

UNIVERSITATEA “OVIDIUS” DIN CONSTANȚA
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE APLICATE
DOMENIUL DE DOCTORAT INGINERIE CIVILĂ

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat

Prof. univ. dr. ing. Carmen Maftei

Student-doctorand

Ing. Gabriel Dobrică

CONSTANȚA, 2023

UNIVERSITATEA “OVIDIUS” DIN CONSTANȚA
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE APLICATE
DOMENIUL DE DOCTORAT INGINERIE CIVILĂ

**Evaluarea secetei hidrologice în bazinul hidrografic al lacului Nuntași-
Tuzla, județul Constanța
- Rezumat -**

Conducător de doctorat
Prof. univ. dr. ing. Carmen Maftei

Student-doctorand
Ing. Gabriel Dobrică

CONSTANȚA, 2023

Cuprins

1.Introducere	5
2.Metode și metodologii de cercetare	9
3.Seceta	10
4.Zona de studiu.....	14
5.Serii de timp constituite	18
6.Calculul indicilor de secetă	23
7. Concluzii generale și perspective ale cercetării	31
Bibliografie selectiva	34

Mulțumiri

Doresc să aduc mulțumiri speciale doamnei prof. univ. dr. habil. ing. Maței Carmen Elena, coordonatorul meu științific, mi-a oferit constant îndrumare, sprijin și încurajare pe tot parcursul pregătirii pentru doctorat și redactarea tezei. Sunt recunoscător profesorului meu pentru că mi-a oferit libertatea de a utiliza și aborda acest subiect de doctorat într-un mod personal.

De asemenea, aș dori să-mi exprim recunoștința față de membrii comisiei de îndrumare de-a lungul perioadei de pregătire a doctoratului pentru sfaturile și sugestiile oferite. Doresc să mulțumesc doamnelor prof.univ.dr.ec. Vancea Diane Paula Corina, prof.univ.dr. Ciugureanu Carmen-Adina și prof. univ. dr. Lucica Tofan, cele care mi-au fost turore timp de un an în cadrul proiectului cadrul proiectului “Excelența academică și valori antreprenoriale - sistem de burse pentru asigurarea oportunităților de formare și dezvoltare a competențelor antreprenoriale ale doctoranzilor și postdoctoranzilor (ANTREPRENORDOC), cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Capital Uman, 2014-2020, Contract nr. 36355/23.05.2019 POCU/380/6/13 - Cod SMIS: 123847.”

Mulțumirile mele se îndreaptă și către profesorii din cadrul Facultății de Construcții a Universității Ovidius din Constanta, domnul conf. univ.dr. ing. Buta Constantin, doamna ș.l. univ. dr. ing. Stănescu Mădălina și doamna ș.l. univ. dr. ing. Mihai Geanina, cu care am dezbătut numeroase teme și subiecte pe parcursul elaborării tezei. Țin să mulțumesc conducerii și colegilor de la Administrația Bazinală de Apă Dobrogea-Litoral pentru sprijinul acordat și oportunitățile de dezvoltare profesională oferite mie. În același timp, aș dori să mulțumesc copiilor și soției mele pentru încurajarea și sprijinul dedicat pe tot parcursul procesului de finalizare a doctoratului.

Cuvinte cheie

Secetă hidrologica, indici și indicatori hidrologici, deșertificare, management, lacul Nuntași-Tuzla, Dobrogea.

1. Introducere

Hazardurile sunt de două categorii: antropice și naturale. În categoria celor naturale intră și hazardurile hidrometeorologice care cuprind, la rândul lor: inundații, secete, valuri de cădură și cicloane tropicale.

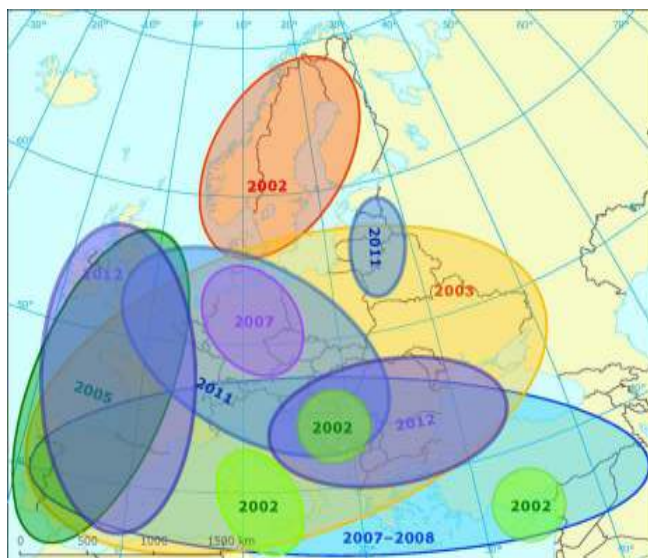


Figura nr. 3- Situația secetelor hidrologice în Europa <https://www.eea.europa.eu/legal/copyright>

În conformitate cu „Agenția Europeană de Mediu” (EEA), România a fost afectată de secete hidrologice și de insuficiența resurselor de apă în următorii ani: 2002, 2003, 2011 și 2012 (figura nr. 3). De asemenea, se arată că prognoza este de diminuare a debitelor minime pe râuri, cu o perioadă de revenire de 20 de ani în secolul XXI, ceea ce înseamnă că secetele hidrologice vor avea o frecvență de apariție mai mare și o intensitate sporită.

Impactul evenimentelor extreme cum ar fi secetele, valurile de căldură și lipsa apei au un efect negativ asupra dezvoltării economice și sociale dar și asupra sănătății oamenilor. Influența acestor tipuri de hazarduri se resimte nu numai la nivel local ci și la nivel regional chiar global, datorită interdependenței ce există între societățile situate în diferite regiuni ale lumii.

WMO a raportat că pe o perioadă cuprinsă între 1970 și 2019, în Europa din totalul de dezastre naturale 3% sunt reprezentate de secete iar 5% de valuri de căldură iar cele cinci hazarduri care au condus la cele mai multe pierderi economice sunt: inundațiile riverane (44%), furtunile generale (36%), și secetele (10%). În această perioadă, conform documentului WMO, România a raportat un total de 83 de dezastre naturale, dar nu se fac

referiri în acest document cu privire la tipurile de dezastre sau date referitoare la pierderi economice, mortalitate cauzate de aceste hazarduri.

Un impact major al secetelor prelungite coroborat cu influența antropică este secarea lacurilor; probabil cel mai cunoscut caz este cel al lacului Aral care este considerat a face parte din categoria mărilor închise. Lacul Aral a fost considerat al treilea cel mai mare lac din lume care, după 1960, a început să-și diminueze constant suprafața.

Exemplele ar putea continua cu Marea Caspică, situată la frontiera dintre Asia și Europa, care ar putea avea aceeași soartă ca și lacul Aral sau cu lacul Urmia, un lac endoreic din Iran care era catalogat ca fiind cel de al 6-lea lac sărat din lume și care începând cu sfârșitul anului 2007 și-a pierdut 10% din suprafața de 5200 km². În 2021, suprafața s-a redus la jumătate.

Hepites [11] menționează că, în lipsa înregistrărilor despre secetă, trebuie să ne bazăm pe documente istorice și aduce în discuție cronica lui Grigore Ureche publicată în „Letopiseții lui Mihail Kogălniceanu”. Începând cu momentul în care s-au realizat înregistrări observațiile au putut să fie mult mai riguroase astfel că, în „Analele Academiei Române”, Ștefan Hepites arată că la nivelul României anii 1894 și 1896 au fost dintre cei mai secetoși ani cu o medie națională de 414 mm, respectiv 459 mm, ceea ce este sub media multianuală de 461mm. Și anii 1902 (decembrie 1901- aprilie 1902), 1903 și anul 1904 au fost ani secetoși [11].

În România, există câteva exemple recente cu privire la secarea unor lacuri. În luna octombrie a anului 2020 a secat complet Lacul Iezer din județul Călărași, cu o suprafață de aproximativ 400 ha (figura nr. 11). Lacul Amara situat în județul Buzău, cu o suprafață de peste 800 de hectare a secat complet în luna iunie a anului 2022 (figura nr. 9) și un alt lac din județul Satu Mare în suprafața de peste 100 de hectare, Lacul Moftinu Mic, a secat (figura nr. 10). În Dobrogea, lacul Nuntași-Tuzla a avut aceeași soartă în august 2020 (figura nr. 12).



Figura nr. 9 - Imagine Lacul Amara, Jud. Buzău
(foto autor)



Figura nr. 10 - Imagine Lacul Moftinu Mic, Jud. Satu
Mare



Figura nr. 11 - Imagine Lacul Iezerul, jud. Calarași



Figura nr. 12 - Imagine Lacul Nuntasi, Jud. Constanța

Din cele prezentate reiese că:

- (i) Problema secetei este una reală cu impact asupra oricărui sector economic, a sistemelor ecologice și mai ales asupra calității vieții umane; un exemplu în acest sens îl constituie evenimentul din 20 august 2020 petrecut în BH Nuntași (situat în Bazinul Hidrografic Litoral), când lacul Nuntași-Tuzla a secat complet. Un studiu incipient a fost realizat și prezentat în capitolul "Drought Land Degradation and Desertification—Case Study of Nuntasi-Tuzla Lake in Romania" publicat în cartea „Water Safety, Security and Sustainability: Threat Detection and Mitigation” în editura Springer International. În acel articol, autorii, au încercat să explice cauzele apariției acestui eveniment [7];
- (ii) Există o strategie națională definitivată în anul 2008 privind reducerea efectelor secetei dar planul de acțiuni și măsuri nu conține nici o referire la modul de investigare sau analiză și nici de avertizare a secetei;
- (iii) Există un ghid de pregătire a planurilor de management la secetă care realizează trecerea de la abordarea reactivă (când se gestionează doar situațiile de criză) la abordarea proactivă care presupune crearea unui plan de acțiune bazat pe prevenție. Ghidul menționat anterior propune cinci etape de realizare a unui „Plan de Management pentru gestionarea Secetei” (DMP), unde la etapa patru „Dezvoltarea și optimizarea DMP și publicarea acestuia” sunt incluse șapte subetape din care două se referă la stabilirea indicatorilor de caracterizare a secetei și stabilirea unui sistem de avertizare, astfel încât să se poată stabili un plan de măsuri coerent.

Obiectivul principal al tezei de doctorat este de a efectua o analiză a secetei hidrologice a bazinului hidrografic lacului Nuntași-Tuzla și a implicațiilor sale în zona BH. Pentru atingerea acestui obiectiv, obiectivele specifice sunt :

1. Recenzia metodelor de evaluare a secetei de asemenea manieră încât să contribuim la înțelegerea fenomenului de secetă în general și a secetei hidrologice în special;
2. Selectarea zonei de studiu, colectarea și prelucrarea datelor
3. Descrierea/caracterizarea zonei de studiu aleasă atât din punct de vedere climatic și hidrologic cât și din punct de vedere economic;
4. Evaluarea indicilor de secetă selectații și identificarea secetelor majore, severitatea acestora și caracterul sezonier.

