

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

**Raportul științifico-tehnic (etapa ianuarie 2018-decembrie 2018) al
proiectului**

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

Decembrie 2018

CUPRINS:

1 Rezumat.....	3
2 Introducere	4
3 Evaluarea impactului vegetației asupra secetei și inundațiilor în bazinul prut	4
3.1 Evaluarea modelelor hidroecologice și a datelor de teledetecție pentru a identifica impactul vegetației asupra secetei și inundațiilor în bazinul prut.....	4
3.1.1 Selectarea modelelor hidro-ecologice și a indicilor de teledetecție	4
3.1.2 Evaluarea performanțelor modelelor selectate	5
3.1.3 Evaluarea Indicilor satelitari de vegetație	7
3.2 Evaluarea răspunsului secetei și a inundațiilor la hazardele climatice în funcție de tipuri de vegetație în bazinul prut partea a II-a	9
3.2.1 Analiza tipurilor de feed-back al ecosistemelor cu impact asupra caracteristicilor secetelor și inundațiilor.....	9
3.2.2 Analiza hazardurilor climatice legate de secetă	11
3.2.3 Analiza hazardurilor climatice legate de inundații.....	12
3.3 Relevanța științifică a proiectului din perspectiva rezultatelor altor proiecte finanțate de comisia europeană.....	13
3.3.1 Evaluarea contribuțiilor științifice ale proiectului din perspectiva analizei rezultatelor la nivel european cu identificarea grupurilor țintă de experți și potențiali beneficiari	13
3.3.2 Diseminarea rezultatelor.....	14
4 Concluzii	16
5 Bibliografie	17

1 REZUMAT

În această etapă, a fost continuată activitatea de actualizare a bazei de date și a geoportalului IMDRFLOOD. Utilizatorii pot accesa informațiile hidroclimatic furnizate de geoportalul IMDRFLOOD (<http://imdroflood.meteoromania.ro/geoportal/>). Au fost adăugate geoportalului noi funcții ce vizează exportul datelor (inclusiv a indicilor satelitari) în diverse formate (KML, Geo Tiff și netCDF). Pe geoportal a fost implementată procedura de actualizare în timp real a câmpului de precipitații zilnice, pentru bazinul Prutului (cu rezoluția de 1 km x 1km), folosind datele de la stațiile meteorologice și datele radar din regiunea românească a bazinului, date obținute în flux operativ, prin convenții bilaterale, cu Ucraina și Republica Moldova și produse de tip de tip Digital Elevation Model - DEM).

De asemenea, cercetătorii de la Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor (INHGA), subcontractanți în proiectul IMDRFLOOD, au realizat, împreună cu echipa de la Administrația Națională de Meteorologie, fluxul cvasi-operativ pentru prognoza hidrologică probabilistă de media-durată, la secțiunea Rădăuți-Prut (în amonte de Stânca Costești), ce folosește ca date de intrare câmpurile meteorologice de la 51 membri ai ansamblui prognostic de la Centrul European de Medie Durată (ECMWF). În etapa următoare, această prognoză hidrologică probabilistă va fi furnizată, operativ, pe geoportalul IMDRFLOOD.

Pentru evaluarea impactului vegetației asupra secetei și inundațiilor, cu ajutorul modelului hidroecologic selectat (ModClark) a fost simulat procesul ploaie-scurgere în sub-bazinul Jijiei, luând în considerare evoluția coeficienților de cultură derivați din indicii de vegetație calculați folosind benzile spectrale ale senzorului satelitar MODIS Terra, în perioada 2005-2015. Performanța estimării principalelor elemente ale bilanțului apei a fost verificată prin compararea scurgerii specifice simulate și observate. Rezultatele pun în evidență, în general, o bună simulare a scurgerii în raport cu precipitațiile. Analiza tipurilor de feed-back al ecosistemelor cu impact asupra secetelor și inundațiilor s-a făcut pe baza unor scenarii de evoluție a vegetației. Aceste scenarii au fost realizate presupunând că întreaga suprafață de drenaj este acoperită : (i) cu păduri de foioase și (ii) cu terenuri arabile. Rezultatele simulării indică o reducere a scurgerii totale cu 33% în cazul acoperirii totale a suprafeței de drenaj cu păduri. Reducerea scurgerii totale contribuie la menținerea umidității solului în bazin, mai ales în timpul perioadelor cu precipitații deficitare.

În contextul avertizării și monitorizării timpurii a secetelor și a inundațiilor, există mai multe inițiative și programe europene pentru furnizarea de informații și transferul de cunoștințe științifice către utilizatori. Contribuțiile științifice ale echipei române participante la proiectul IMDRFLOOD s-au materializat prin integrarea datelor radar, a celor satelitare și a măsurărilor hidroclimatic din rețelele naționale de observație, folosind atât tehnici statistice cât și modelarea ecohidrologică, într-o abordare care să aducă valoare adăugată, pentru bazinul Prut, datelor și informațiilor deja existente prin intermediul programelor și inițiativelor europene. Organizarea diseminării și dialogului cu beneficiarii informațiilor științifice, generate de proiect, s-a realizat, în această etapă, prin (1) organizarea, la Iași, a workshop-ului intitulat “Predictabilitatea secetelor și inundațiilor în bazinul râului Prut” (1 iunie 2018) în cadrul conferinței internaționale “Mediul Actual și Dezvoltare Durabilă”; (2)

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

elaborarea celui de-al doilea buletin al proiectului, afișat la situl web IMDROFLOOD; (3) folosirea forumului de discuții inclus în situl IMDROFLOOD; publicarea studiului "Variability and Change in Water Cycle at the Catchment Level" în volumul "Engineering and Mathematical Topics in Rainfall"; (4) elaborarea a două rapoarte publice afișate la situl IMDRFLOOD ; (5) elaborarea a 3 lucrări, aflate în diferite stadii de evaluare pentru publicarea în 3 reviste cu vizibilitate în domeniul hidrologiei și climei ; prezentarea rezultatelor proiectului la 4 conferințe științifice. În concluzie, au fost îndeplinite toate obiectivele etapei raportate și s-a construit baza continuării eficiente a activităților proiectului în etapele ce urmează.

2 INTRODUCERE

Obiectivele principale ce au fost prevăzute și îndeplinite în a etapa raportată a proiectului IMDROFLOOD (ianuarie 2018-decembrie 2018) sunt următoarele :

- actualizarea platformei geospațiale (geoportalul IMDROFLOOD);
- evaluarea impactului vegetației asupra secetei și inundațiilor;
- relevanța științifică a rezultatelor obținute, în context european ;
- organizarea dialogului cu beneficiarii informațiilor științifice și diseminare.

3 EVALUAREA IMPACTULUI VEGETAȚIEI ASUPRA SECETEI ȘI INUNDAȚIILOR ÎN BAZINUL PRUT

3.1 EVALUAREA MODELELOR HIDROECOLOGICE ȘI A DATELOR DE TELEDETECȚIE PENTRU A IDENTIFICA IMPACTUL VEGETAȚIEI ASUPRA SECETEI ȘI INUNDAȚIILOR ÎN BAZINUL PRUT

În general, modelele hidroecologice distribuite spațial utilizează informații privind vegetația fie din hărți ale acoperirii terenurilor, fie din simularea modulelor de creștere a vegetației (SWAT). A fost selectat și testat modelul hidro-ecologic ModClark implementat în pachetul software HEC HMS, care utilizează date climatice gridate (la rezoluția 1 km x 1 km). Acest model este unul dintre puținele modele hidroecologice care utilizează date climatice gridate.

Utilizarea seriilor de timp ale indicilor satelitari de vegetație oferă posibilitatea evaluării coeficienților de cultură (Kc). În cadrul acestei etape, au fost actualizați utilizând benzile spectrale furnizate de satelitul Terra MODIS, diferiți indici de vegetație care sunt folosiți în diferite tipuri de analize privind rolul vegetației în timpul perioadelor cu secetă (indicele de apă diferențială normalizată - NDWI, indicele de vegetație diferență normalizată - NDVI, indicele de secetă diferență normalizată - NDDI, indicele infraroșu diferență normalizată - NDII, indicele suprafeței foliare - LAI, fracțiunea de radiație activă în procesul de fotosinteză, absorbită de vegetație - fAPAR).

3.1.1 SELECTAREA MODELELOR HIDRO-ECOLOGICE ȘI A INDICILOR DE TELEDETECȚIE

Relația dintre indicele Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI) și coeficientul de cultură este studiată intens de numerosi cercetători pentru a deriva valori distribuite spațial ale Kc (Neale et al., 1989 ; Bausch, 1995; Er-Raki et al. 2007; Gontia and Tiwari, 2010; Kamble et al.; 2013). Acest parametru este utilizat pentru a calcula evapotranspirația reală.

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).

