

CZU:551.577.38(498)

DOI: 10.46727/cg.17-18-05-2024.p79-90

SECETA DIN ANUL 2022 ÎN BAZINUL RĂULUI DUNĂREA

Tudor TRIFAN, Mgr., Czech University of Life Sciences,

ORCID: 0009-0003-0882-8128, trifan@af.czu.cz

Vera POTOPOVÁ, doc., Dr., Mgr., Czech University of Life Sciences,

ORCID: 0000-0002-2723-0397, potop@af.czu.cz

Rezumat: Acest rezumat prezintă un studiu de caz al condițiilor de secetă în bazinul fluviului Dunărea, Republica Cehă și Republica Moldova în perioada martie - august 2022. Studiul utilizează teledetecția și indicii climatici pentru a evalua evoluția secetei. SPEI (Indicele Standardizat de Precipitații și Evapotranspirație) calibrat la 3 și 12 săptămâni, acest indice standardizat de severitate a secetei captează atât evenimentele de secetă pe termen scurt, cât și pe termen lung. SWI (Indicele de Umiditate a Solului) la adâncimi de 40 și 100 de centimetri, indică condițiile de umiditate a solului, furnizând informații despre disponibilitatea apei pentru plante. ESI (Indicele de Stres Evaporativ) calibrat la 4 și 12 săptămâni, ia în considerare atât temperatura, cât și acoperirea vegetală, fiind potrivit pentru monitorizarea condițiilor de secetă în zonele vegetate. Analiza urmărește evoluția spatio-temporală a apariției și severității secetei în zona de studiu în perioada de observație, utilizând datele indicilor de teledetecție. Acest studiu ajută la înțelegerea dinamicii secetei și a implicațiilor acesteia asupra gestionării resurselor de apă și productivității agricole în regiunea studiată. Rezultatele analizei relevă variații semnificative ale condițiilor de secetă atât spațial, cât și temporal. SPEI și ESI indică perioade prelungite de secetă, în special în lunile de vară, în timp ce SWI arată variații ale conținutului de umiditate a solului la diferite adâncimi, lunile cu cel mai pronunțat deficit de umiditate fiind mai, iulie și august.

Cuvinte-cheie: Dunărea, detectarea secetei, teledetecție, SPEI, SWI, ESI

2022 DROUGHT IN THE DANUBE RIVER BASIN

Abstract: This summary presents a case study of drought conditions in the Danube River Basin, Czech Republic and Republic of Moldova in the period March - August 2022. The study uses remote sensing and climate indices to assess drought evolution. SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) calibrated at 3 and 12 weeks, this standardized drought severity index captures both short-term and long-term drought events. SWI (Soil Water Index) at depths of 40 and 100 centimeters, it indicates soil moisture conditions, providing information on water availability for plants. ESI

(Evaporative Stress Index) calibrated at 4 and 12 weeks, it takes into account both temperature and vegetation cover, making it suitable for monitoring drought conditions in vegetated areas. The analysis follows the spatio-temporal evolution of drought occurrence and severity in the study area during the observation period, using remote sensing index data. This study helps to understand drought dynamics and its implications for water resources management and agricultural productivity in the studied region. The results of the analysis reveal significant variations in drought conditions both spatially and temporally. The SPEI and ESI indicate prolonged drought periods, especially during the summer months, while the SWI shows variations in soil moisture content at different depths, the months with the most pronounced moisture deficit were May, July and August.

Keywords: Danube River, drought detection, remote sensing, SPEI, SWI, ESI

INTRODUCERE

Conform raportului Serviciului de monitorizare al schimbărilor climatice al Copernicus pentru anul 2022, unul din hazardurile care au afectat Europa în 2022 a fost seceta. O mare parte din Europa a avut mai puține zile cu zăpadă decât media în timpul iernii 2021-2022, iar în primăvară, precipitațiile au fost sub medie pe o mare parte a continentului, în luna mai înregistrându-se cele mai scăzute precipitații înregistrate pentru această lună. Lipsa zăpezii din timpul iernii și temperaturile ridicate din timpul verii au dus la o pierdere record de gheață pentru ghetarii alpini, echivalentă cu peste 5 km³ de gheață. Precipitațiile sub medie, care au continuat pe tot parcursul verii, împreună cu valurile de căldură excepționale, au provocat, de asemenea, o secetă extinsă și prelungită care a afectat mai multe sectoare, cum ar fi agricultura, transportul fluvial și energia.