Cu scopul de a elucida problemele secetei din zona de studiu, de a atinge obiectivele și de a oferi detaliile rezultatelor metodelor de cercetare alese, lucrarea de față prezintă în cel șapte capitole modul de realizare și rezultatele obținute în atingerea obiectivelor.

Capitolul 1 prezintă contextul în care se desfășoară cercetarea cu privire la secetele hidrologice. Ca urmare a impactului acestora atât economic cât și social, a importanței acestora în managementul bazinelor hidrografice cerut de implementarea Directivei Cadru Apă și în contextul evenimentului din august 2020 când lacul Nuntași Tuzla a secat în totalitate considerăm că subiectul este important a fi evaluat și analizat.

Capitolul 2, în acest capitol sunt prezentate metodele și metodologiile care au contribuit la atingerea obiectivelor acestui studiu. Pentru a face o descriere a secetei hidrologice la nivelul BH lacului Nuntași sunt necesare trei tipuri de date principale: hărți digitale, date climatice și date hidrologice. Aceste date au fost transformate în date digitale și s-a realizat un catalog de date. O trecere în revistă a metodelor de analiza datelor ne-a permis și alegerea soft-urilor cu care putem realiza analiza.

În Capitolul 3 sunt definiți seceta și principalii indicatori și indici de secetă așa cum reiese din recenzia principalelor surse din literatură de specialitate. Această recenzie ne-a permis alegerea metodei de lucru și a softurilor cu care putem realiza calculele necesare care să ne conducă la caracterizarea secetei hidrologice în BH lacului Nuntași-Tuzla.

Capitolul 4 conține prezentarea BH a lacului Nuntași-Tuzla din punct de vedere administrativ, arheologic, climatic, hidrologic, pedologic, economic, dar și prezentarea hărților întocmite pentru acest studiu.

În Capitolul 5 sunt analizați indicatori de secetă, precum precipitațiile, temperaturile și debitele anuale din zona B.H. a lacului Nuntași-Tuzla și constituite în serii de timp digitale, întocmind astfel un catalog care este prezentat în anexe.

În Capitolul 6 Sunt analizați indicii de secetă prin metodele Indicelui Fluxului Standardizat (SSFI), Indicelui Standardizat al Precipitației (SPI), Metoda Nivelului Pragului (TLM) și prezentate rezultatele analizelor.

Capitolul 7 este capitolul cu concluzii generale ale studiului, perspectivele cercetării și recomandări pentru cercetări ulterioare.

2. Metode și metodologii de cercetare

Metodologia utilizată în această lucrare este una mixtă care se bazează pe de o parte pe utilizarea metodelor calitative și pe de altă parte a metodelor cantitative (figura nr. 15).

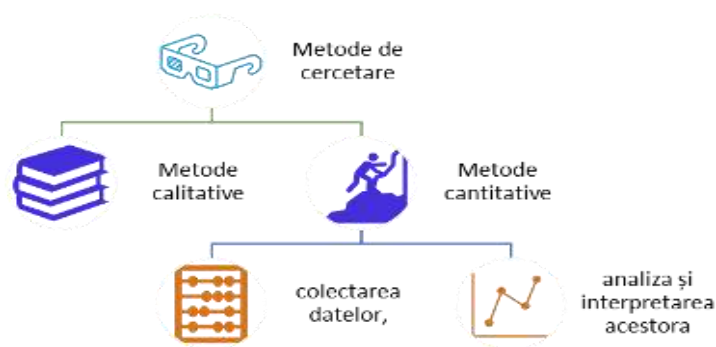


Figura nr. 15 - Metode de cercetare

- Metodele calitative se referă la: (i) metode de exploratorii bazate pe analiza documentară din literatura de specialitate cu referire la secetă, indicatorii de secetă (vezi capitolul 3), metode de analiză a datelor (vezi capitolul 2.3.) și o sinteză a secetelor din România (vezi capitolul 1.2.); (ii) analiză exploratorie a datelor referitoare la lacul Nuntași-Tuzla provenite din diverse documente/surse și care reprezintă o recenzie a diverselor informații publicate în decursul timpului despre BH studiat (vezi capitolul 4). Această recenzie va conduce pe de o parte la caracterizarea BH Nuntași-Tuzla din punct de vedere morfologic, hidrologic, climatic, etc. dar și la înțelegerea fenomenelor de secetă care au apărut în ultima vreme.
- Metodele cantitative se referă la: colectarea datelor, analiza și interpretarea acestora, determinarea indicatorilor și indicilor de secetă meteorologici și hidrologici. Datele se referă în special la precipitații, temperaturi, debitele medii ale râurilor din BH.

Pentru a face o descriere a a secetei hidrologice la nivelul BH lacului Nuntași sunt necesare trei tipuri de date principale: hărți digitale, date climatice și date hidrologice.

În ceea ce privește realizarea hărților digitale vom utiliza tehnici GIS (Geographic Information System) care și-au dovedit în ultimii ani capabilitățile de stocare, organizare și analiză a datelor provenite din diverse surse dar și de tipuri diferite. Nu vom face aici o descriere a tehnicii în sine ci vom aminti că lucrăm cu ARCGIS v.10.8 produs de ESRI Canada.

Implementarea GIS la nivelul BH lacului Nuntași-Tuzla presupune câteva etape dintre care cele mai importante sunt: (i) achiziționarea datelor și (ii) proiectarea bazei de date.

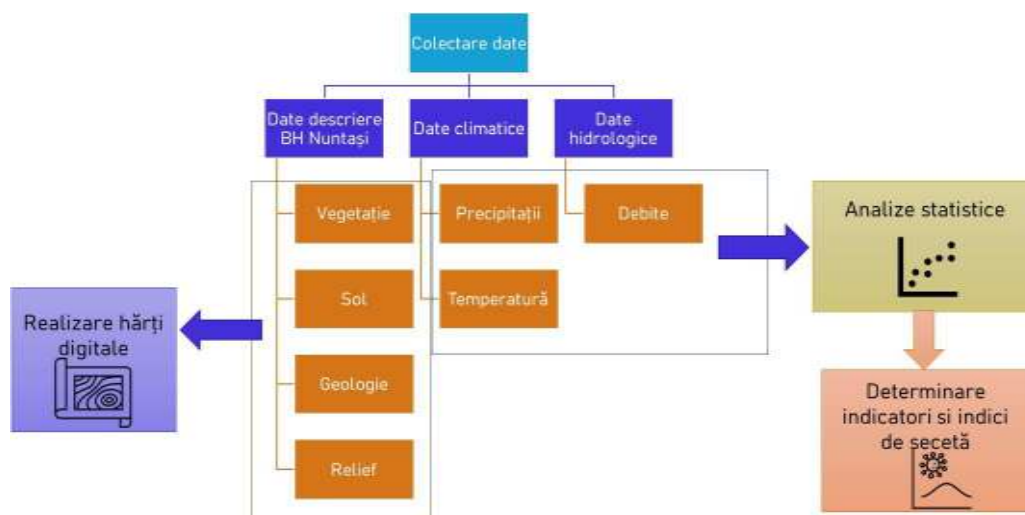


Figura nr. 16 - Schema privind metodologia utilizată în vederea determinării indicilor și indicatorilor de secetă

Pentru calculul indicatorilor și indicilor de secetă vom folosi date climatice referitoare la precipitații, temperaturi și date hidrologice referitoare la debitele cursurilor de apă ce traversează BH lacului Nuntași-Tuzla.

Pentru seriile de timp de temperatură trebuie folosite datele de la stațiile meteorologice apropiate.

În consecință, în ceea ce privește debitele am avut la dispoziție trei categorii de înregistrări:

- Debite anuale pentru perioada 1965-1979 (din arhivele ABADL);
- Hard copy (debit zilnic înregistrat pe fișele de măsurători ale „Institutului Național de Hidrologie și Gospodărirea a Apelor” pentru perioada 1979-2015 [3].
- Debite zilnice înregistrate automat pentru perioada de după anul 2015.

3. Seceta

Seceta este un fenomen natural, încadrat în categoria dezastrelor naturale datorită impactului negativ pe care îl are asupra vieții și activității oamenilor, cu multiple implicații în viața economică. Există foarte multe definiții ale secetei, de exemplu: „o perioadă prelungită

de uscăciune care cauzează pagube mari culturilor sau împiedică creșterea optimă a acestora sau un deficit mare de apă”. Dar nici una din definițiile de tipul celei prezentate nu oferă informații referitoare la începutul, sfârșitul, durata sau severitatea acestui fenomen.

Determinarea parametrilor ce descriu seceta este de mare importanță pentru managementul resurselor de apă. În ceea ce privește parametrii care pot descrie seceta există două noțiuni diferite: indicatori și indici.

- **Indicatorii** se referă la acele variabile sau parametrii utilizați pentru a descrie condițiile de secetă. Exemplele includ precipitațiile, temperatura, debitul cursului, nivelul apei subterane și ale lacurilor, umiditatea solului și stratul de zăpadă.
- **Indicii** sunt reprezentări numerice ale severității secetei, evaluate folosind intrări climatice sau hidrometeorologice, inclusiv indicatorii enumerați mai sus. Indicii sunt utilizați pentru a oferi o evaluare cantitativă a severității, locației și duratei evenimentelor de secetă.

Din motivele enunțate mai sus, două tipuri diferite de definiții (conceptuală și operațională), au fost propuse de către Statele Unite ale Americii. Definițiile operaționale sunt formulate în termeni de indici, aceștia oferind posibilitatea de a identifica începutul și sfârșitul secetei precum și severitatea acesteia. Din punct de vedere operațional, Societatea Americană de Meteorologie în 1997 grupează definițiile în patru categorii:

- **meteorologică**
- **agricolă**
- **hidrologice**
- **socio-economică**

i. Indicatori

Pentru a descrie condițiile climatice ale bazinului hidrografic (B.H.) Nuntași-Tuzla în afară de aplicarea analizei exploratorii și cea statistică, utilă este determinarea **climogramelor**. În esență o climogramă este un grafic ce utilizează doi sau trei indicatori climatici (precipitația, temperatura și umiditatea) și sunt utilizate în general pentru identificarea climatelor. Una dintre cele mai cunoscute este climograma Gaussen sau ombrotermică.

ii. Indici de secetă

În Uniunea Europeană s-au intensificat eforturile de a realiza o armonizare a metodelor de identificare a secetelor pe baza indicatorilor. Organizația Meteorologică Mondială (WMO) și Parteneriatul Global pentru Apă (GWP) au realizat în 2016 un „Manual de indicatori și indici de secetă” (denumit în continuare Manual) [25]. În acest manual indicii de secetă folosiți astăzi în lume sunt grupați după ușurința în utilizare în: verde – ușor, orange – mediu și roșu – greu. Această grupare realizată de GWP [25] s-a bazat pe următoarele criterii:

Tabelul nr. 4 - Indici de secetă grupați după ușurința în utilizare

UȘOR	Există un software disponibil în online Nu sunt necesare date zilnice Sunt permise datele lipsă Este utilizat pe scară largă
MEDIU	Pentru calcule sunt necesare mai mulți parametri Complexitatea aparatului matematic este minimă Nu există un software disponibil în sistem online
GREU	Nu există dezvoltat un software de calcul Intrările pot fi parametri modelați cu ajutorul altor modele Indicele nu este disponibil

Indici de secetă meteorologică

Cel mai simplu indice de secetă meteorologică a fost cel propus de Palmer [24], numit Indicele de Severitate al Secetei Palmer (PDSI-Palmer Drought Severity Index) și se folosește cu precădere în S.U.A

Pentru a înlătura neajunsul prezentat anterior s-a propus folosirea Indicelui Standardizat al Precipitației (SPI - Standardized Precipitation Index), care se bazează pe distribuția probabilistică a precipitației calculată la diferiți pași de timp.