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

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) sau pentru zone mari (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). NDVI este folosit pentru monitorizarea acoperirii vegetale, conținutului de clorofilă și a altor proprietăți ale vegetației. Valorile NDVI variază de la -1,0 la 1,0 : (1) valori negative indică norii, apa sau zonele urbane ; (2) valori pozitive apropiate de zero indică solul gol ; (3) valori pozitive indică vegetația de la slab dezvoltată (0,1 - 0,5) la vegetația densă verde (0,6 și peste). Produsul de sinteză NDVI, acoperind întregul bazin Prut, a fost actualizat și integrat în geoportalul IMDROFLOOD, pe lângă alți indici din date de teledetecție.

3.1.2 EVALUAREA PERFORMANTELOR MODELELOR SELECTATE

Cu ajutorul modelului hidroecologic ModClark a fost simulat procesul ploaie-scurgere luând în considerare evoluția coeficienților de cultură derivați din indicii de vegetație calculați folosind benzile spectrale ale senzorului satelitar MODIS Terra, în perioada 2005-2015.

Umiditatea solului a fost estimată pe baza ecuației de bilanț a apei, luând în considerare și caracteristicile vegetației derivate din benzile senzorilor de teledetecție multispectrali. Valorile evapotranspirației culturilor (Fig 2), împreună cu precipitațiile și caracteristicile solurilor au fost utilizate în estimarea rezervei de apă în sol și a scurgerii specifice totale.

Estimarea s-a realizat pentru fiecare an în perioada 2005-2015. Rezultatele arată că anii 2005 și 2010 (Fig. 5 și Fig 10) s-au caracterizat prin valori ridicate de umiditate a solului, în ceilalți ani înregistrându-se valori de umiditate reduse ($< 15\%$), sub limita minimă de apă (C.O.) la care plantele se ofilesc ireversibil. Această observație sugerează că plantele agricole nu se pot dezvolta optim în această regiune fără aplicarea udărilor. Conform estimărilor de umiditate a solului, cei mai secetoși ani au fost : 2007, 2009, 2011, 2012, 2013 și 2015.

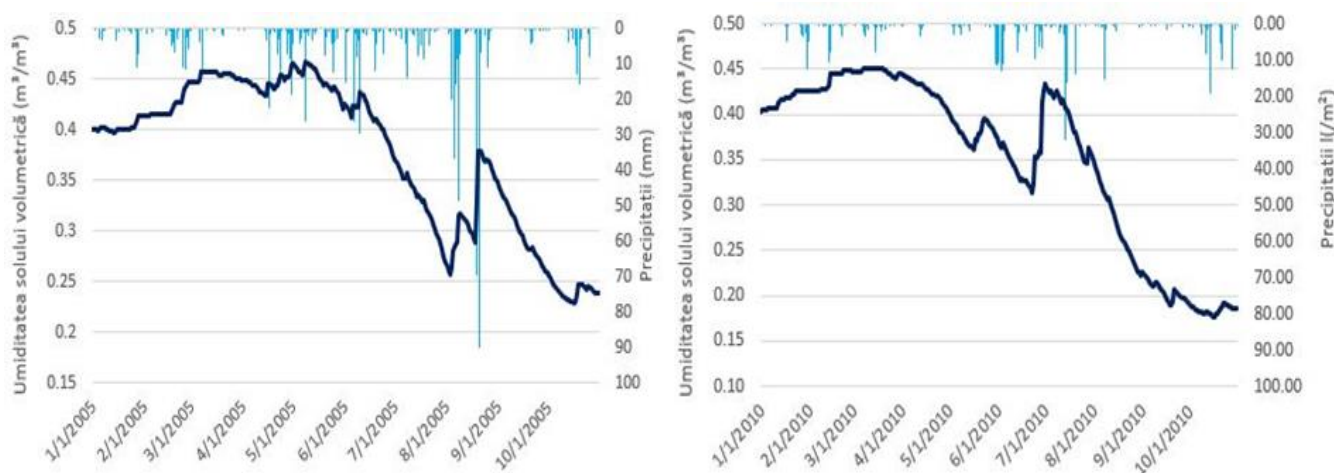


Fig. 1 Umiditatea solului estimată în partea superioară a B.H. Jijia (W400), în anii 2005 (dreapta) și 2010 (stânga).

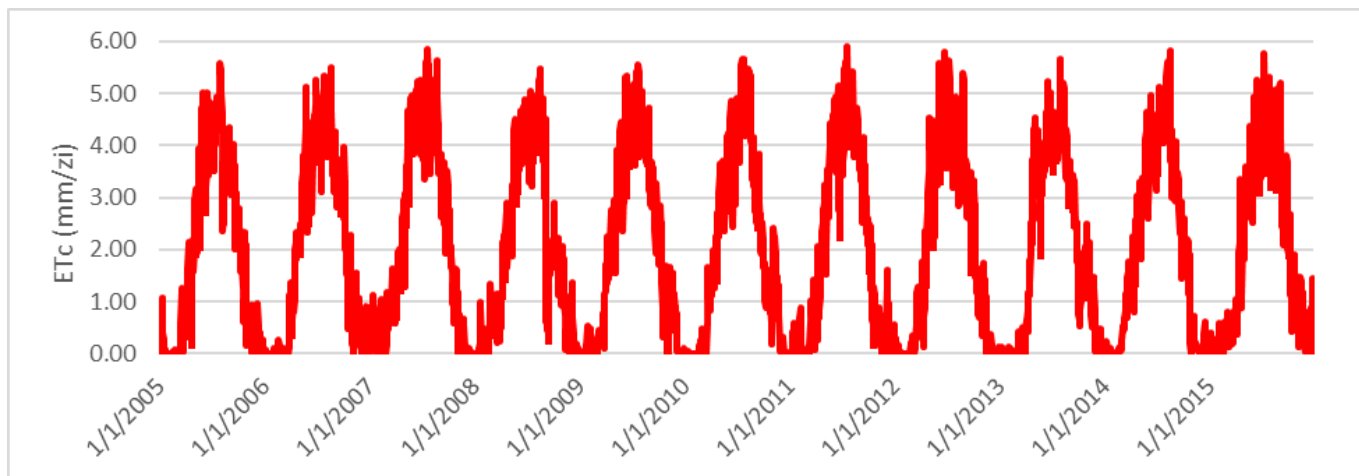


Fig. 2 Variația evapotranspirației culturilor în perioada 2005-2015, în partea superioară a B.H. Jijia (W400).

Performanța estimării principalelor elemente ale bilanțului apei a fost verificată prin compararea scurgerii specifice simulate și observate (Fig. 4 - Fig. 5). Reprezentarea grafică a precipitațiilor precum și a scurgerii specifice simulate și observate pune în evidență o bună simulare a scurgerii în raport cu precipitațiile, dar în același timp se observă și diferențe între valorile simulate și cele observate.

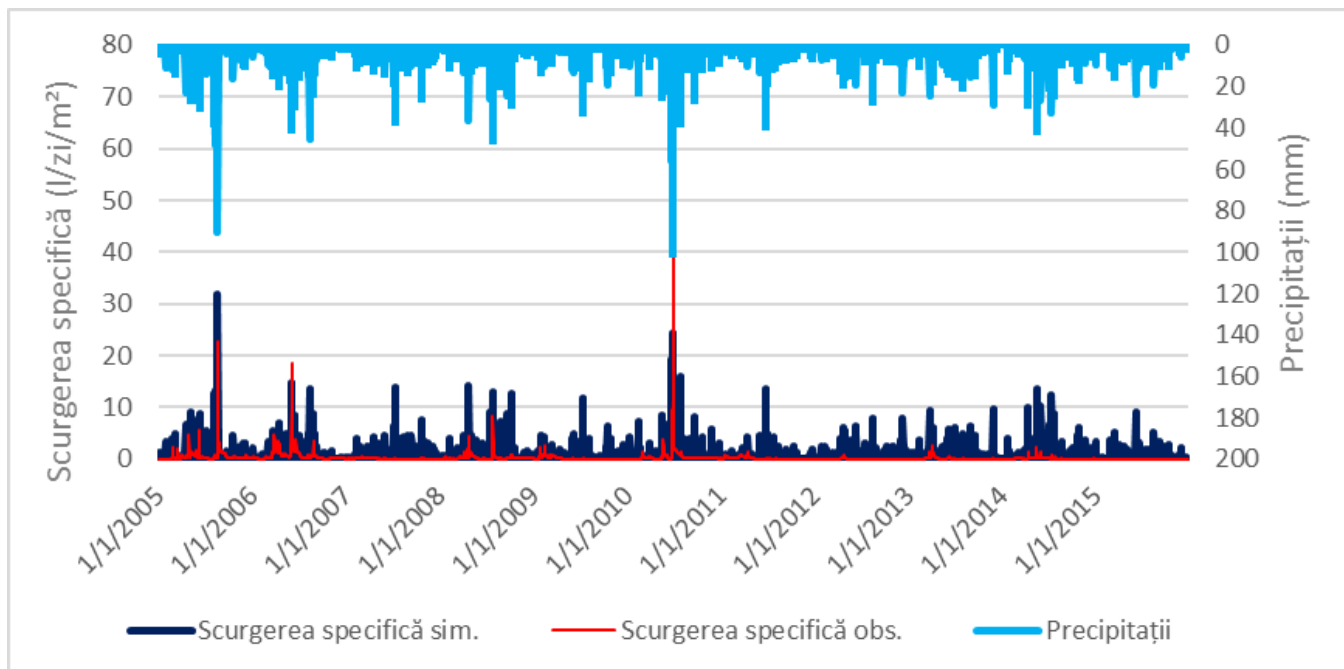


Fig. 3 Variația zilnică a scurgerii specifice simulate și observate, în perioada 2005-2015, în partea superioară a B.H. Jijia