Anomalia anuală a umidității solului a fost a doua cea mai scăzută din ultimii 50 de ani, doar în zone izolate înregistrându-se condiții de umiditate a solului peste medie. În plus, debitul râurilor din Europa a fost al doilea cel mai mic înregistrat vreodată, marcând al șaselea an consecutiv cu debite sub medie. În ceea ce privește suprafața afectată, anul 2022 a fost cel mai secetos an înregistrat vreodată, 63 % dintre râurile din Europa înregistrând debite mai mici decât media (Copernicus Climate Change).

MATERIALE ȘI METODE

1 Indicele standardizat de precipitații și evapotranspirație (SPEI)

Cuantificarea SPEI se bazează pe următoarele etape: (a) determinarea indirectă a evapotranspirației potențiale (PET); (b) evaluarea bilanțului de umiditate al peisajului pe baza diferenței calculate între evapotranspirația potențială calculată și precipitațiile măsurate la diferite intervale de timp (P-PET); și (c) standardizarea bilanțului de umiditate utilizând o distribuție statistică de probabilitate pentru a obține indicele de secetă SPEI (Vicente-Serrano et al 2010).

Primul pas pentru a determina valoarea SPEI este calcularea evapotranspirației potențiale (PET). O analiză detaliată a metodelor de estimare și calculare a evapotranspirației folosind diferiți parametri meteorologici este furnizată de Potopová et al. (2015, 2020, 2021, 2023). Următorul pas este calcularea bilanțului de umiditate ca diferență între precipitații (P_i) și evapotranspirație (PET_i), conform Ec:

$$D_i = P_i - PET_i$$

Valorile D_i calculate sunt agregate în diferite intervale de timp, urmând aceeași procedură ca și în cazul ESI. Abaterea lui $D_{k,j}$ într-o anumită lună j și într-un anumit an i depinde de scara de timp k aleasă (valoare cumulată pe 1, 3, 6, 12 și 24 de luni). Pentru a exprima SPEI, ar trebui utilizată o distribuție cu trei parametri, deoarece într-o distribuție cu doi parametri variabila aleatoare (x) are o valoare negativă ($0 > x < \infty$), în timp ce într-o distribuție cu trei parametri x poate lua valori în intervalul ($\gamma > x < \infty$, unde γ este un parametru al distribuției inițiale), în consecință x poate lua valori negative care se regăsesc în mod obișnuit în seturi de valori ale lui D . Funcțiile de densitate de probabilitate ale distribuției log-logistice sunt utilizate pentru a standardiza valorile D_i la diferite intervale de timp:

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \left(1 + \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta} \right)^{-2}$$

unde α , β și γ sunt parametrii distribuției, respectiv, pentru valoarea lui D în intervalul ($\gamma > D < \infty$).

Distribuția log-logistică utilizată pentru a standardiza setul de valori D la toate intervalele de timp este dată de Ec:

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x - \gamma} \right)^\beta \right]^{-1}$$

Valoarea lui F(x) este apoi convertită într-o variabilă normală:

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1 + d_2W^2 + d_3W^3}$$

unde Co, C1, C2, d1, d2, d3 sunt constante similare celor din SPI, iar W este momentul ponderat în funcție de probabilitate. Un algoritm detaliat pentru calcularea SPEI este prezentat în (Potopova et al., 2016, 2017). Valoarea medie a SPEI este 0, iar deviația standard este 1. SPEI este o variabilă standardizată și, prin urmare, poate fi comparată cu alte valori SPEI în timp și spațiu. Pentru fiecare serie cronologică, fiecare perioadă secetoasă (perioadă în care valoarea SPEI este întotdeauna negativă și SPEI ≤ -1) este definită prin durata (timp de la început până la sfârșit) și intensitatea secetei (nivelul SPEI pentru fiecare lună în funcție de clasificare).