Pentru a înlătura acest dezavantaj, Vicente-Serrano propune un indice nou: Indicele Standardizat al Precipitației și Evapotranspirației – (SPEI-Standardized Precipitation Evapotranspiration Index).

Pentru a caracteriza **seceta agricolă**, a fost introdus Indicele umidității solului (Crop Moisture Index) de către Palmer în 1968 [24] și se folosește pentru perioade scurte de timp.

Indicii de secetă hidrologică

Indicele de Secetă Hidrologică Palmer (PHDI - Palmer Hydrological Drought Index).

Indicele Standardizat al Aprovizionării Rezervoarelor (SRSI - Standardized Reservoir Supply Index).

Indicele Fluxului Standardizat (SSFI- Standardized Streamflow Index). Modarres a introdus SSFI în 2007, iar Telesca și alții l-au investigat în 2012. În lucrarea inițială, Modarres a descris modul în care se calculează SSFI, similar cu SPI, în care SSFI pentru o anumită perioadă este definit ca diferența de debit de la medie la abaterea standard.

Streamflow Drought Index (SDI)

Indicele de Alimentare cu Apă de Suprafață (SWSI - Surface Water Supply Index).

Dincolo de acest manual, Organizația Mondială de Meteorologie (WMO) [129] propune o metodologie de caracterizare a secetei hidrologice care poate fi divizată în două categorii:

- (i) determinarea debitului minim pe baza curbei de frecvență a debitelor (FDC), debitului minim anual (MAM) și indicelui debitului de bază (BFI);
- (ii) determinarea caracteristicilor deficitului Metoda Nivelului Pragului (TLM- Threshold Level Methods) și Algoritmul de Vârf Secvențial (SPA -Sequent Peak Algorithm).

Indicii din categoria (i) nu oferă informații despre durata perioadei de secetă, începutul secetei și sfârșitul ei. Metodele din categoria (ii) oferă informații despre durata secetei, severitatea, intensitatea evenimentului și valoarea minimă a fiecărui eveniment.

Analizând indicii de secetă găsiți în literatura de specialitate am hotărât ca pentru acest studiu să folosim următoarele categorii de indici de secetă:

- metodă agreată de Organizația Mondială de Meteorologie și anume SPI (Standardized Precipitation Index), și respectiv SSFI (Standard flow/streamflow index) și
- metode de determinare a secetei hidrologice prin determinarea caracteristicilor deficitului (Metoda nivelului pragului – TLM)

Recenzia literaturii științifice cu privire la indicatorii și indicii de secetă ne-a permis pe de o parte să (i) alegem acei parametri care sunt disponibili și cu care putem să realizăm calculele necesare dar și (ii) cele mai adecvate metode de calcul.

În ceea ce privește indicii de secetă am hotărât că potrivit pentru acest studiu, în funcție de datele disponibile, sunt calculul SPI (Standard Precipitation Index) respectiv SSFI (Standard Fow/Streamflow Index) precum și metoda TLM (Threshold Level Method).

4. Zona de studiu

Așa cum aminteam în paragrafele anterioare, în luna august a anului 2020 a avut loc un dezastru ecologic nemaiîntâlnit în regiunea Dobrogei și anume secarea completă a lacului Nuntași-Tuzla, un lac de aproximativ 850 de hectare. În ideea de a stabili care sunt cauzele care au condus la acest eveniment am considerat că bazinul hidrografic (BH) al acestui lac este cel mai potrivit pentru atingerea obiectivelor propuse.

Din punct de vedere **administrativ**, Bazinul Hidrografic al lacului Nuntași Tuzla se suprapune pe teritoriul mai multor comune din județul Constanța - Istria, Săcele, Cogeașlac, Fântânele, Grădina și Corbu- și din județul Tulcea comuna Beidaud. Fântânele, Cogeașlac, Istria și Săcele dețin 98% din suprafața BH Nuntași Tuzla.

În conformitate cu „*Serverul Cartografic pentru Patrimoniul Cultural Național*”, din punct de vedere **arheologic**, în zona de studiu au fost descoperite două așezări din epoca romană târzie și anume: (i) la 1 km nord de băile Nuntași unde s-au descoperit materiale de construcții inclusiv material ceramic din perioada romană târzie; (ii) pe malul nordic al pârâului Nuntași în dreptul podului de pe șoseaua Năvodari-Mihai Viteazu (la 300 m E-SE) s-au găsit elemente ceramice din aceeași perioadă.

Regiunea studiată face parte din **Podișul Dobrogei Centrale** subunitatea Podișului Istriei și are un aspect de câmpie litorală (Prispa Hamangia) dezvoltată între podișul Casimcea și Marea Neagră fiind o combinație de câmpii marine (Săcele și Chituc), bariere nisipoase și lacuri de mică adâncime (Sinoe, Histria și Nuntasi).

Pe baza MDT-ului am obținut **harta pantelor** de unde reiese că panta medie a terenului în BH Nuntași este de 3,7% .

Tabelul nr. 9 - Clasa pantelor

Clase	suprafata (mp)	%
0-2	69386410	35%
2-6	91116720	47%
6-9	27186560	14%
9-10	6786094	3%
10-30	1176719	1%
Total	195652503	100%

Din tabelul de mai sus (tabel nr. 9) rezultă că mai mult de 80% din suprafață este ocupată de pante între 0-6% și doar 18% din suprafața bazinului este ocupată de pante peste 9%.

Din punct de vedere **geologic**, regiunea face parte din platforma Moesică – formațiunea Istria din perioada geologică Ediacaran (aproximativ acum 635-538 mil ani). Zona de studiu se află între falia Ostrov-Sinoe și falia Capidava-Ovidiu. Zona este constituită din calcare și gresii calcaroase, șisturi calcaroase, marne calcaroase acoperite cu straturi groase de loess ce variază de la 2 la 30 m. În zona văilor râurilor Nuntași și Săcele predomină șisturile verzi. Acestea se regăsesc și pe o porțiune relativ restrânsă pe malul estic al lacului.

Climatul în zonă este temperat continental cu influențe marine cu temperaturi medii de 11°C și precipitații anuale de aproximativ 400 mm. Foarte multe informații despre clima Dobrogei nu există decât după ce regiunea Dobrogei a fost reintegrată în teritoriul României, după anul 1877.

În Analele Dobrogei 1878-1928 [16] se arată că **temperatura medie anuală** a orașului Constanța, calculată pe 30 ani (1886-1915), este de 11.1°C. Temperatura medie anuală (perioada 1886-1915) la Sulina este de 11°.0 iar la Balcic 11°.7. În vestul Dobrogei, temperaturile medii sunt mai scăzute (Galați 10.5°C, Brăila 10.8°, Călărași 10.9°) ceea ce i-a îndreptățit pe autori să afirme că pe litoral clima este mai blândă decât în restul teritoriului.

Studii anterioare pe seriile de timp de temperaturi de la principalele stații meteorologice din Dobrogea, pentru perioada 1965-2005 au demonstrat existența unei rupturi, în anul 1998. Pentru perioada 1998-2005, temperatura a crescut, în medie, cu 0,8°C, ceea ce este în acord cu observațiile comparative dintre cele două hărți.

Am georeferențiat harta în ArcGis și am obținut o hartă a regimului de **precipitații** din acea perioadă pentru Dobrogea. Dacă analizăm această hartă constatăm că pe litoral, precipitațiile sunt în ecartul 400-500 mm, inclusiv zona de studiu a lacului Nuntași-Tuzla. Valorile precipitațiilor pentru perioada investigată de Hepites sunt: 406 mm la Mangalia, 412 mm la Constanța, 431 mm la Cogealac. Zona Deltei este situată sub izohieta de 400; la Sulina, media pe perioada 1884-1899 fiind de 338 mm, iar zona de Sud este de asemenea situată în ecartul 400-500 mm.

Cu privire la **evaporație**, datele înregistrate pe o perioadă de 25 ani (1970-1995) la stațiile situate în județul Constanța la: Mamaia, lac Siutghiol și lac Techirghiol s-a constatat că acestea variază în jurul mediei multi anuale de 859-927 mm, ceea ce ar însemna un deficit anual de aproximativ 400 mm. În BH Nuntași-Tuzla nu există măsurători de temperatură, motiv pentru care vom determina evapotranspirația pe baza temperaturilor înregistrate la stația Jurilovca.

Vegetația naturală a regiunii este caracteristică zonei de stepă.

Tabelul nr. 10 - Tipurile de vegetație

Tipuri de vegetație	% din total
Acumulări de apă	0.03%
Mlaștini	0.96%
Pajiști naturale	1.13%
Pășuni secundare	4.78%
Spațiu urban discontinuu și spațiu rural	5.30%
Terenuri arabile	82.04%
Terenuri predominant agricole în amestec cu vegetație naturală	0.42%
Unități industriale sau comerciale	1.98%
Vii	2.04%
Zone de culturi complexe	1.34%

Căpitanul M.D. Ionescu specifică în lucrarea sa că **principala folosință** a lacului Tuzla (astăzi Nuntași-Tuzla) era cea de producere a sării „prin captare”, dat fiind că lacul avea apă sărată. Până în 1897 existau pe malul lacului cinci depozite de sare. Astăzi această activitate economică nu mai există. Tot din aceeași sursă, în același document, arată că după creșterea animalelor, activitatea economică principală în Dobrogea era pescuitul. În perioada anterioară anului 1989 existența nămolului sapropelic [4] a contribuit la dezvoltarea turismului terapeutic.

Astăzi, activitatea economică a regiunii se bazează pe agricultură și creșterea animalelor în proporție de peste 60% și 15,3 în industrie (în general construcții).

Mult timp s-a considerat că lacul Nuntași -Tuzla s-a format ca urmare a proceselor de transgresiune marină și a proceselor de coastă [4], ca mai toate lacurile de pe litoralul Mării Negre. Cercetări efectuate în ultima vreme, bazate pe studii arheologice și geomorfologice întreprinse de cercetători de la Universitatea București au arătat că lacul Nuntași-Tuzla este unul de origine tectonică.

Lacul Nuntași-Tuzla face parte din complexul lagunar Razim-Sinoe. Acest complex lagunar este format pe vechiul golf Halmiris și este conectat atât cu Marea Neagră cât și cu brațul Sf Gheorghe. Gâștescu și Braier [18] afirmă că principalele canale care fac legătură cu brațul Sf. Gheorghe sunt: Lipovenilor, Dunavăț, Dranov și - indirect – canalul Perișor-Belciug. Conexiunea cu marea Neagră este realizată prin așa-numitele ”portițe” sau ”periboine”. Acestea sunt Gura Portiței - în dreptul lacului Golovița -, Periteșca Leahova în dreptul lacului Razim și în dreptul lacului Sinoe Periboina și Edighiol.