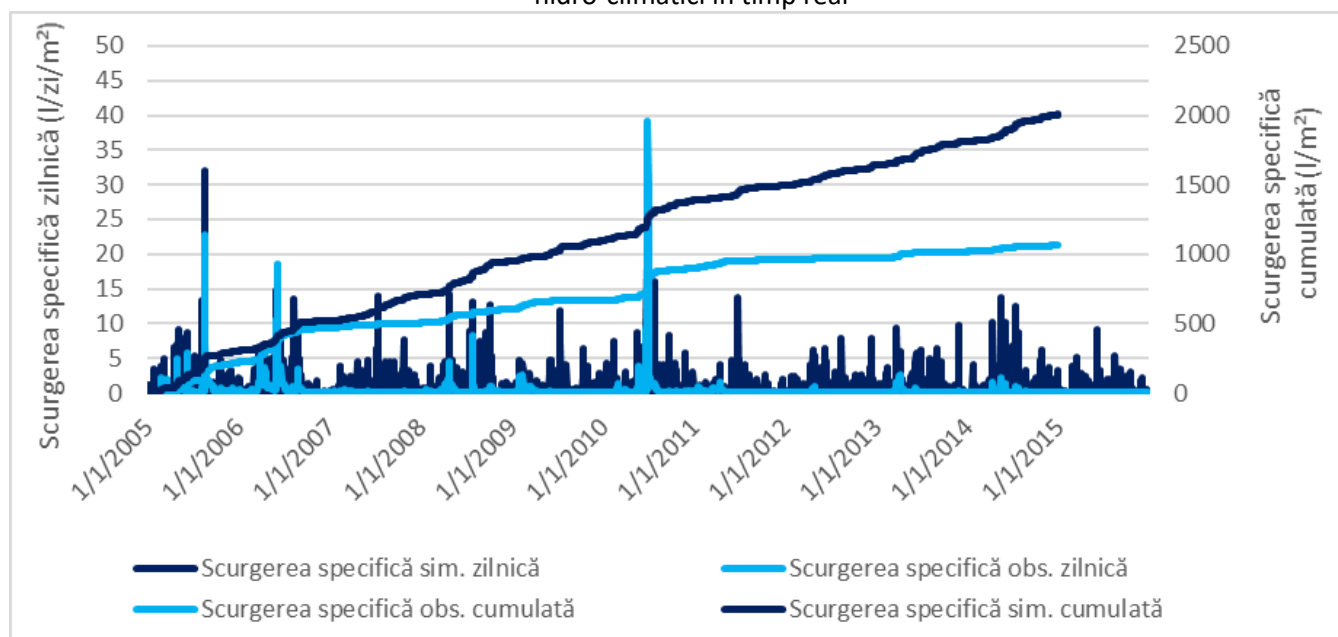


Fig. 4 Variația zilnică și cumulată a scurgerii specifice simulate și observate, în perioada 2005-2015, în partea superioară a B.H. Jijia.

Diferențele identificate sunt determinate de prezența numeroaselor iazuri din Câmpia Moldovei care au rolul de a stoca apa în perioada secetoasă a anului. Deficitul general al resurselor de apă din Câmpia Moldovei a condus la amenajarea numeroaselor iazuri care sunt utilizate pentru piscicultură, irigații și atenuarea undelor de viitură. Prezența acestor iazuri, peste 300, cu o suprafață totală de 6000 ha, reprezintă o notă specifică în peisajul Câmpiei Moldovei. În aceste condiții, estimarea performanței modelului utilizat devine dificil de realizat. Suprapunerea valorilor simulate și observate arată că în perioadele cu precipitații reduse scurgerea observată are valori apropiate de zero, ceea ce relevă că apa este stocată în lungul văilor secundare, în iazuri.

3.1.3 EVALUAREA INDICILOR SATELITARI DE VEGETAȚIE

Pentru calcularea și actualizarea indicilor satelitari de vegetație, folosiți în această etapă ca date de intrare în modelul hidroecologic selectat, au fost utilizate valorile măsurate de senzorul Spectroradiometer cu rezoluție moderată (MODIS), aflat 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. Imaginile și produsele MODIS, colecția 6, h19v04 și h20v04, folosite pentru a actualiza calculul indicilor de vegetație (MOD09A1) și variabilele biofizice (MOD15A2), au fost descărcate de la <https://earthdata.nasa.gov/>. Se utilizează imagini consecutive (8 zile) pentru eliminarea acoperirii noroase (<https://modis.gsfc.nasa.gov/data>).

Produsele actualizate, 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 stării vegetației în contextul episoadelor de secetă și inundații. Pentru modelul hidro-ecologic selectat au fost procesați ca date de intrare în model valorile NDVI pentru sub-bazinul Jijia din bazinul Prut. Variația interanuală a NDVI pentru partea superioară a sub-bazinului Jijia, pe perioada de integrare a modelului (2005-2015) este

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

prezentată în Fig. 5. NDVI a permis calcularea coeficienților K_c , necesari modelului hidro-ecologic selectat. Variația interanuală a K_c pentru partea superioară a sub-bazinului Jijia, pe perioada de integrare a modelului (2005-2015) este prezentată în Fig. 6.

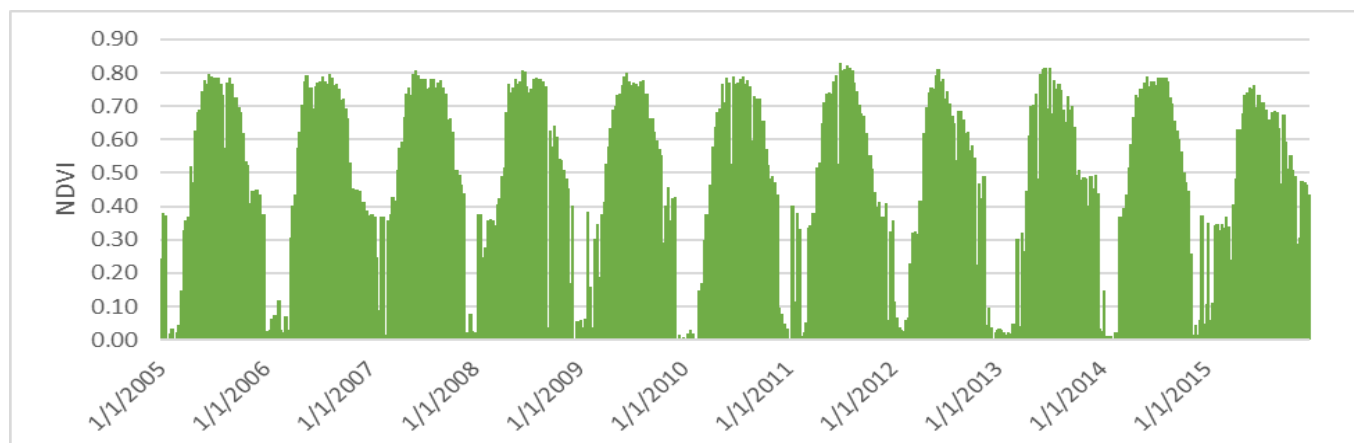


Fig. 5 Variația NDVI în perioada 2005-2015, în partea superioară a B.H. Jijia (W400).