2 Indicele de apă din sol (SWI)

Indicele de apă din sol (SWI) cuantifică starea de umiditate la diferite adâncimi în sol. Umiditatea solului este determinată de precipitațiile care pătrund în sol prin procesul de infiltrare. Este o variabilă foarte eterogenă care este influențată, în special la scară mică, de proprietățile solului și de tipul de sistem de drenaj. Umiditatea solului la suprafață este produsă zilnic și arată o anumită parte din zona Europei deasupra căreia satelitul cu senzori s-a aflat deasupra. Determinarea SWI este după cum urmează:

$$SWI(t_n) = \frac{\sum_i^n SSM(t_i) e^{\frac{t_n - t_i}{T}}}{\sum_i^n e^{\frac{t_n - t_i}{T}}} \text{ for } t_i \leq t_n$$

În ecuație, t_n este timpul de observare al măsurătorii curente, iar t_i este timpul de observare al măsurătorilor anterioare. Umiditatea de suprafață a solului (SSM) reprezintă conținutul relativ de apă din partea superioară a solului (la câțiva centimetri).

SSM este un factor cheie care influențează fluxurile de apă și de căldură între suprafața Pământului și atmosferă, reglând temperatura și umiditatea. Umiditatea solului la suprafață este esențială pentru sănătatea vegetației și este foarte sensibilă la factorii externi, cum ar fi precipitațiile, temperatura, radiația solară, umiditatea și vântul. Prin urmare, SSM este un indicator al condițiilor climatice, precum și un factor determinant al vremii și al climei locale și joacă un rol important în ciclurile globale ale apei, energiei și carbonului. Cunoașterea dinamicii umidității solului este importantă pentru înțelegerea proceselor din multe domenii de mediu și socio-economice (de exemplu, impactul asupra vigoriei vegetației, a randamentului culturilor, a secetei sau a expunerii la riscurile de inundații).

3 Indicele de stres al evapotranspirației (ESI)

ESI exprimă anomalia standardizată în funcție de timp a raportului dintre evapotranspirația reală și cea de referință (ET_a/ET_o). Determinarea ET_a se realizează cu ajutorul modelului de diagnosticare ALEXI (Atmosphere-Land Exchange Inverse Model), al cărui nucleu este un model de bilanț energetic cu două surse (sol și vegetație). ESI însuși este apoi determinat ca raport ET_a/ET_o ($fRET$). Ulterior, se stabilesc două intervale de timp de bază: 4 săptămâni și 12 săptămâni. Pentru a identifica zonele în care $fRET$ este mai mare sau mai mică decât în mod normal pentru un anumit interval de timp în cadrul sezonului de vegetație, ESI este exprimat ca o anomalie $fRET$ standardizată care variază în funcție de sezon în raport cu condițiile de bază pe termen lung (Anderson et al 2007, 2011, 3013).

În cele din urmă, ESI se exprimă ca o anomalie ET_a/ET_o standardizată variabilă în timp în raport cu perioada de referință. Această perioadă de referință începe în 2001 (începutul datelor continue de temperatură de suprafață de la MODIS) și se încheie în ultima zi a anului precedent. ESI se determină pentru fiecare a șaptea zi a anului, în care anomalia temporală este normalizată în continuare prin deviația standard a ET_a/ET_o pentru ziua respectivă a anului (standardizare). Astfel, cele mai multe valori ESI se situează de obicei în intervalul -3,5-3,5, unde

valorile negative indică secetă, valorile în jurul valorii zero indică condiții normale, iar valorile pozitive indică un nivel ridicat de stocare a apei în sol.

4 Stocarea și prelucrarea datelor

Datele pentru indicii de cuantificare a secetei au fost colectate pentru întreaga Câmpie a Dunării, Republica Cehă și Republica Moldova. A fost descărcată o hartă NUTS-3 (Nomenclatorul unităților teritoriale pentru statistică) furnizată de Eurostat pentru Uniunea Europeană și o hartă NUTS-3 pentru Republica Moldova a fost descărcată separat. Datele ESI sunt furnizate de National Aeronautics and Space Administration (NASA) și de United States Department of Agriculture (USDA). Datele din satelit au fost compilate de pe <https://gis1.servirglobal.net/data/esi> pentru perioada martie-septembrie, la intervale de patru și douăsprezece săptămâni. Datele zilnice pentru calculul SWI sunt furnizate de Copernicus Global Land Service. Datele zilnice privind conținutul de apă din sol de la diferite adâncimi (0-40 și 0-100 cm) au fost descărcate din <https://land.copernicus.vgt.vito.be/PDF/portal/Application.html#Browse;Root=514690;Collection=1000281;Time=NORMAL,NORMAL,-1>. Pentru fiecare poligon NUTS-3 au fost compilate date lunare privind indicii standardizat de precipitații și evapotranspirație (SPEI), utilizând punctul central al fiecărui poligon NUTS-3. Punctele centrale au fost determinate utilizând funcția Centroid în Arc GIS.