Zona aceasta a fost subiectul unor mari transformări în decursul ultimilor 120 de ani. Intervențiile antropice în această zonă ar putea fi împărțite în trei categorii: faze de canalizare, faza de construcție a polderelor Comisia Europeană a Dunării înființată în 1856 a introdus ideea dezvoltării agriculturii în Delta Dunării cu scopul declarat de a transforma această zonă în grâнарul Europei.

Sistemul de irigații Razim cunoscut sub denumirea de Complexul de irigații Razim este alcătuit din următoarele unități: (1) sistemul hidrotehnic Razim (72500 ha) și (2) șase sisteme de irigații (121089 ha) și a funcționat la capacitate maximă din 1976 până în anii 1996 [92].

BH lacului Nuntași Tuzla se află pe teritoriul sistemului de irigații Sinoe (57162 ha). Sursa de apă o constituie o stație de alimentare (SPA Sinoe) situată pe lacul Golovița, dimensionată pentru debitul de 46,1 mc/s, și o înălțime de pompare de 55,7 m

În tabelul următor am sintetizat o parte din parametrii geometrici și parametrii de relief referitori la BH al lacului Nuntași-Tuzla. Suprafața și perimetrul BH, altitudinea și panta medie, lungimea cursurilor de apă sunt extrase cu ajutorul softului ArcGIS și au valori extrem de precise.

Tabelul nr. 11 - Parametrii geometrici BH Nuntasi-Tuzla

Parametrii geometrici BH Nuntasi-Tuzla		Valoare
Suprafață	A	195.791km ²
Perimetru	p	84.46 km
Coeficient Gravelius	c_f	1.70
Dreptunghiul echivalent		
Lungimea	L_d	36,93km
Lățimea	B_d	5,30km
Indicele dreptunghiului echivalent	I_d	6,96
Parametrii de relief		
Altitudinea	H	100,6m
Panta medie	i_{med}	3,7%
Panta generală (indicele global de pantă)	i_G	0,43%
Parametrii morfometrici		
Lungimea cursurilor de apă	$L_p + \sum l_i$	52090,54m
Densitate de drenaj	D_d	0.000266

5. Serii de timp constituite

Pentru studiul secetei în zona BH lacului Nuntași-Tuzla, datele meteorologice (precipitații și temperaturi) și cele hidrologice (debite) au fost obținute de la Agenția Națională de Meteorologie (ANM) și, respectiv, de la Institutul Național de Hidrologie și Gospodăria a Apelor (INHGA). Așa cum aminteam în capitolele precedente, seriile de timp de precipitații, temperatură și debite acoperă următoarele intervale de timp:

Tabelul nr. 12 - Serii de timp constituite

Parametru	stația	perioada	tip
Precipitații	Nuntași și Săcele	1965-1978	Medii lunare
		1978-2021	Medii zilnice
Temperatura	Jurilovca	1965-2021	Medii lunare
Debite	Nuntași și Săcele	1965-1978	Medii anuale
		1979-2021	Medii zilnice

Plecând de la aceste serii am constituit pentru fiecare parametru, următoarele tipuri de serii de timp digitale, întocmind astfel un catalog care este prezentat în anexe.

- **Precipitații**
 - Seria anuală 1965-2021
 - Seria valorilor maxime/minime anuale 1965-2021
 - Seria mediilor lunare 1978-2021
 - Seria mediilor zilnice 1979-2021
 - Seria mediilor multianuale lunare
 - Seria minimilor și maximelor multianuale lunare
- **Temperaturi**
 - Seria mediilor anuale 1965-2021
 - Seria mediilor lunare 1965-2021
 - Seria valorilor maxime/minime anuale 1965-2021
 - Seria mediilor multianuale lunare
 - Seria minimilor și maximelor multianuale lunare
- **Debite**
 - Seria anuală 1965-2021

- Seria mediilor lunare 1979-2021
- Seria mediilor zilnice 1979-2021
- Seria valorilor maxime/minime anuale 1979-2021
- Seria mediilor multianuale lunare 1979-2021
- Seria minimilor și maximelor multianuale lunare

Media multianuală a precipitațiilor pentru perioada 1965-2021 la cele două stații hidrometeorologice nu diferă foarte mult (448 mm la stația Nuntași față de 435 mm la stația Săcele). Efectuând media ponderată (cu suprafața), rezultă că media precipitației pe BH Nuntași-Tuzla este de 444,6 mm.

Tot pe baza analizei vizuale, sesizăm următoarele: (i) în perioada 1965-1979 valorile înregistrate pentru precipitațiile anuale sunt peste medie (10 valori la stația Nuntași și 12 valori la stația Săcele din 15 înregistrări), (ii) în perioada 1980-1994 precipitațiile anuale sunt în general sub medie (10 valori la Nuntași și 10 la Săcele din 15 înregistrări), (iii) în perioada 1995-2010 observăm o creștere a valorii precipitațiilor anuale peste medie (11 valori la Nuntași și 11 valori la Săcele din 16 înregistrări) (iv) după anul 2010 iar există o perioadă de valori scăzute, sub media multianuală, cu excepția anului 2021.

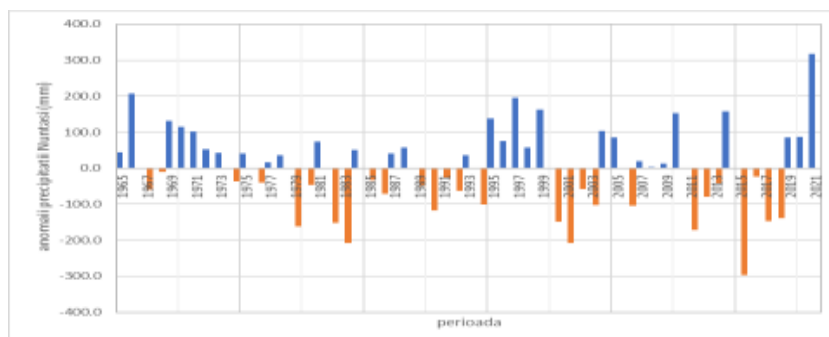


Figura nr. 51 - Graficul anomaliilor față de medie la stația Nuntași

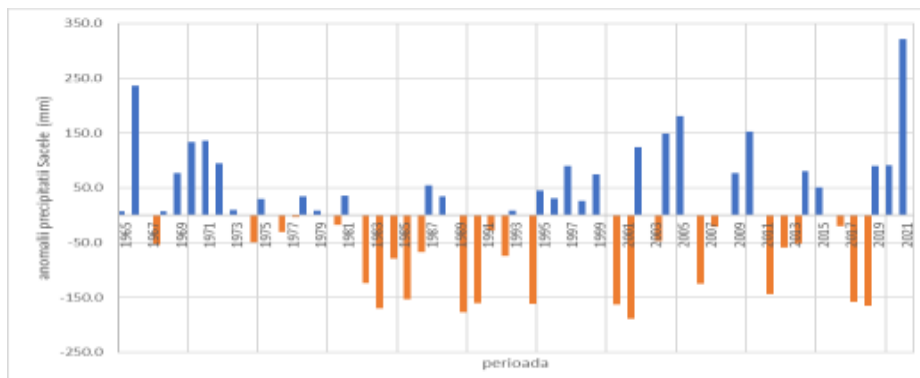


Figura nr. 52 - Graficul anomaliilor față de medie la stația Săcele

Analizând cele două grafice prezentate în figurile nr. 51 și 52 constatăm că din cele 57 de înregistrări la stația Nuntași 30 de ani sunt peste medie și 27 de ani sunt sub medie, iar la stația Săcele, 31 de ani sunt peste medie și 26 de ani sub medie, ceea ce înseamnă că aproximativ 47% sunt perioade de ariditate/secetă. Așa cum s-a observat și din analiza vizuală a graficelor de variație a precipitațiilor în timp la cele două stații, și în acest caz se pot detecta câteva perioade distincte și anume: (i) 1965-1979 o perioadă cu mai multe anomalii pozitive, putem spune că este o perioadă ploioasă/umedă (10-11 situații din 15); (ii) 1980-1994 o perioadă cu anomalii negative pe care o putem considera o perioadă secetoasă – cu 10-11 ani sub medie din 15 cazuri; (iii) 1995-1999 o perioadă ploioasă; (iv) 2000-2018 o perioadă în care predomină perioadele cu anomalii negative (12 respectiv 11 din 17) și (v) 2019-2021 o perioadă cu anomalii pozitive.

Analizând vizual graficul prezentat în figura nr. 55 observăm că începând cu anul 2004 nu mai există temperaturi sub media multianuală de 11,3°C.

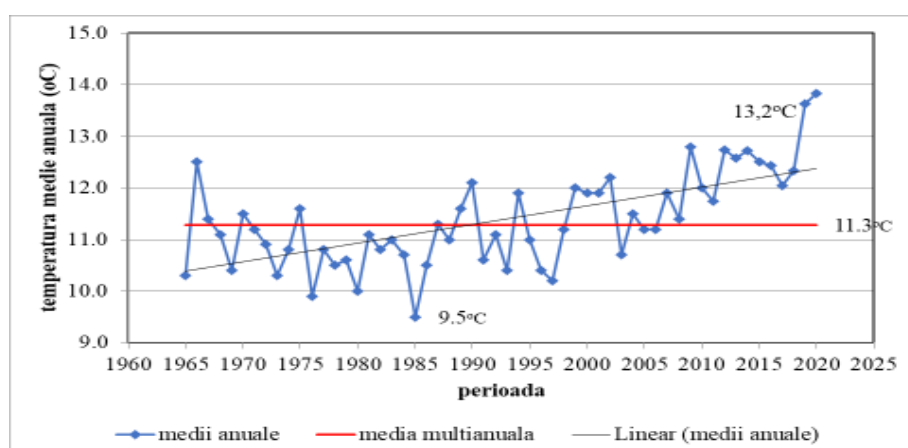


Figura nr. 55 - Variația temperaturii la stația Jurilovca

Pentru seria de temperatură medie anuală, testul arată că seria are două rupturi, una în anul 1997 și una în 2006, rezultate care confirmă rezultatele testelor Lee & Heghinian și Pettitt.

În urma testării existenței rupturilor, seria se divide în trei subserii. Temperatura medie multianuală pentru fiecare subserie este de 11,6°C, 12,6°C respectiv 13,3°C. În consecință, temperatura a crescut cu aproximativ 1,7°C după anul 1997.

În graficul din figura de mai jos sunt repartizate temperaturile medii, minime și maxime medii multianuale la stația Jurilovca.