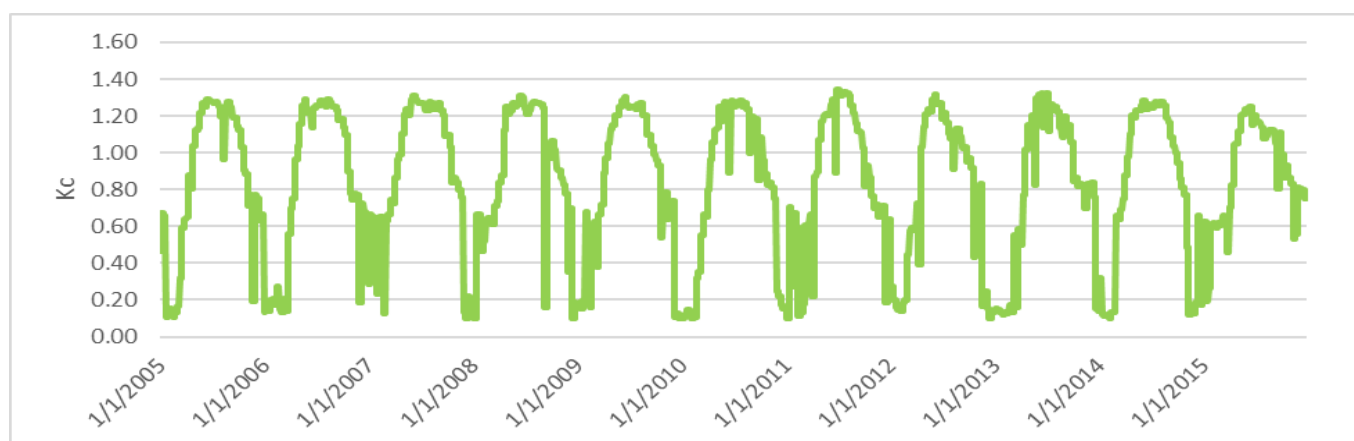


Fig. 6 Variația K_c în perioada 2005-2015, în partea superioară a B.H. Jijia (W400).

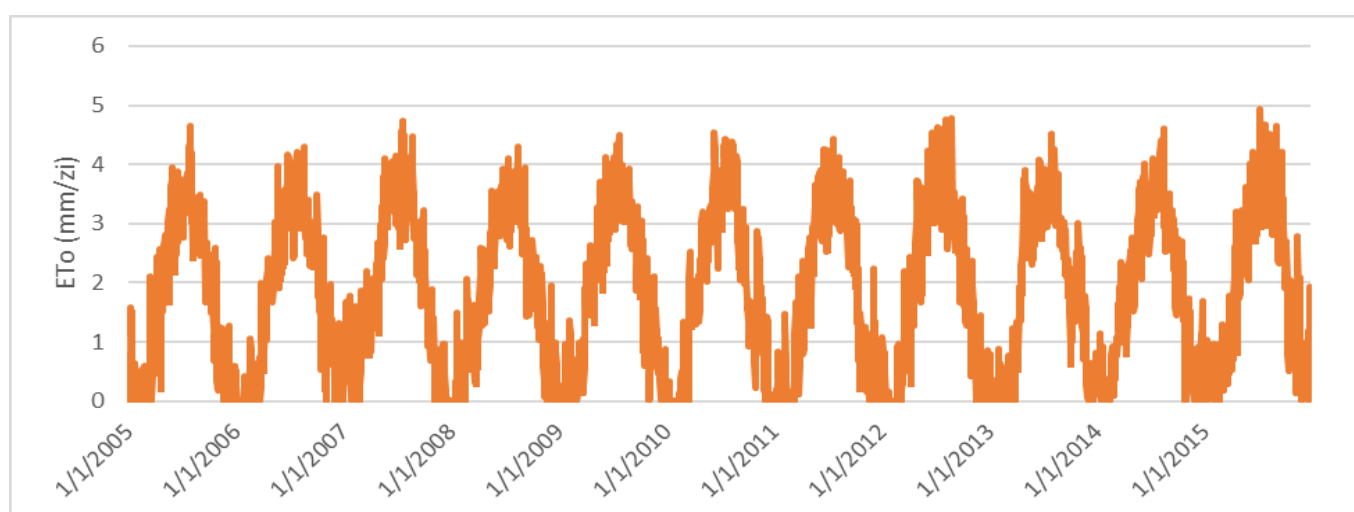


Fig. 7 Variația evapotranspirației potențiale în perioada 2005-2015, în partea superioară a B.H. Jijia (W400).

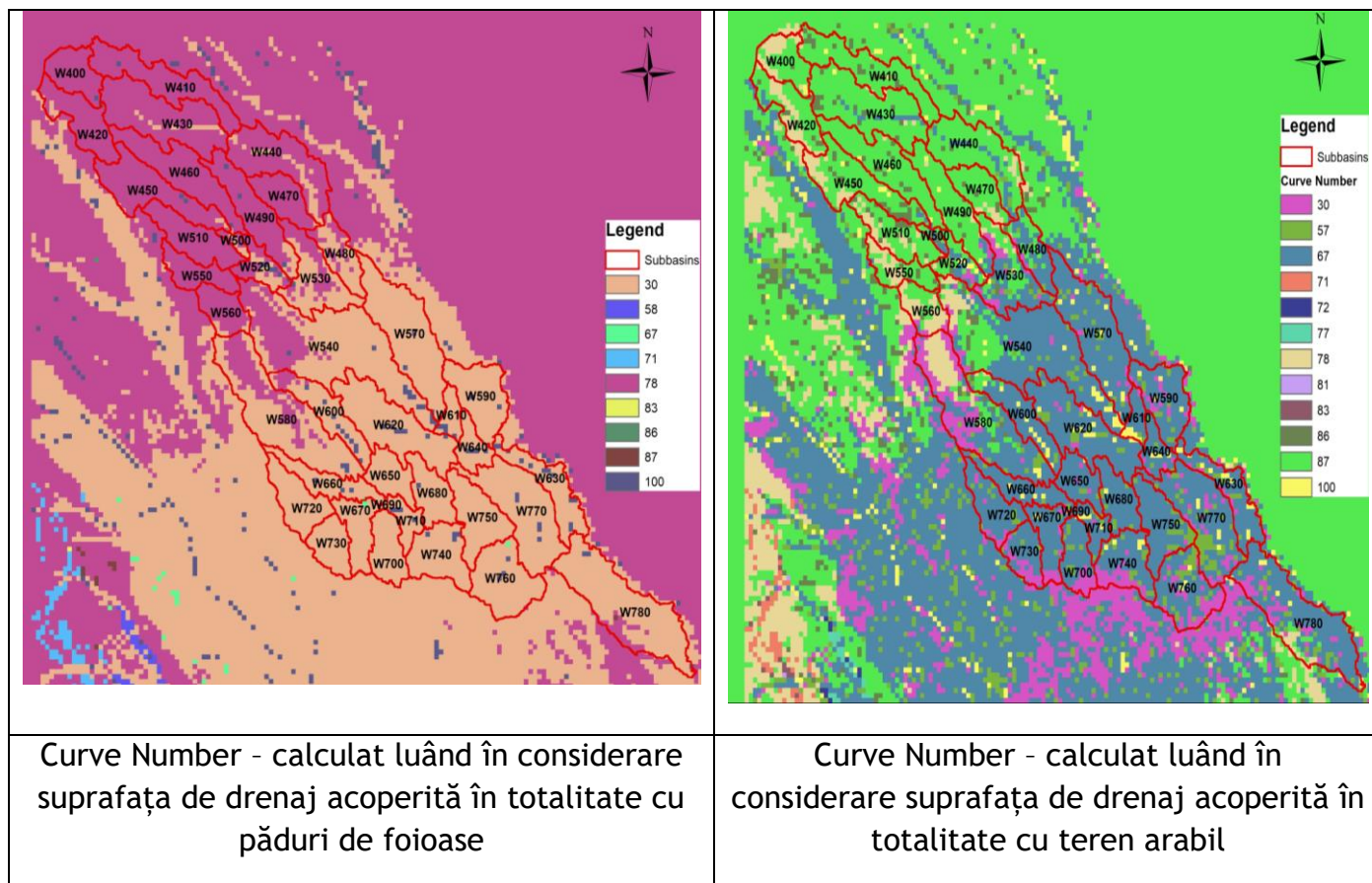
Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real

Astfel modelul calculează evapotranspirația reală, pe baza valorilor NDVI, respectiv K_c , extrase prin tehnici de analiză spațială. Comparăția cu evapotranspirația potențială, calculată doar din date meteorologice (e.g. Fig. 7) indică eficiența acestei metodologii aplicate pentru calculul evapotranspirației culturilor din aria analizată. Modelul hidroecologic folosește evapotranspirația culturilor, împreună cu precipitațiile și caracteristicile solurilor pentru estimarea umidității solului și a scurgerii specifice totale (conform secțiunii 3.1.2).

3.2 EVALUAREA RASPUNSULUI SECETEI ȘI A INUNDAȚIILOR LA HAZARDELE CLIMATICE ÎN FUNCȚIE DE TIPURI DE VEGETAȚIE ÎN BAZINUL PRUT PARTEA A II-A

3.2.1 ANALIZA TIPURILOR DE FEED-BACK AL ECOSISTEMELOR CU IMPACT ASUPRA CARACTERISTICILOR SECETELOR ȘI INUNDAȚIILOR

Analiza tipurilor de feed-back ale ecosistemelor, cu impact asupra secetelor și inundațiilor, s-a făcut pe baza unor scenarii de ocupare a terenului cu 2 tipuri de vegetație. Aceste scenarii au fost realizate presupunând că întreaga suprafață de drenaj este acoperită: (i) cu păduri de foioase și (ii) cu terenuri arabile. Rezultatele acestor simulărilor au fost comparate cele ale simulărilor în condițiile actuale de utilizare a terenurilor extrase din CORINE Land Cover (2012).