Ulterior fișierele de tip raster colectate pentru indicii SWI și ESI au fost transformate în fișiere de tip raster pentru a putea efectua calcule, conversia din raster a fost făcută în soft-ul Arc GIS Pro 3.10 utilizând unealta Raster to Polygon.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În urma prelucrării datelor în ArcGIS și în soft-ul de calcul tabelar au fost obținute următoarele rezultate pentru indicii de cuantificare a secetei specificați anterior pentru intervalul martie-septembrie 2022 stocate în următoarele tabele.

Tab. 1 „Ponderea din suprafața in procente (%) pentru indicele SPEI 3”

Luna/Clasele de seceta SPEI	Seceta extremă	Seceta severă	Seceta moderată	Norma
Martie	0	1,09	20,46	72,79
Aprilie	0	11,03	23,82	63,67
Mai	0,34	12,21	39,89	45,67
Iunie	8,02	20,87	34,92	35,05
Iulie	12,01	24,71	32,5	30,78
August	11,74	28,7	31,53	28,03

Astfel pentru indicele SPEI 3M (3 luni) care indică seceta agricolă, lunile în care s-a manifestat cel mai mult seceta in anul 2022 sunt lunile Iulie si August. In luna Iulie, circa 12,01% din aria teritoriului studiat a fost afectat de secetă extremă, 24,71 % de secetă severă și 32,50 % de secetă moderată. Doar pe 30,78% din aria teritoriului studiat s-au înregistrat valori normale ale indicelui SPEI pentru luna Iulie. În luna August circa 11,74% din aria teritoriului studiat a fost afectat de secetă extremă, 28,70 % de secetă severă și 31,53 % de secetă moderată. Doar pe 28,03% din aria teritoriului studiat s-au înregistrat valori normale ale indicelui SPEI pentru luna August.

Tab. 2 „Ponderea din suprafața in procente (%) pentru indicele SPEI-12”

Luna/Clasele de seceta SPEI	Seceta extremă	Seceta severă	Seceta moderată	Norma
Martie	1,71	9,76	26,48	61,54
Aprilie	2,96	8,73	25,32	62,47
Mai	13,54	23,38	17,57	43,61
Iunie	7,44	19,73	36,26	35,82
Iulie	12,13	31,42	23,20	33,26
August	16,08	28,41	22,45	32,99

Pentru indicele SPEI 12M (12 luni) care indică seceta hidrologică, seceta în 2022 s-a manifestat cel mai mult in lunile Iulie si August, la fel ca si in cazul indicelui SPEI 3M care indică seceta agricolă, dar și în luna Mai pe

o bună parte din teritoriul studiat s-au înregistrat valori scăzute ale indicelui SPEI. Astfel în luna Mai, circa 3,54% din aria teritoriului studiat a fost afectat de secetă extremă, 23,38 % de secetă severă și 17,57 % de secetă moderată. Pe 43,61% din aria teritoriului studiat s-au înregistrat valori normale ale indicelui SPEI pentru luna Mai. În luna Iulie, circa 12,13% din aria teritoriului studiat a fost afectat de secetă extremă, 31,42 % de secetă severă și 23,20 % de secetă moderată. Doar pe 33,26% din aria teritoriului studiat s-au înregistrat valori normale ale indicelui SPEI pentru luna Iulie. În luna August circa 16,08% din aria teritoriului studiat a fost afectat de seceta extremă, 28,41% de secetă severă și 22,45 % de secetă moderată. Doar pe 32,99% din aria teritoriului studiat s-au înregistrat valori normale ale indicelui SPEI pentru luna August.