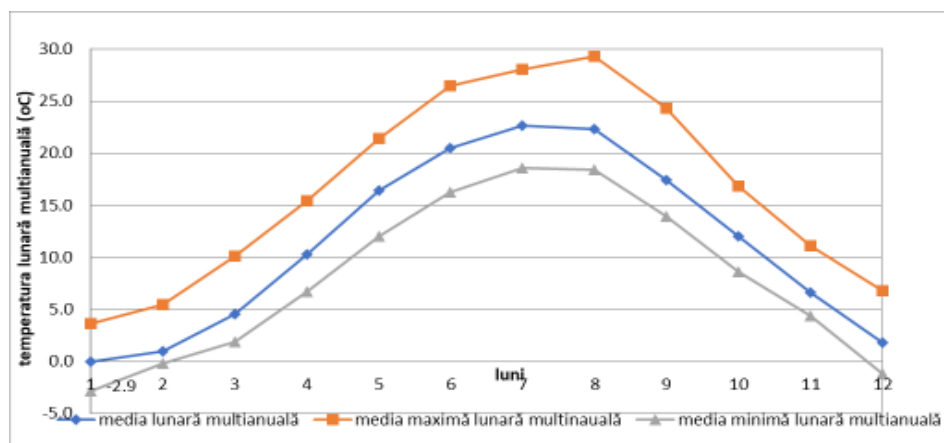


Figura nr. 58 - Reprezentarea variațiilor principalilor factori meteorologici

Constatăm că mediile lunare multianuale ale temperaturii se situează în ecartul $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ianuarie) și $22,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (luna iulie). Minimele lunare multianuale se situează în gama $-2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ianuarie) și $18,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (august), iar maximele lunare multianuale sunt între $3,6^{\circ}\text{C}$ (ianuarie) și $29,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (august). Cea mai rece lună este ianuarie și cele mai calde sunt iulie și august.

Așa cum se poate observa în figura nr. 63 prezentăm variația debitelor medii anuale la cele două stații hidrometrice, Nuntași și Săcele. Reamintim că dispunem de seria anuală pentru perioada 1965-1978 și de seria zilnică pentru perioada 1979-2021. Pe baza seriei zilnice corespunzătoare perioadei 1979 – 2021 am determinat debitele medii lunare și am calculat debitele anuale. Debitul mediu multianual pentru râul Nuntași este de $0,348\text{ m}^3/\text{s}$ și $0,082\text{ m}^3/\text{s}$ pentru râul Săcele.

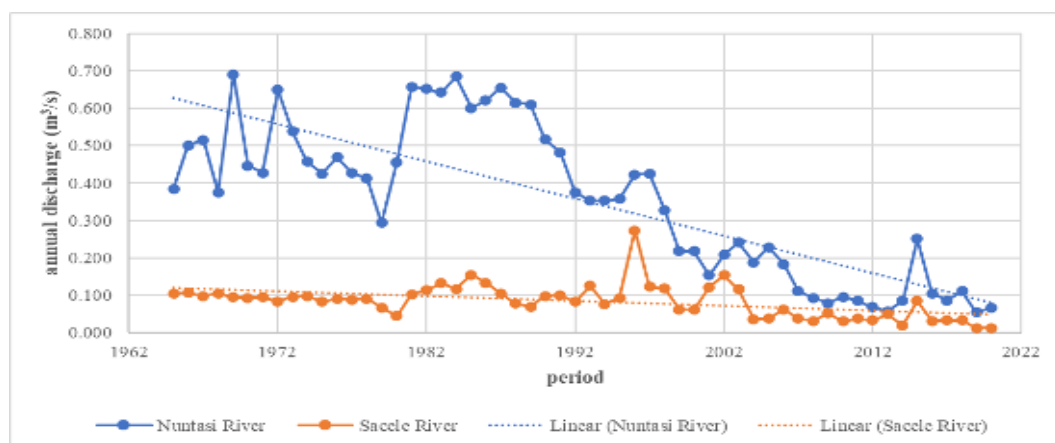


Figura nr. 63 - Variația debitelor anuale la stațiile Nuntași și Săcele

După cum se arată în tabelul următor (Tabelul nr. 14), media calculată pentru fiecare perioadă de subserie detectată prin procedura Hubert a corespuns diferitelor etape ale lucrărilor hidraulice implementate în regiunea de studiu și descrise în subsecțiunea anterioară .

Tabelul nr. 14 - Medii multianuale pe fiecare subserie detectată cu testul Hubert.

Stația hidrometrică	subserii	Medii multianuale (m ³ /s)	Observații
Nuntași	1965-1980	0.467	Înainte de intrarea în funcționare a sistemului de irigații (SI)
	1981-1989	0.638	(SI) funcționează
	1990-1996	0.409	Înteruperea parțială a (SI)
	1997-2006	0.239	Înteruperea totală a (SI)
	2007-2020	0.092	Temperaturi în creștere
Săcele	1965-2003	0.104	BH mai mic și mai compact
	2004-2020	0.037	

Pentru râul Nuntași, în perioada maximă de exploatare a sistemului de irigare (1981-1989), media debitului multianual este de 1,4 ori mai mare decât cea din perioada anterioară (1965-1980). Aceasta creștere se datorează infiltrațiilor rezultate din apa folosită la irigații. Forajul instalat în regiune de către fostul Oficiu de Îmbunătățiri Funciare a arătat o creștere a nivelului acviferelor. Mai mult, după 1989, debitul multianuală pentru perioada 1990-1997 a revenit la nivelul de bază (1965-1980) și a continuat să scadă, atingând un nivel periculos (de 6,75 ori mai mic decât debitul mediu anual pentru perioada 1965-1980).

Nu putem deduce de ce râul Săcele are un alt fel de comportament, cert este că suprafața BH Săcele este 2,8 ori mai mică decât a BH Nuntași (S. B.H. Săcele= 51.028 km²), scăderea debitelor râului Săcele este de numai 3,1 ori.

Analiza realizată pentru cei trei indicatori ne permite determinarea bugetului de apă aferent BH lacului Tuzla-Nuntași (figura nr. 69).

Din figura prezentată este evident că bugetul anual este negativ iar începând cu anul 1998 cantitatea de apă adusă de cei doi afluenți (Nuntași și Săcele) a scăzut semnificativ. Volumul precipitațiilor a crescut începând cu anul 2012, dar pierderile prin evapotranspirație sunt mult mai mari decât creșterea precipitațiilor. Nu există informații referitoare la regimul apelor subterane și proporția acestuia în bugetul de apă.

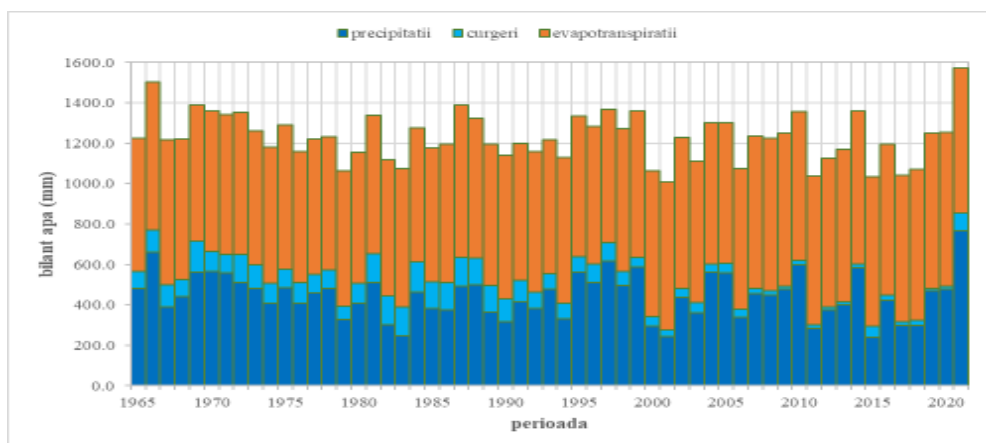


Figura nr. 69 - Bugetul de apă aferent lacului Nuntași-Tuzla

6. Calculul indicilor de secetă

După consitituirea seriilor de timp s-a realizat analiza indicatorilor (precipitații, debite, temperaturi), analiză ce a fost prezentată în capitolul precedent (capitolul V). După analiză, următoarea etapă este constituită din calculul indicilor de secetă

Din analiza metodelor ce pot fi utilizate (prezentate în capitolul metodologie), pentru acest studiu s-au folosit indicii **Indicele Standardizat al Precipitației** (SPI - Standardized Precipitation Index), **Indicele Fluxului Standardizat** (SSFI- Standardized Streamflow Index) și **Metoda Nivelului Pragului** (TLM- Threshold Level Methods) pe baza a 56 de ani de observații lunare de precipitații și debite, înregistrate la cele două stații hidro-meteorologice existente în bazinul hidrologic al Lacului Nuntași-Tuzla.

Tabelul nr. 15 - Clasele de variație ale indicelui SPI

Anomalie	Interval valori	Regim	Cod
pozitivă	$SPI > 2$	Foarte umed	FU
	$1.5 \leq SPI \leq 2$	Umed	U
	$1.0 \leq SPI \leq 1.5$	Moderat umed	MU
normală	$1 \leq SPI \leq 0$	Ușor umed	UU
	$-1 \leq SPI \leq 0$	secetă ușoară	SU
negativă	$-1.5 \leq SPI \leq -1$	Moderat uscat (secetă moderată)	SM
	$-2 \leq SPI \leq -1.5$	Uscat (secetă severă)	SS
	$SPI > -2$	Foarte uscat (secetă extrem de severă)	SES

Câteva concluzii se pot desprinde din aceste grafice (figura nr. 73 și tabelul nr. 16) astfel că rezultatele pot fi împărțite în următoarele perioade:

- 1965-1979 (mai 1979), perioadă de 14 ani în care cele mai multe dintre observații se regăsesc în zona unui SPI-12 mai mare ca zero, cu perioade situate peste valoarea 1; perioada poate fi caracterizată ca fiind ușor umedă. Doar anul 1968 a fost ușor uscat (cu o medie a SPI-12 de -0,05) și anul 1974 (cu o valoare SPI medie de -0,23).
- 1979-1995; în această perioadă de 17 ani perioadele de secetă au alternat cu cele umede în care au predominat perioadele secetoase, dar care în medie nu depășesc decât rareori valori de SPI-12 de -1, cu alte cuvinte această perioadă a fost marcată de o secetă ușoară cu câteva luni de secetă moderată în 1980 și 1983.
- 1997-1999 este o perioadă de șase ani cu umiditate mai mare, perioada putând fi încadrată în zona umedă, valorile SPI-12 variind între -0,8 și 2,36.
- 2000-2003 este o perioadă care se situează între o secetă moderată și una severă.
- 2004-2016 a fost o perioadă de alternare a perioadelor de secetă cu cele umede, dar frecvența secetelor este mai mare, cu valori care depășesc și -4. De altminteri, anul 2018 poate fi caracterizat ca unul cu secetă extremă.
- 2019-2020 este o perioadă caracterizată ca fiind umedă; anul 2020 are valori SPI-12 între 0 și 1, deci perioada a fost ușor umedă.

Distribuția frecvențelor de apariție a secetelor pentru clasele din tabelul de mai sus, (tabelul nr. 15) sunt aproape de o distribuție normală. Din figura nr. 73 se observă că 69% dintre valorile SPI se situează în clasa normal, dintre care 29% se referă la secete ușoare. Celelalte tipuri de secetă însumează 17% față de 14% valori situate în zona cu SPI-12 mai mare decât 1, din care 3% sunt reprezentate de secetele severe, cu un indice peste -2. Cele mai lungi perioade de secetă sunt prezentate în tabelul nr. 16.