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

Fig. 20 Distribuția spațială a indecelui Curve Number pentru diferite scenarii de utilizare a terenurilor

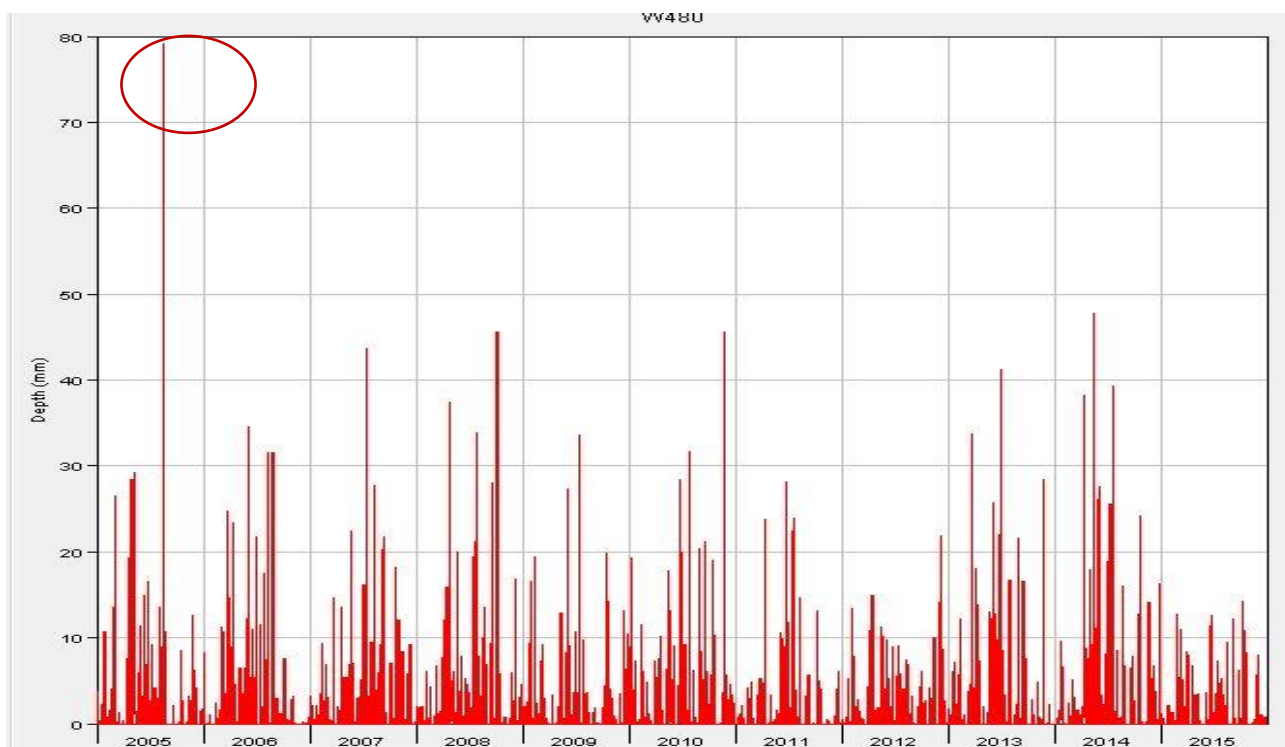


Fig. 9 Variația precipitațiilor în perioada 2005-2015.

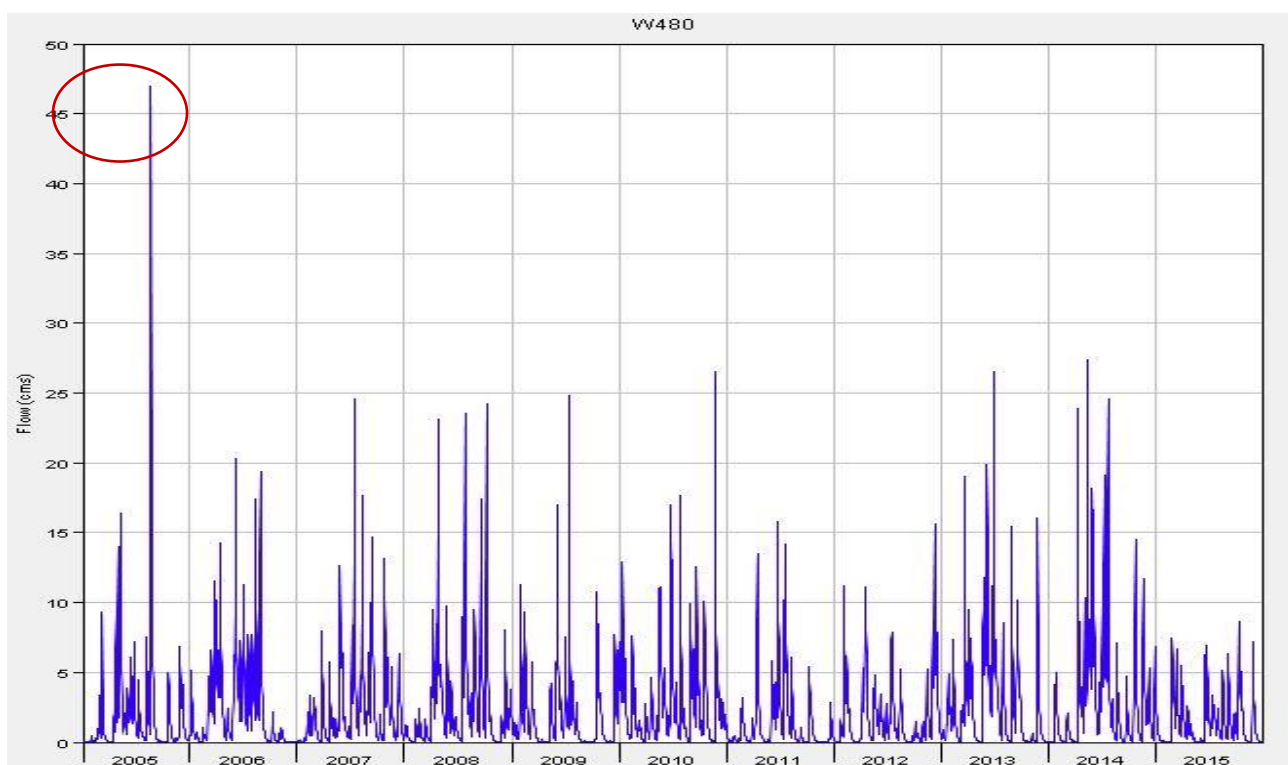


Fig. 10 Variația scurgerii luând în considerare suprafața de drenaj acoperită în totalitate cu teren arabil

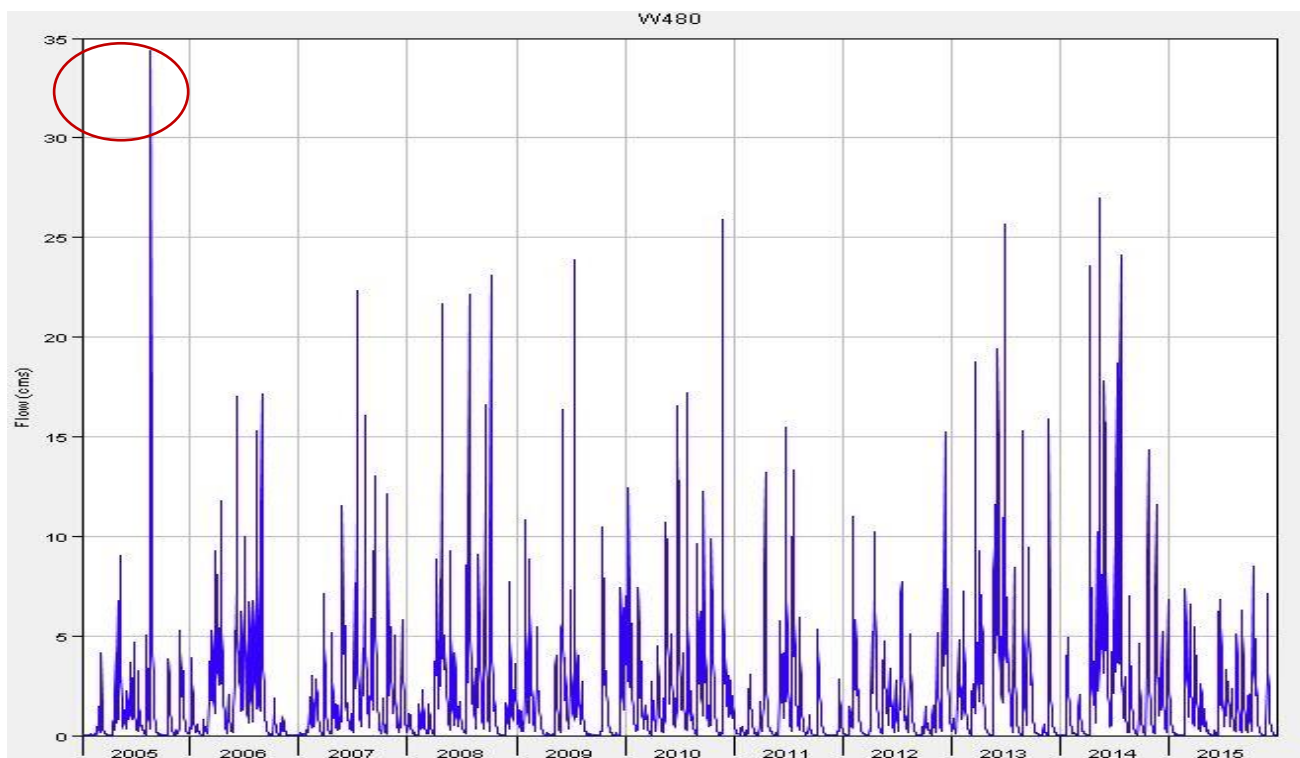


Fig. 11 Variația scurgerii luând în considerare suprafața de drenaj acoperită în totalitate cu păduri.

