/8/1339/2015/>

Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G., Nemani, R.R. (1997), Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991, Nature, 386, pp: 698 - 702

Palmer WC (1965) Meteorological drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, D.C.

Perrin, C., Michel, C. and Andréassian, V. (2003). *Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation*. Journal of Hydrology 279, 275-289.

Prince, S.D. and Justice, C.O (eds.) (1991), Coarse resolution remote sensing of the Sahelian environment, Int. J. Remote Sens, 12, pp: 1133-1421

Reed, B.C., Brown, J.F., VanderZee, D., Loveland, T.R., Merchant, J.W., Ohlen, D.O. (1994), Measuring phenological variability from satellite imagery, Journal of Vegetation Science, 5, pp: 703 - 714

Renza, D., Martinez, E., Arquero, A., Sanchez, J. (2010), Drought estimation maps by means of multirate Landsat fused images, Proceedings of EARSeL Symposium 2010, pp: 775 - 782, ISBN: 978-1-61782-366-4

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1973), Monitoring vegetation system in the Great Plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, pp: 309-317

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

Ross, J., (1981), The radiation regime and architecture of plant stands, The Hague, 391 pp.

Schäfli, B., Hingray, B., Niggli, M. and Musy, A. (2005). *A conceptual glacio-hydrological model for high mountainous catchments*. Hydrology and Earth System Sciences Discussions 2, 73-117.

Simmons, C. T. (2008). Henry Darcy (1803-1858): *Immortalised by his scientific legacy*. Hydrogeology Journal 16, 1023-1038.

Smith JA, Seo DJ, Baek ML, Hudlow MD, 1996: An intercomparison study of NEXRAD precipitation estimates. Water Resour Res, 32, 2035-2045.

Sokal R. (1974), Classification: purposes, principles, progress, prospects, Science, v. 185 (4157), 111-123

Sriwongsitanon, N., Gao, H., Savenije, H.H.G., Maekan, E., Saengsawang, S., Thianpopirug, S. (2016), Comparing the Normalized Difference Infrared Index (NDII) with root zone storage in a lumped conceptual model, Hydrol. Earth Syst. Sci., 20, pp: 3361-3377

Steele-Dunne, S. C., Friesen, J., Van de Giesen, N. (2012), Using Diurnal Variation in Backscatter to Detect Vegetation Water Stress, IEEE T. Geosci. Remote Sens., 50, 2618-2629

Steiner, M. and J. Smith, 2002: Use of three-dimensional reflectivity structure for automated detection and removal of non-precipitating echoes in radar data. J. Atmos. Ocea. Tech., 19, 673-686.

Tucker, C. J. (1980), Remote sensing of leaf water content in the near infrared, Remote Sens. Environ., 10, pp: 23-32

Van Emmerik, T., Steele-Dunne, S. C., Judge, J., Van de Giesen, N. C. (2015), Impact of Diurnal Variation in Vegetation Water Content on Radar Backscatter from Maize During Water Stress, IEEE T. Geosci. Remote Sens., 53, 3855-3869

Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI (2010) A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI. Journal of Climate 23: 1696-1718.

Weiss, M., Baret, F., Smith, G. J., Jonckheere, I., Coppin, P. (2004), Review of methods for in situ leaf area index determination, Part II: Estimation of LAI, errors and sampling, Agricult. Forest Meteorol., 121, pp: 37-53

Wells N., S. Goddard, M. Hayes A self-calibrating Palmer Drought Severity Index J. Clim., 17 (2004), pp. 2335-2351.

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

White, M.A., Thornton, P.E., Running, S.W. (1997), A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability, *Global Biogeochemical Cycles*, 11, pp: 217 - 234.

Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., and Khan, F. I. (2011), A review of drought indices, *Environ. Rev.*, 19, pp: 333-349

Zhang J, Wang S, Clarke B. 2004. WSR-88D reflectivity quality control using horizontal and vertical reflectivity structure. In *Proceedings of 11th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology*, 4-8 October 2004, Hyannis, MA. American Meteorological Society: Boston, MA.

Zheng, G., Moskal, L.M. (2009), Retrieving Leaf Area Index (LAI) Using Remote Sensing: Theories, Methods and Sensors, *Sensors*, 9, pp. 2719-2745

Zhou, L., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Slayback, D., Shabanov, N.V., Myneni, R.B. (2001), Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999, *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 106 (D17), pp: 20 069 - 20 083

\*\*\* [edo.jrc.ec.europa.eu/](http://edo.jrc.ec.europa.eu/)

\*\*\* <http://glovis.usgs.gov/>

\*\*\* [https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/api/v1/ MOD15A2](https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/api/v1/MOD15A2)

\*\*\* <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>

\*\*\* <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>

\*\*\* <https://modis.gsfc.nasa.gov/data>