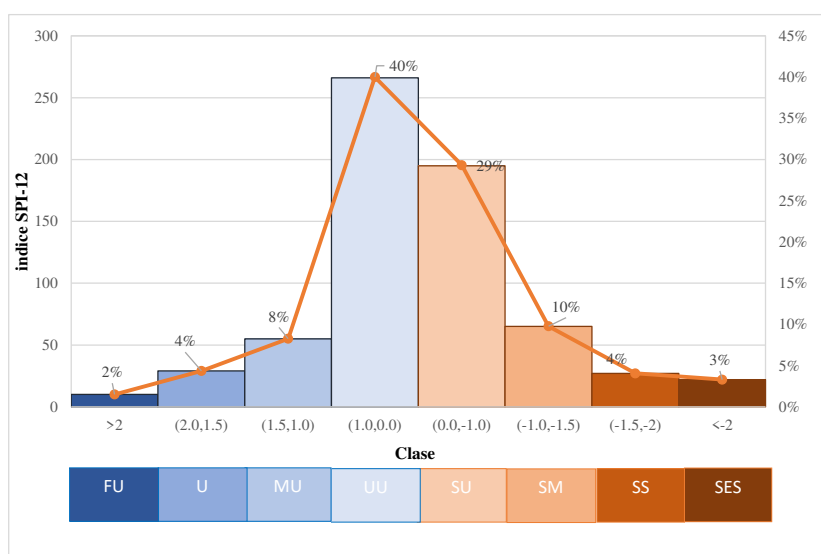


Figura nr. 73 - Distribuția frecvențelor absolute și relative la stația Nuntași

Tabelul nr. 16 - Caracteristicile secetelor la stația Nuntași

Nuntași SPI-12 interval	început	sfârșit	durata (luni)	SPI-12 maxim	SPI-12 mediu	Cod
>-1	12/1/1979	3/1/1981	15	-1.39	-0.94	SU
	1/1/1983	4/1/1984	15	-1.7	-1.13	SM
	9/1/1990	7/1/1991	10	-1.11	-0.68	SU
	1/1/2001	1/1/2003	24	-2.02	-1.3	SM
	5/1/2007	11/1/2007	6	-1.58	-1.27	SM
	10/1/2011	10/1/2013	24	-1.21	-0.72	SU
	12/1/2015	12/1/2016	12	-2.45	-1.25	SM
	5/1/2017	9/1/2019	28	-4.93	-2.6	SES

Ca și în situația rezultatelor de la stația Nuntași pe baza tabelului nr. 18, perioada de studiu poate fi împărțită în mai multe subperioade, și anume:

- 1965-1973 este o perioadă în care aproape că nu există perioade de secetă sau sunt secete minore (cu valori cuprinse în intervalul 0, -1), perioada declarată ca fiind, în medie, o perioadă moderat umedă; această perioadă este mai scurtă decât la stația Nuntași;
- 1974-1999 este o perioadă ce poate fi declarată ca fiind mai mult secetoasă de secetă ușoară, care prezintă câteva episoade de secetă moderată și chiar severă; aceasta se poate subîmpărți în subperioade
- 2000 septembrie – 2003 august este o perioadă de secetă moderată cu subperioade de secetă extremă;
- 2003-2006 este o perioadă ce variază de la ușor umedă la moderat umedă;
- 2006-2021 este o perioadă în care alternează perioadele de secetă cu cele umede, dar putem să remarcăm că secetele devin mult mai severe către sfârșitul perioadei (2017-2018), când valorile SPI-12 au atins valori peste -2; în perioada 2020-2021, valorile SPI sunt peste 0, anul 2021 fiind caracterizat ca fiind umed.

La stația Săcele, ca și în cazul datelor de la stația Nuntași, distribuția frecvențelor de apariție a secetelor este una aproape de o distribuție normală. Observăm (figura nr. 76) că 66% dintre valorile indicelui SPI-12 se situează în clasa normal, din care 31% reprezintă secete ușoare. Constatăm că 9% reprezintă secete moderate, 8% - secete severe și 2% secete extrem de severe.

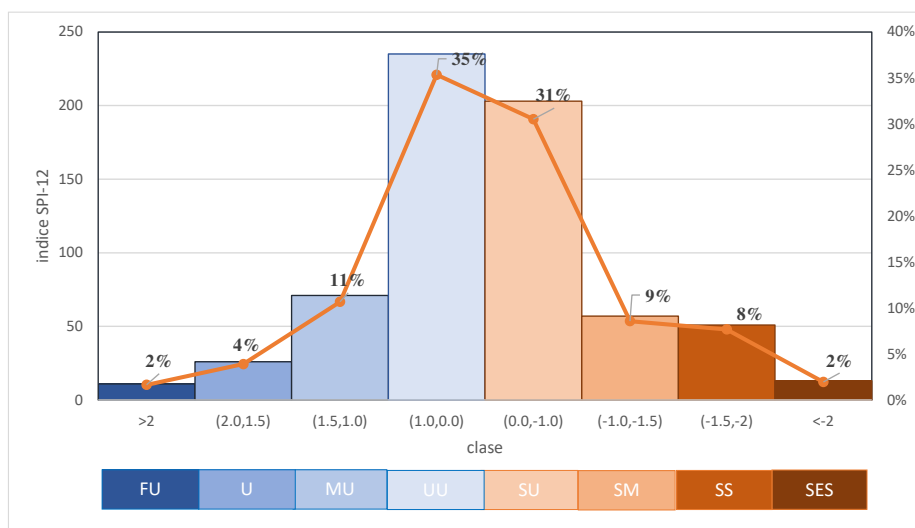


Figura nr. 1 - Distribuția frecvențelor absolute și relative la stația Săcele

Tabelul nr. 18 - Caracteristicile secetelor la stația Săcele

Săcele SPI-12 interval	început	sfârșit	durata (luni)	SPI-12 maxim	SPI-12 mediu	Cod
>1	5/1/1974	8/1/1975	15	-1.09	-0.32	SU
	2/1/1983	7/1/1987	53	-1.82	-0.79	SU
	7/1/1989	7/1/1991	24	-1.5	-1.19	SM
	7/1/1994	11/1/1995	16	-1.43	-0.78	SU
	12/1/2000	9/1/2002	21	-2.02	-1.48	SM
	2/1/2007	4/1/2008	14	-2.31	-1.21	SM
	5/1/2013	9/1/2013	4	-1.15	-0.76	SU
	5/1/2017	9/1/2019	28	-4.94	-2.33	SES

În ceea ce privește durata secetelor, constatăm că există perioade lungi de secetă, cea mai lungă (53 de luni) a fost între 1 februarie 1983 și 1 iulie 1987. Cea mai scurtă perioadă a fost în anul 2013 între mai și septembrie. În medie, seceta durează 21,8 luni.

Variația indicelui SSFI-12 pentru râul Nuntași pe întreaga perioadă de calcul constatăm că din 1979 până în anul 1999 (21 de ani) râul Nuntași prezintă doar valori până în 1, cu excepția perioadei 1981-1984, când valorile sunt peste 1, chiar peste valoarea 2 (1981 și 1982). Începând cu 1990 până în 1999, valorile indicelui SPI-12 au scăzut constant iar începând cu 2000, râul Nuntași a intrat într-o secetă prelungită, în care valorile SPI-12 au scăzut în permanență (cu excepția perioadei 2004-2007 când valorile au fost în medie -0,2) culminând cu valori ale indicelui SPI-12 cuprinse în intervalul -1.07 și -2.81 în perioada 2018.

Distribuția frecvențelor absolute și relative sunt prezentate în figura următoare (figura nr. 78). Ca și în cazul SPI -12, distribuția frecvențelor se apropie de o distribuție normală. Mai mult de jumătate din debitele râului Nuntași se încadrează în diferite forme de secetă. Constatăm că 61% dintre valori sunt încadrate în clasele (1,0) și (0,-1), din care 30% sunt secete ușoare, 22% sunt secete medii, 1% secete severe și nu există secete extreme.

La stația Săcele situația este oarecum similară ca la Nuntași, în sensul că observăm o perioadă umedă ce începe din 1982 și cu foarte scurte perioade de secetă, durează până în anul 2004, după care urmează o perioadă de secetă prelungită, până la sfârșitul perioadei studiate.

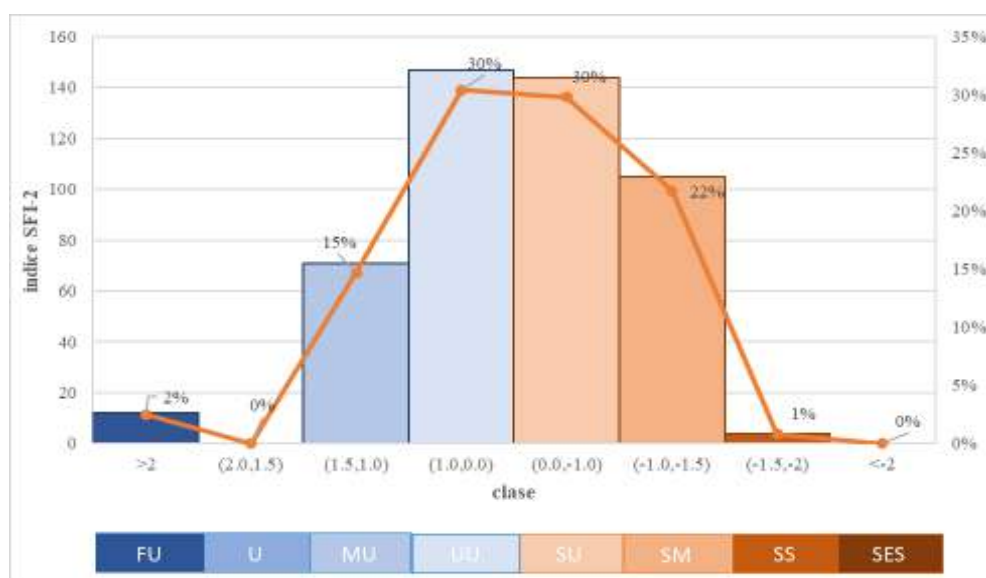


Figura nr. 78 - Distribuția frecvențelor absolute și relative pentru râul Nuntași

Din punctul de vedere al distribuției frecvențelor, ca în toate cazurile, aceasta este aproape de o distribuție normală cu 68% din înregistrate situate în perioadă normală, din care 22% sunt secete ușoare. 12% sunt secete moderate și 5% secete severe. Spre deosebire de stația Nuntași, la Săcele există 2% de secete extrem de severe (figura nr. 80).