Rezultatele simulării indică o reducere a scurgerii totale cu 33% în cazul acoperirii totale a suprafeței de drenaj cu păduri. Reducerea scurgerii totale contribuie la menținerea umezelii solului în bazin, mai ales în timpul perioadelor cu precipitații deficitare.

3.2.2 ANALIZA HAZRDURILOR CLIMATICE LEGATE DE SECETA

Seceta este un fenomen complex generat de mecanisme multiple ce funcționează la scări temporale și spațiale diferite. Deficitul de precipitații datorat variabilității climatice naturale poate cauza reducerea scurgerilor la suprafață și a umidității solului. Seceta poate fi generată de deficitului de precipitații, creșterea temperaturii și a evapotranspirației. Umiditatea redusă a solului acționează în sensul amplificării creșterii temperaturii, într-un proces de feed-back pozitiv. Activitățile umane, cum ar fi schimbările în utilizarea terenurilor și construirea de rezervoare pentru apă, pot modifica procesele hidrologice și pot afecta și ele variabilitatea secetei. Declanșarea și evoluția secetei este o rezultată a interacțiunilor dintre anomaliile meteorologice, procesele de suprafață hidroclimatice și activitățile umane.

Predictibilitatea secetelor și inundațiilor a fost analizată, în această etapă, folosind componentei ZIND a indicelui Palmer de severitate a secetei (Palmer, 1965; Wells și colab., 2004) pentru tot bazinul Dunării (inclusiv bazinul Prutului).

Skill (ROC) episoade seceta

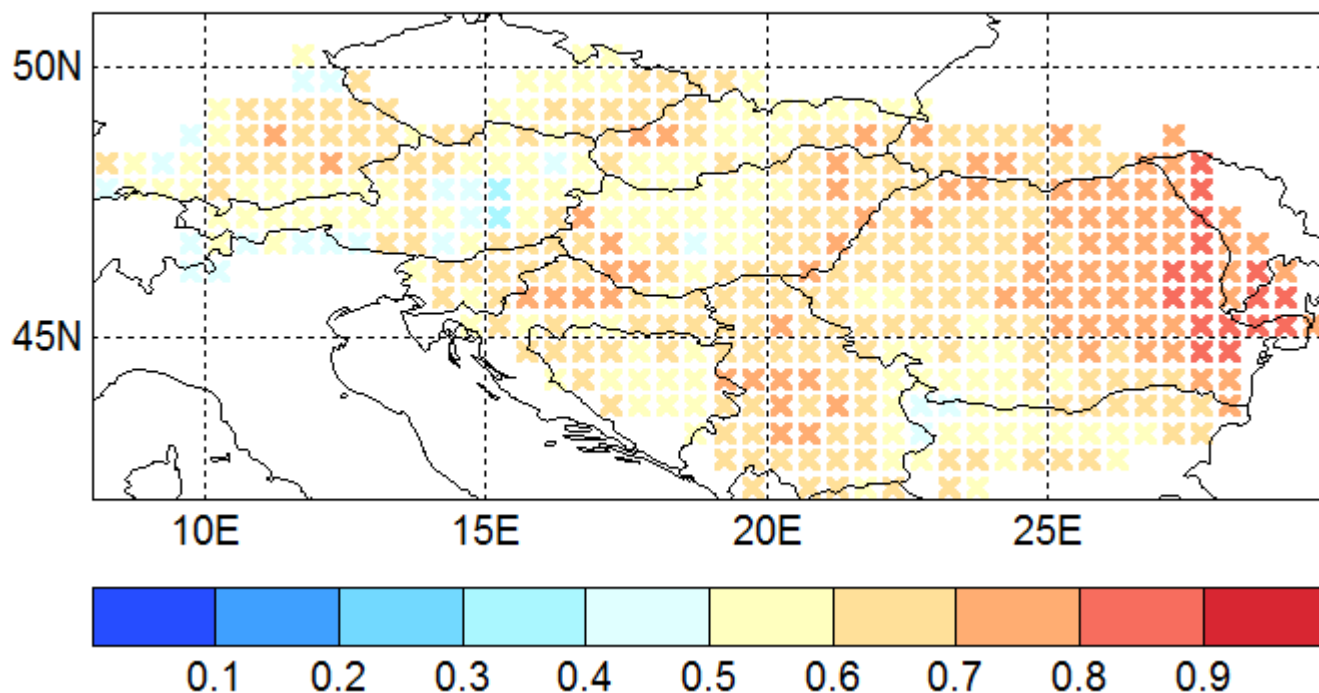


Fig. 12 Abilitatea modelului predictiv de a prognoza episoadele cu valori negative ale componentei ZIND a indicelui Palmer de severitate a secetei în bazinul Dunării. Scoruri ROC mai mari de 0, 6 ilustrează potențial predictiv utilizabil.

Rezultatele experimentelor de *hindcasting* ce folosesc anomaliiile temperaturii apei mării la suprafață (în principal din Marea Neagră și Marea Mediterană) din luna mai pentru a prognoza excedentul sau deficitul de umiditatea solului în vara ce urmează (iunie-august) sugerează un potențial predictiv semnificativ - cel mai mare din bazinul Dunării - pentru regiunea în care se află bazinul Prut (Fig. 12 și Fig. 13). Ele au fost realizate cu pachetul software Climate Predictability Tool, dezvoltat la International Research Institute for Climate and Society, Columbia University (Statele Unite ale Americii). Acesta este mai mare în cazul episoadelor cu deficit de umiditate în sol (secete) (Fig. 12) decât în cel al cu excedent de umiditate în sol (episoade cu precipitații abundente și inundații) (Fig. 13).

3.2.3 ANALIZA HAZRDURILOR CLIMATICE LEGATE DE INUNDAȚII

Feed-back-ul pozitiv dintre umiditatea redusă din sol și creșterea temperaturii ar putea fi unul din factorii ce favorizează predictabilitatea secetei, comparativ cu predictabilitatea episoadelor cu ploi abundente (asociate cu scurgeri crescute la suprafață și creșteri de debite pe râuri). Dar acest feed-back pozitiv se declanșează la praguri dependente de tipul de vegetație. Acoperirea cu păduri versus acoperirea cu teren cultivat agricol poate modula contribuția acestui feed-back la predictabilitatea secetei. Aceste ipoteze trebuie verificate,

Îmbunătățirea avertizărilor timpurii, prognozei și atenuării efectelor secetei și inundațiilor pe baza indicatoriilor hidro-climatici în timp real mai departe, cu modele care să simuleze procesele locale de interacțiune sol-vegetație-atmosferă, cuplate la variabilitatea climatică de scară mare.

Skill (ROC) episoade precipitații abundente

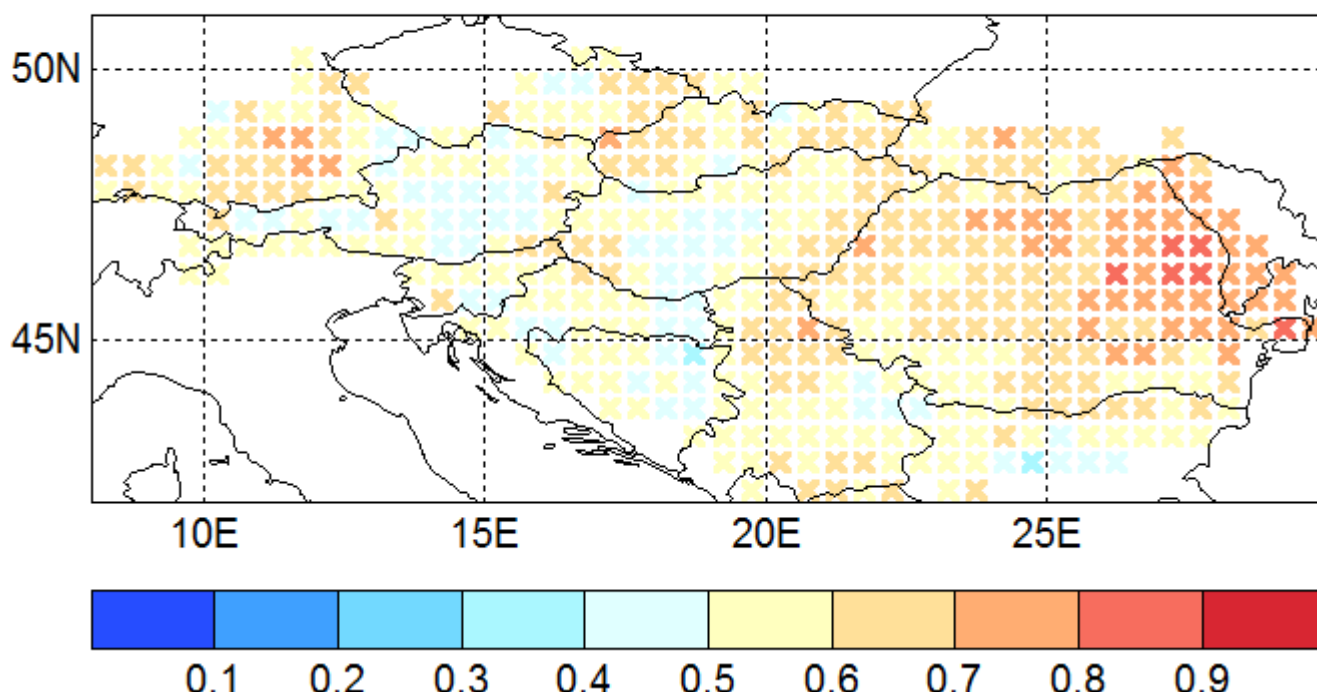


Fig. 13 Abilitatea modelului predictiv de a prognoza episoadele cu valori pozitive ale componentei ZIND a indicelui Palmer de severitate a secetei în bazinul Dunării. Scoruri ROC mai mari de 0, 6 ilustrează potențial predictiv utilizabil.

3.3 RELEVANȚA ȘTIINȚIFICĂ A PROIECTULUI DIN PERSPECTIVA REZULTATELOR ALTOR PROIECTE FINANȚATE DE COMISIA EUROPEANĂ

3.3.1 EVALUAREA CONTRIBUȚIILOR ȘTIINȚIFICE ALE PROIECTULUI DIN PERSPECTIVA ANALIZEI REZULTATELOR LA NIVEL EUROPEAN CU IDENTIFICAREA GRUPURILOR ȚINTĂ DE EXPERTI ȘI POTENȚIALI BENEFICIARI

Infrastructura de date spațiale IMDROFLOOD (SDI) urmărește să răspundă cerințelor comunităților locale legate de monitorizare și evaluarea prognostică a resurselor de apă la nivel de bazin, folosind ansamblul complex al informațiilor hidroclimatice disponibile pentru a contribui la luarea deciziilor informate și planificarea durabilă la nivelul bazinelor hidrografice. În acest context, geoportalul IMDROFLOOD oferă capabilități de vizualizare într-un mediu virtual și facilitează posibilitatea realizării analizelor statistice și prognozelor complexe, pentru un domeniu tematic bine definit : avertizare și monitorizare timpurie a secetei și a inundațiilor, utilizând indicatori hidroclimatici. În contextul avertizării și monitorizării timpurii a secetelor și a inundațiilor, există mai multe inițiative și programe europene pentru furnizarea de informații și transferul de cunoștințe științifice către utilizatori. În general, geoportalurile existente la nivel european au ca principali utilizatori instituțiile naționale și europene. De asemenea, instituțiile naționale sunt, de obicei,

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

serviciile meteorologice și hidrologice naționale. În acest context, informațiile și cunoștințele generate sunt furnizate unui anumit tip de utilizatori, celor care au cunoștințe științifice și tehnice. Există necesitatea generării de produse și servicii bazate pe cunoaștere științifică, și pentru utilizatorii care nu sunt experți - administrația și comunitățile locale. În plus, produsele și serviciile hidroclimatice ale geoportalurilor europene, nu sunt, de obicei, proiectate pentru a pune în lumină particularități regionale/locale ale bazinelor hidrografice. Selecția cazurilor de studiu, investigate în proiectul IMDROFLOOD, s-a bazat pe relevanța lor regională (de exemplu, au fost alese mai ales bazine transfrontaliere) și nu pe anumite criterii globale, utilizate, în principal, de marile programe europene existente. Geoportalul IMDROFLOOD completează și valorifică la nivel de bazin hidrografic informațiile și capabilitățile oferite de astfel de programe europene, cum sunt :

- Serviciul de monitorizare a atmosferei Copernicus (<https://atmosphere.copernicus.eu>);
- Serviciul Copernicus privind Schimbările Climatice (<http://climate.copernicus.eu>);
- Sistemul european de alertă pentru inundații (<https://www.efas.eu>);
- Observatorul european al secetei (<http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000>);
- Accesul la date de referință Copernicus - CORDA (<https://corda.eea.europa.eu>).

Punerea în lumină a particularităților hidroclimatice locale și regionale înseamnă un efort științific de integrare a mai multor tipuri de date și informații, disponibile din surse multiple, și proiectarea lor la scări spațiale și temporale foarte fine. În acest context, contribuțiile științifice ale echipei române participante la proiectul IMDROFLOOD s-au materializat prin integrarea datelor radar, a celor satelitare și a măsurătorilor hidroclimatice din rețelele naționale de observație, folosind atât tehnici statistice cât și modelarea ecohidrologică, într-o abordare care să aducă valoare adăugată, pentru bazinul Prut, datelor și informațiilor deja existente prin intermediul programelor europene menționate mai sus.

3.3.2 DISEMINAREA REZULTATELOR

3.3.2.1 Diseminarea rezultatelor prin metode dedicate grupurilor țintă

Domeniile identificate pentru grupurile țintă de utilizatori ai rezultatelor proiectului sunt: managementul resurselor de apă, agricultură, protecția mediului, adaptarea la schimbarea climatică, diminuarea impactului dezastrelor naturale și gestionarea riscurilor asociate, mediul academic.

Diseminarea rezultatelor proiectului pentru experții din domeniile identificate se face prin geoportalul IMDROFLOOD (detalii în secțiunea 3.3.2.2). Un ghid explicativ, ce va fi actualizat, odată cu adăugarea de noi produse și servicii la geoportal este disponibil la secțiune a „About” din bara de sus a geoportalului.

Un alt instrument folosit pentru dialogul în timp real cu potențialii utilizatori ai rezultatelor proiectului IMDROFLOOD din aceste domenii este forumul on-line, implementat în situl proiectului. Securitatea forumului e asigurată prin mecanismele ce necesită înregistrarea pe forum ca utilizator cu parolă și procedura captcha. Un alt instrument folosit pentru diseminarea rezultatelor pentru experți sunt rapoartele publice (detalii în secțiunea 3.3.2.2).

Pentru experții din mediul academic, pe lângă geoportal și rapoartele publice, o altă metodă de diseminare sunt studiile publicate fie în volum/carte, fie ca articole în reviste științifice cu referenți și vizibilitate internațională (detalii 3.3.2.3).

Diseminarea rezultatelor și dezbateri pe marginea lor cu experții din domeniile digrologie și climatologie s-a realizat și va continua să se realizeze și prin folosirea

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

platformelor web ale revistelor științifice cu vizibilitate internațională în domeniu ce permit încărcarea preprinturilor articolelor și comentarea lor online simultan cu procesul standard de evaluare cu referenți. În acest sens, au fost și vor fi folosite platformele web ale revistelor: *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* și *Natural Hazards and Earth System Sciences* (reviste interactive ale Societății Europene de Geștiințe) (detalii 3.3.2.3).

O metodă folosită pentru diseminarea rezultatelor pentru publicul larg și mass media este buletinul informativ (newsletter), realizat cu frecvență anuală și afișat pe situl proiectului (detalii la 3.3.2.2). Forumul online poate fi folosit și de publicul larg, interesat de tematicile legate de secete și inundații în bazinul Prut.

3.3.2.2 Diseminarea rezultatelor prin platforma web dedicata potențialilor beneficiari

A fost elaborat și afișat la situl proiectului IMDROFLOOD al doilea buletin (newsletter) al proiectului (<http://imdroflood.meteoromania.ro/products/products>). Au fost elaborate și afișate la situl proiectului rapoartele publice "Raport privind impactul vegetației asupra secetei și inundațiilor în bazinul Prut" și "Raport privind relevanța științifică pe plan european a rezultatelor proiectului IMDROFLOOD".