Tabelul nr. 1 - Caracteristicile secetelor la stația Săcele

Săcele SSFI-12 interval	început	sfârșit	durata (luni)	SSFI-12 maxim	SSFI-12 mediu
>-1	8/1/2008	11/1/2015	87	-2.66	-1

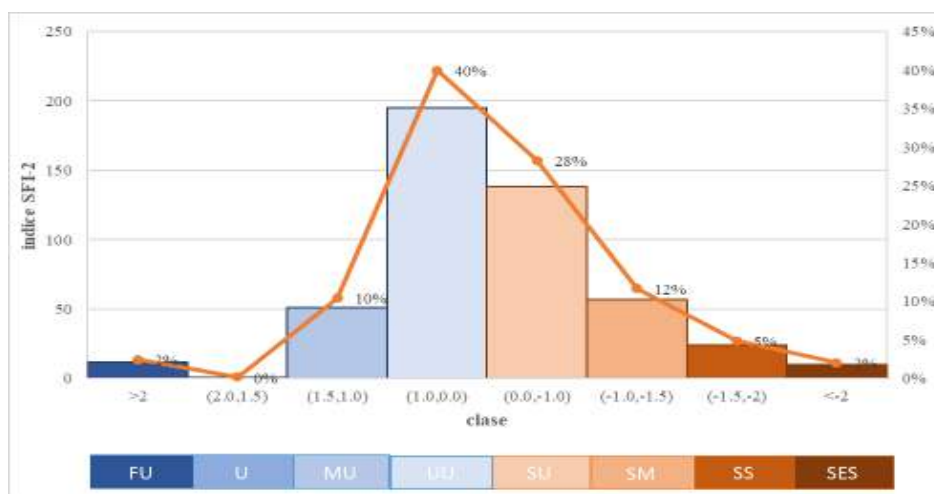


Figura nr. 2 - Distribuția frecvențelor absolute și relative pentru râul Săcele

Întrucât nu există mai mult de două stații hidrometeorologice în BH studiat, nu putem realiza o evaluare în spațiu a fenomenului de secetă. Putem afirma însă că, după anul 2000 s-a instalat o perioadă în care BH Nutași-Tuzla îi este caracteristică o secetă meteorologică de nivel mediu (-1,16) când apar secete meteorologice medii și/sau severe. Menționăm aici următoarele perioade: 2001-2003, 2012-2013, 2015-2016, 2017-2019. Dacă în perioada 1979-1991, media duratei secetei era de 15 luni, în perioada de după anul 2000 acestea au fost în medie, de 19 luni. Cum indicatorul SPI-12 are capacitatea de a demonstra influența lipsei precipitației asupra factorilor hidrologici, cum ar fi debitul râurilor, fără îndoială că aceste secete din BH al lacului Nuntași-Tuzla au avut și repercursiuni asupra regimului hidrologic.

Metoda Nivelului Pragului TLM (Treshold Level Method) este o metodă care presupune determinarea excedentelor/deficitelor într-o serie de timp pe baza existenței unui nivel caracteristic și comparării fiecărei valori din serie cu acest nivel.

În cazul seriilor de timp hidrologice se poate determina acest prag prin:

- Determinarea curbei debit-frecvență și extragerea valorilor corespunzătoare probabilităților de depășire de 75%, 80%, 90%.
- Folosirea tehnicii de separare a scurgerii de bază din scurgerea totală
- Analiza curbelor de descreștere a hidrografului debitelor.

Pentru acest studiu am ales determinarea „Curbei Debit-Frecvență” (FDC), curbă care se realizează folosind probabilitățile de depășire și debitele corespunzătoare și care arată

procentul în care debitul unui râu este probabil să egaleze sau să depășească o anumită valoare specificată.

Așa cum afirma Tallaksen [20], pentru râuri cu debite permanente probabilități din ecartul 70-90% sunt rezonabil a fi folosite. Pentru acest studiu am determinat valorile de debit corespunzătoare probabilității de 90% respectiv 80%, și 75% notate cu Q90%, respectiv Q80%.

Tabelul nr. 20 - Valorile corespunzătoare probabilităților pentru stația Nuntași și Săcele

P_Q (%)	Q ($m^3 s^{-1}$) - Nuntași	Q ($m^3 s^{-1}$) - Săcele
90	0.056	0.02
80	0.083	0.03
75	0.108	0.03

Pentru început am calculat cu valoare prag constantă, introducând valorile debitelor corespunzătoare probabilităților de 90%, (în conformitate cu tabelul nr. 20). Datele de intrare sunt reprezentate de debitele medii zilnice. Rezultatele obținute pentru subbazinul Nuntași folosind un prag de Q90% de 0,056 mc/s relevă faptul că până în august 2007 nu a existat deficit de debit.

De altminteri, calculul arată că, pentru râul Nuntași, au existat, în perioada 2007-2021, 61 perioade de secetă hidrologică cu durate care variază de la 1 zi la 225 de zile (2021), neluând în considerare perioada ianuarie 2017 – martie 2018, pentru care nu avem date. În figura de mai jos (figura nr. 83) este prezentată evoluția debitelor și respectiv a deficitelor pentru anii 2013, s-au înregistrat 200 de zile de secetă hidrologică. De altminteri dacă în perioada 2007-2011 numărul de zile cu secetă era sub 100, după anii 2011 situația s-a agravat în sensul că numărul de zile cu secetă hidrologică a crescut la peste 200 de zile.

La stația Săcele au fost identificate 42 perioade de secetă, din care perioada 2017- martie 2018 a trebuit eliminată întrucât în perioada aceea nu sunt înregistrări. Spre deosebire de Nuntași, la Săcele există o mică perioadă de secetă în perioada 1979-1982, de maxim 5 zile (1979). Perioade repetitive de secetă hidrologică încep în anul 2000, atingând maxime în 2007 (51 de zile), 2014 (119 zile), 2019, și 2020.

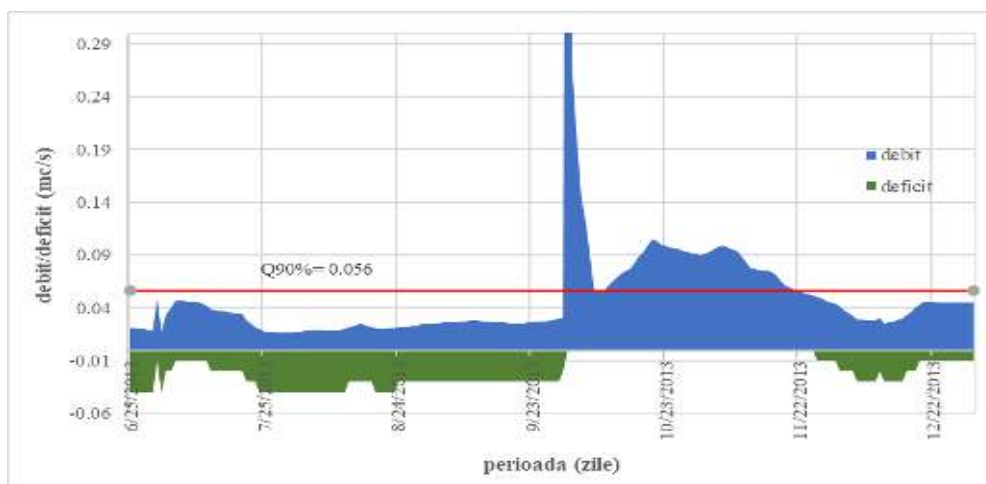


Figura nr. 83 - Evoluția debitelor și respectiv a deficitelor pentru anul 2013 la stația Nuntași

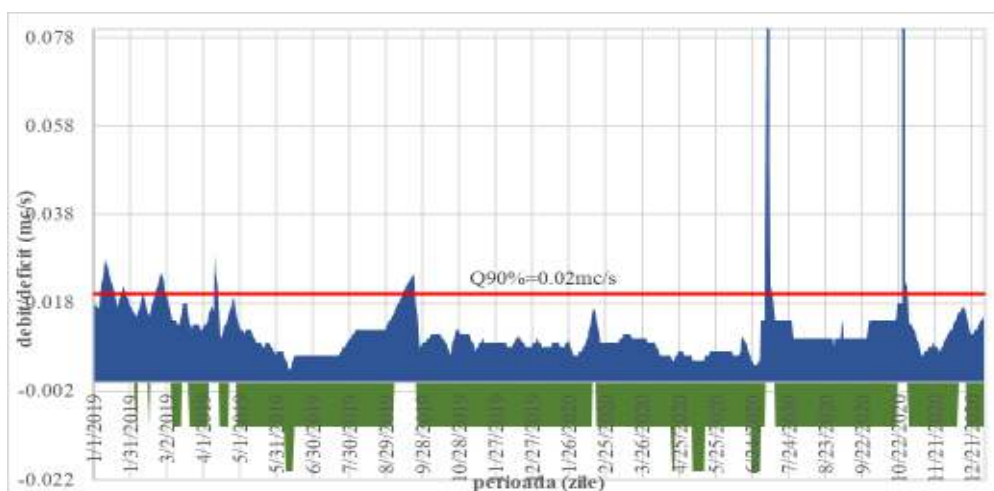


Figura nr. 85 - Evoluția debitelor și respectiv a deficitelor pentru anul 2019 la stația Săcele

Ceea ce am remarcat este că, în general secetele identificate prin ambele metode SSFI-12 coincid în general cu secetele cunoscute în literatura de specialitate din 2002, 2003, 2007, 2012 etc. Pentru BH Nuntași-Tuzla nu am identificat seceta hidrologică din 2003 prin metoda TLM cu prag constant, și atunci ne-am gândit să îmbunătățim rezultatele prin aplicarea unui prag variabil. Am ales pragul zilnic cu valoarea egală cu Q90%, adică debitul cu probabilitatea de 90%. Rezultatele obținute pentru subbazinul Săcele indică 360 (fără anii 2017 și 2018) de perioade de secetă ce variază de la 1 zi până la 468 de zile. Avantajul alegerii acestui tip de prag, constă nu numai în eliminarea parțială a secetelor hidrologice zilnice ci și faptul că sunt identificate și secete din perioada anterioară a anului 2000.

Cert este că până în anul 2000 nu au existat perioade de secetă hidrologică. Cu siguranță cauza o reprezintă suplimentarea debitelor din ambele râuri fie prin creșterea scurgerii de bază, ca

urmare a infiltrării apelor din irigații și măririi debitului freaticului, fie chiar prin descărcarea apelor din sistemele de irigații la finalul sezonului de irigat. Practic a durat 10 ani de la diminuarea funcționării sistemelor de irigații, respectiv 4 ani de la întreruperea totală a funcționării, până când BH a început să reacționeze. Totul a culminat cu secarea efectivă a lacului Nutași-Tuzla din august 2020.

7. Concluzii generale și perspective ale cercetării

Această lucrare s-a derulat în contextul în care în anul 2020, în luna august, lacul Nuntași-Tuzla a secat complet. Această situație coroborată cu: (i) studii care arată că perioadele de secetă meteorologică din România petrecute în ultimele două decenii au condus la pagube materiale mari iar prognozele pentru deceniile următoare sunt favorabile creșterii temperaturilor cu peste +1°C (a se vedea capitolul 1), (ii) Strategia Națională a României cu privire la secetă, publicată în anul 2008, care practic nu este pusă în practică și (iii) deși Comisia Europeană a propus ca planurile de management ale bazinelor hidrografice să conțină și managementul riscului la secetă acestea (cel puțin RBMP-ul pentru Dobrogea pentru perioada 2016-2021), nu conțin elemente care să ne ducă la ideea că recomandările CE s-au pus în practică. În acest context mi-am propus ca, prin rezultatele obținute, să aduc un aport la înțelegerea fenomenului de secetă, în special al celei hidrologice, în zona lacului Nuntași-Tuzla. Metodele și metodologia folosită poate fi inclusă de către AN Apele Române-ABA Dobrogea-Litoral în planurile viitoare de management și pot fi transferate și în celelalte zone ale Dobrogei, pentru caracterizarea secetei hidrologice și în alte bazine hidrografice.