Accesul utilizatorilor la resursele geospațiale, oferite de geoportalul IMDROFLOOD se realizează prin intermediul unei aplicații client ce rulează în navigatorul web (<http://imdroflood.meteoromania.ro/geoportal/>). Prin intermediul acestei aplicații, utilizatorii trimit cereri către serviciul de webmapping și tot aici se vizualizează rezultatele returnate de acesta. În această etapă au fost adăugate portalului noi funcții ce vizează exportul datelor (inclusiv a indicilor satelitari) în diverse formate (KML, Geo Tiff și netCDF).

Procedurile de prezentare spațio-temporală a informațiilor hidroclimaticice folosesc modelele de statistică multivariată ce leagă observațiile hidroclimaticice din bazinul Prut (incomplete din punct de vedere al acoperirii spațio-temporale pentru bazinul împărțit de 3 țări) de predictorii ce oferă acoperirea completă spațio-temporală - datele radar. În plus, pentru spațializarea foarte fină, modelele statistice dezvoltate și implementate în acest stadiu folosesc în setul de predictorii și parametri de covarianță spațială la rezoluție foarte fină (derivați din produse de tip Digital Elevation Model -DEM) ca altitudinea, latitudinea, distanța față de coasta Mării Negre. În această etapă, pe lângă actualizări ale indicatorilor hidroclimatici, în geoportal a fost implementat serviciul de furnizare a cantităților zilnice de precipitații pentru bazinul Prutului, în timp real, urmând ca în etapa următoare să fie furnizate, în același regim, și temperaturile zilnice ale aerului. De asemenea, a fost introdus la geoportal un nou indicator: numărul lunar de celule convective din bazinul Prut, pe baza datelor radar. Acest indicator va fi actualizat în timp real în următoarea etapă.

În cazul alertei la inundații, s-a realizat, în această etapă, fluxul cvasi-operativ pentru prognoza hidrologică probabilistă de media-durată la secțiunea Rădăuți-Prut (în amonte de Stânca Costești). Sunt folosite ca date de intrare câmpurile meteorologice de la 51 membri ai ansamblului de predicție de medie durată de la Centrul European de Medie Durată (ECMWF), unde România este membru asociat și are acces continuu la aceste date, prin Administrația Națională de Meteorologie. Procedura de implementare în flux cvasi-operativ a prognozei hidrologice probabiliste a fost realizată de cercetătorii de la INHGA, subcontractanți în proiectul IMDROFLOOD, împreună cu echipa de la Administrația Națională de Meteorologie și testul realizat pentru perioada 24 iulie-7 august 2018 este afișat în bara de sus a geoportalului. În etapa următoare, această prognoză hidrologică probabilistă va fi furnizată, operativ, pe geoportalul IMDROFLOOD.

3.3.2.3 Diseminarea rezultatelor dedicată experților din mediul academic

La 1 Iunie 2018 a avut loc, la Iași, în colaborare cu Universitatea “Alexandru Ioan Cuza”, workshop-ul intitulat “Predictabilitatea secetelor și inundațiilor în bazinul râului Prut”. La acest workshop au fost prezentate noile rezultate obținute în cadrul proiectului “Improving Drought and Flood Early Warning, Forecasting and Mitigation using real time hydroclimatic indicators”-IMDROFLOOD.

Workshop-ul s-a desfășurat ca eveniment asociat în cadrul conferinței internaționale “Mediul Actual și Dezvoltare Durabilă”. Workshop-ul organizat la Iași a avut următoarele obiective:

- trecerea în revistă rezultatele științifice referitoare la variabilitatea și predictabilitatea secetelor și inundațiilor în bazinul Prut;
- discutarea implicațiilor rezultatelor proiectului IMDROFLOOD în contextul ariei de cercetare europene;
- discutarea contribuțiilor științifice pentru dezvoltarea serviciilor climatice dedicate secetelor și inundațiilor în bazinul Prut.

În cadrul întâlnirii, echipa română a proiectului IMDROFLOOD a prezentat studiile:

- “Variability and predictability of climate-related hazards in the Prut Basin” (autori: Roxana Bojariu, Sorin Dascalu, Madalina Gothard, Roxana Cica, Marius Birsan și Liliana Velea);
- “Quantitative precipitation estimation in Prut River basin using merged radar-rain gauge measurements” (autori: Sorin Burcea, Alexandru Dumitrescu, Roxana Cica, Roxana Bojariu);
- “Links between circulation types and high precipitation over Prut River Basin” (autori: Andrei Nita, Marius Birsan, Alexandru Dumitrescu, Roxana Bojariu);
- “Assessing the role of vegetation during drought periods at catchment scale. A case-study Jijia Catchment, Romania” (autori: Zenaida Chitu, Roxana Bojariu, Alexandru Dumitrescu, Anisoara Irimescu și Vasile Craciunescu).

Studiul “*Variability and change in water cycle at the catchment level*”, în colaborare cu cercetători din România, Republica Moldova și Republica Cehă, a fost publicat în openbook-ul “*Engineering and Mathematical Topics in Rainfall*” (DOI: 10.5772/intechopen.74047). În colaborare cu cercetătorii din echipa națională și internațională a proiectului, au fost elaborate, 3 articole, aflate în diferite stadii de evaluare pentru publicarea în 3 reviste cu vizibilitate în domeniul hidrologiei și climatologiei: (1) “*Vegetation vulnerability to drought on southeastern Europe*” în “*Hydrology and Earth System Sciences Discussions*”; (2) “*Integrating ground-based observations and radar data into gridding sub-daily precipitation in Romania*” în “*Journal of Hydrology*”; (3) “*Radar-derived convective storms climatology for Prut River Basin: 2003-2017*” în “*Natural Hazards and Earth System Sciences*”. Rezultatele obținute au fost prezentate, în această etapă la 3 conferințe științifice internaționale și una națională.

4 CONCLUZII

Contribuțiile științifice ale echipei române participante la proiectul IMDROFLOOD s-au focalizat pe integrarea datelor radar, a celor satelitare și a măsurărilor hidroclimatice din rețelele naționale de observație, folosind atât tehnici statistice complexe cât și modelarea ecohidrologică, într-o abordare care să aducă valoare adăugată, pentru bazinul Prut, datelor și informațiilor generate de alte programe și inițiative europene.

În această etapă, cu ajutorul modelului hidroecologic ModClark a fost simulat procesul ploaie-scurgere în sub-bazinul Jijiei din bazinul Prut, luând în considerare evoluția coeficienților de cultură derivați din indicii de vegetație calculați folosind benzile spectrale

ale senzorului satelitar MODIS Terra, în perioada 2005-2015. Estimarea s-a realizat pentru fiecare an în perioada 2005-2015. Rezultatele arată că anii 2005 și 2010 s-au caracterizat prin valori ridicate de umiditate a solului, în ceilalți ani înregistrându-se valori de umiditate reduse (< 15 %), sub limita minima de apă (C.O.) la care plantele se ofilesc ireversibil. Acest fapt sugerează că plantele agricole nu se pot dezvolta optim în regiunea investigată fără aplicarea udărilor.

Analiza tipurilor de feed-back ale ecosistemelor, cu impact asupra secetelor și inundațiilor, s-a făcut pe baza unor scenarii de ocupare a terenului cu 2 tipuri de vegetație. Rezultatele simulărilor cu modelul ecohidrologic selectat indică o reducere a scurgerii totale cu 33% în cazul acoperirii totale a suprafeței de drenaj cu păduri, comparativ cu acoperirea cu teren arabil. Reducerea scurgerii totale contribuie la menținerea umezelii solului în bazin, mai ales în timpul perioadelor cu precipitații deficitare.

Pe de altă parte, bazinul Prut prezintă, din punct de vedere climatic, potențial predictiv pentru umiditatea din sol, vara (iunie-august), dacă se ia în considerare temperatura apei mării (Marea Mediterană și Marea Neagră) din luna mai precedentă. În acest context, episoadele de secetă sunt mai predictibile decât cele cu excedent de precipitații (ce pot duce la inundații).

5 BIBLIOGRAFIE

- Bausch, W. C. (1995). Remote sensing of crop coefficients for improving the irrigation scheduling of corn. *Agricultural Water Management* 27.
- 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.
- Er-Raki, S., Chehbouni, A., Guemouria, N., Duchemin, B., Ezzahar, J., and Hadria, R. (2007). Combining FAO56 model and ground-based remote sensing to estimate water consumption of wheat crops in semi-arid region. *Agricultural Water Management* 87.
- Gontia, N. K., and Tiwari, K. N. (2010). Estimation of crop coefficient and evapotranspiration of wheat (*Triticum estivum*) in an irrigation command using remote sensing and GIS. *Water Resources Management* 24.
- 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
- Kamble, B. et al. Estimating crop coefficients using remote sensing-based vegetation index. *Remote Sensing*, v.5, p.1588- 1602, 2013.
- 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.
- Neale, C. M. U., Bausch, W. C., and Herman, D. F. (1989). Development of reflectance-based crop coefficient for corn. *Transactions of the ASAE* 32,1891-189.
- Palmer WC (1965) Meteorological drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, D.C.
- 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.

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