Concluzia finală este că *până în anul 2000 nu au existat perioade de secetă hidrologică*. Cu siguranță cauza o reprezintă suplimentarea debitelor din ambele râuri fie prin creșterea scurgerii de bază, ca urmare a infiltrării apelor din irigații și măririi debitului freaticului, fie chiar prin descărcarea apelor din sistemele de irigații la finalul sezonului de irigat. Nu eliminăm nici ideea folosirii ilegale a apei celor două râuri pentru irigarea grădinilor din localitățile din împrejurimi. Totul a culminat cu secarea efectivă a lacului Nutași-Tuzla din august 2020.

Întrebându-mă dacă au mai existat astfel de secete parțiale și în alți ani s-a realizat un studiu care nu este introdus în această teză, decât parțial, dar merită a fi discutat. Acesta se referă la determinarea cu ajutorul teledetecției a suprafeței lacului Nuntași-Tuzla. Pentru acest studiu condus de dna. Conf. Șerban Cristina și dna. prof. Maftai Carmen, s-au folosit imagini satelitare pentru perioada 1984-2020, s-a determinat că suprafața lacului s-a diminuat și în

vara anului 2013 când practic partea sudică a lacului (lacul Tuzla) a dispărut și în vara anului 2012 când parte din suprafața lacului Tuzla s-a diminuat (figura nr. 88).

În contextul prezentat în acest studiu un plan de management al secetei este necesar de a fi realizat pentru toată regiunea Dobrogei. Scopul principal unui astfel de plan este să asigure atât protecția ecosistemului natural cât și implementarea unor măsuri care să diminueze efectul hazardelor naturale de tipul secetelor. Bazându-ne pe metodologia și metodele folosite în această lucrare, un astfel de plan trebuie să conțină:

- Stadiul curent al zonei analizate care să conțină o analiză temeinică asupra tuturor condițiilor: meteorologice, hidrologice, pedologice, ecologice, geologică, socială, etc.
- Realizarea unui inventar de date și analiza acestor date
- Monitorizarea permanentă a parametrilor care conduc la secete
- Determinarea secetelor prin indicatori și indici de secetă în concordanță cu datele inventariate.
- Determinarea riscului la secetă
- Crearea unui sistem de avertizare
- Determinarea unui plan de măsuri

La conceperea unui astfel de plan trebuie să fie asigurată o bună cooperare și legătură între instituții de cercetare, universități și instituții administrative, inclusiv implicarea populației.

Contribuții personale

În esență studiul realizat și prezentat în această teză de doctorat este unul ce nu s-a mai realizat pentru bazinul hidrografic Nuntași-Tuzla. Nu considerăm că este unic, dar aduce o serie de contribuții personale care pot fi împărțite în următoarele categorii:

- Realizarea unui studiu amănunțit asupra principalilor indicatori și indici folosiți astăzi în lume pentru detectarea secetei, ceea ce ne-a acordat posibilitatea de a utiliza cele mai adecvate metode și instrumente pentru atingerea obiectivului declarat;
- Elaborarea unei metodologii pertinente pentru atingerea obiectivului declarat;
- Realizarea unui studiu cronologic asupra secetei în România bazat pe documente mai vechi cum ar fi Letopisețele, informații provenite de la Hepites, întemeietorul meteorologiei românești dar și informații din zilele noastre; pe baza primelor hărți meteorologice realizate în Dobrogea după 1877, georeferențierea lor și transformarea lor în hărți digitale am reușit încadrarea BH Nuntași-Tuzla din punct de vedere meteorologic în clasele de temperatură și precipitații din acea vreme;

- Creerea unei baze de date digitale adecvate pentru:
 - Studierea și caracterizarea BH lacului Nuntași-Tuzla; am realizat un număr de 14 hărți digitale.
 - Parametrii meteorologici și hidrologici necesari în studiul secetei; am realizat un catalog digital de date care cuprinde date zilnice de precipitații și debite pentru cele două stații din BH studiat și un catalog de date de temperaturi lunare pentru stația din apropierea BH Nuntași-Tuzla pentru întreaga perioadă de studiu.
- Caracterizarea BH Nuntași-Tuzla din puncte de vedere administrativ, climatic, hidrologic, geologic, pedologic, al vegetației și economic. Concluzia finală este ca funcțiunea Lacului Nuntași-Tuzla, acea de turism terapeutic, nu mai poate fi menținută.
- Realizarea unui studiu cronologic asupra intervenției umane în zona de studiu.
- Determinarea secetei meteorologice și hidrologice cu identificarea secetelor hidrologice majore care au condus la apariția evenimentului din august 2020.

Perspective

Această lucrare deschide noi orizonturi și noi provocări, cercetările viitoare trebuie să se concentreze pe:

- Testarea sfotului TLM de determinare a deficitului/excedentelor de debit folosind diferite valori prag, pentru a putea defini o metodologie clară de utilizare a acestei metode;
- Testarea metodei Algoritmului de Vârf Secvențial (SPA -Sequent Peak Algorithm).care nu a fost folosită în această lucrare și compararea cu rezultatele obținute prin metoda TLM;
- Determinarea riscului la secetă;
- Folosirea metodei teledetecției pentru extragerea temperaturilor și a precipitațiilor pentru că de cele mai multe ori obținerea acestor valori de la instituțiile specializate este dificilă dacă nu imposibilă.
- Utilizarea indicilor de secetă proveniți din imagini satelitare cum ar fi NDVI (Normal Difference Vegetation Index) și compararea rezultatelor cu indicii de secetă calculați prin metode clasice.
- Utilizarea altui program care folosește altă funcție diferită de funcția Gamma, în vederea îmbunătățirii rezultatelor modelării cu SPI.

O problemă importantă apărută în ultimul timp este seceta să o numim rapidă („flash drought”). Acest tip de secetă este una de durată scurtă și al cărui concept teoretic nu este încă pe deplin definit dar care suscită un mare interes științific.

Bibliografie selectivă

1. Administrația Bazinală de Apă Dobrogea-Litoral (2019) Proiect “Reducerea eroziunii costiere Faza II (2014-2020)”
2. Administrația Națională „Apele Române”. (1956) Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor. In: INHGA. <https://www.hidro.ro/>
3. ANM Administrația Națională de Meteorologie. <https://www.meteoromania.ro/>
4. Ariadna Breier (1976) Lacurile de pe Litoralul Românesc al Mării Negre. Studiu Hidrogeografic. Editura Academiei Republicii Socialiste România, București
5. Carmen Maftai, Alina Bărbulescu (2008) Statistical Analysis of Climate Evolution in Dobrudja Region. Proceedings of the World Congress on Engineering 2
6. Carmen Maftai, Alina Bărbulescu (2009) Frequential Models for the Precipitation Evolution in Romania. Analele Universitatii Ovidius, Seria Construcții 1:73–81
7. Carmen Maftai, Gabriel Dobrică, Constantin Cerneagă, Nicușor Buzgaru (2021) Drought Land Degradation and Desertification—Case Study of Nuntasi-Tuzla Lake in Romania. In: Water Safety, Security and Sustainability. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp 583–597
8. Constantin Brătescu (1928) Pământul Dobrogei, 1st ed. Editura Cultura Națională, București
9. Cristina Șerban, Carmen Maftai, Gabriel Dobrică (2022) Surface Water Change Detection via Water Indices and Predictive Modeling Using Remote Sensing Imagery: A Case Study of Nuntasi-Tuzla Lake, Romania. Water 2022 14:556. doi: <https://doi.org/10.3390/w14040556>
10. Gustard A. (1983) Regional variability of soil characteristics for flood and low flow estimation. Agricultural Water Management 6:255–268. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(83\)90013-6](https://doi.org/10.1016/0378-3774(83)90013-6)
11. Hepites C. Stefan (1906) Secetele în România. In: Buletinul Societății Geografice Române., Anul XXVII. Bucuresti
12. IDMP (2013) Integrated Drought Management Programme in Central and Eastern Europe
13. Lena M. Tallaksen, Henny A.J. Van Lanen (2004) Processes and estimation methods for streamflow and groundwater, 1st ed. Elsevier, Amsterdam
14. Maftai C, Barbulescu A (2008) Statistical analysis of climate evolution in Dobrudja region. In: Proceedings of the World Congress on Engineering. pp 2–4

15. Maftai Carmen (2013) Hydrological Drought Assessment in the Dobrogea Region. In: Statistical Hydrology. Kos Island, Greece
16. Michael J. Hayes (2006) Drought Indices. In Van Nostrand's Scientific Encyclopedia. doi: <https://doi.org/10.1002/0471743984.vse8593>
17. Nicolae Grumezea, Cristian Kleps, Corneliu Tuşa (1990) Evoluţia nivelului şi chimismului apei freatică din amenajările de irigaţii în interrelaţie cu mediul înconjurător. Întreprinderea poligrafică Oltenia, Bucureşti
18. Petre Gâştescu, Ariadna Breier (1973) Complexul Razim - Sinoe - Geneză, morfometrie şi regim hidric. Peuce Journal 49–76
19. Ştefan C. Hepites (1896) Repartiţiunea ploaiei pe districte şi pe basinuri în România. Buletinul societăţii politehnice 350–353
20. Tallaksen L. M., Van Lanen. H.A. (2004) Hydrological Drought. Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater, Developments in Water Science. Developments in Water Science 48:579
21. V. U. Smakhtin (2001) Estimating continuous monthly baseflow time series and their possible applications in the context of the ecological reserve. Water SA 27:213–218
22. Valentin Bulgăreanu, Gh. Momea, Lucia Momea (1974) Unele consideraţii
23. Wayne C. Palmer (1965) Meteorological Drought. In: Research paper no.45. U.S. Depatament of commerce, Washington, p 58
24. Wayne C. Palmer (1968) Keeping Track of Crop Moisture Conditions, Nationwide: The New Crop Moisture Index. Weatherwise 21:156–161. doi: <https://doi.org/10.1080/00431672.1968.9932814>
25. WMO, GWP (2016) Handbook of Drought Indicators and Indices. Global Water Partnership, World Meteorological Organization
26. WMO (2012) Standardized Precipitation Index User Guide. In: WMO-No. 1090. p 24
27. WMO-No. 168 (2020) Guide to Hydrological Practice
28. World Bank (2018) From Uneven Growth to Inclusive Development : Romania's Path to Shared Prosperity. World Bank, Washington
29. World Meteorological Organization (WMO) (2008) Manual on Low-flow Estimation and Prediction. Geneva
30. Zbigniew W. Kundzewicz, Alice J. Robson (2000) Detecting trend and other changes in hydrological data. World Meteorological Organization 45:168