Regiunile cele mai afectate de seceta în anul 2022 conform indicelui SPEI 3 și SPEI 12 au fost: Câmpia Panonică și Platoul Moldovei de Nord acestea din urmă fiind afectate de secetă extremă. Transilvania, Câmpia Prutului, Podișul Moldovei, Podișul Codrilor, Câmpia Nistrului și Dobrogea au fost afectate de secetă severă (Fig.1). Regiunile cu cel mai semnificativ deficit de apă în sol au fost Câmpia Panonică, Câmpia Română, Dobrogea, Platoul Moldovei de Nord, Câmpia Prutului Inferior și Câmpia Nistrului Inferior (Fig.2). Conform indicelui ESI 4Wk și ESI 12Wk, regiunile cele mai afectate au fost Moravia, Câmpia Panonică, Câmpia Română, Podișul Moldovei și platoul Moldovei de Nord (Fig.3).

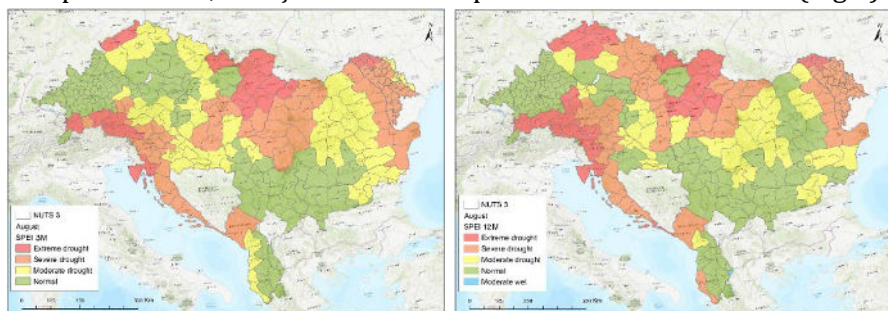


Fig.1 „Harta cu clasele SPEI 3 și SPEI 12 pentru luna August“

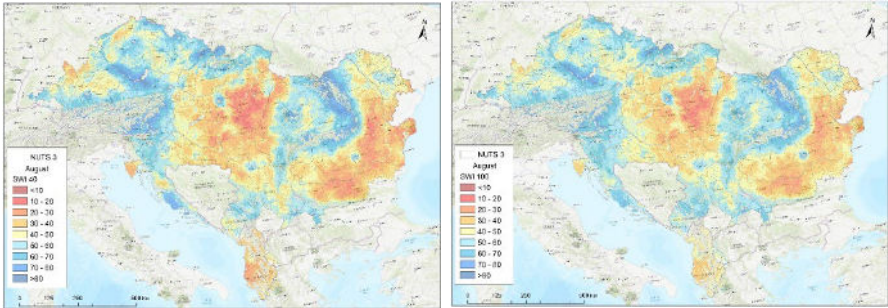


Fig.2 „Harta cu valorile SWI 40 și SWI 100 pentru luna August“

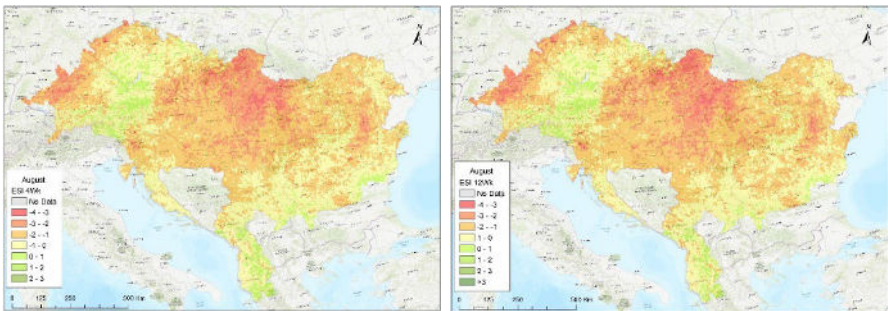


Fig.3 „Harta cu valorile ESI 4Wk și ESI 12Wk pentru luna August“

După analizarea rezultatelor obținute pentru fiecare indice, observăm că fiecare indice de secetă are capacități diferite de identificare a secetei, mai jos sunt descriși pe scurt indicii de identificare a secetei.

SWI se concentrează în mod specific pe condițiile de umiditate a solului, oferind informații despre disponibilitatea apei pentru plante. Este valoros pentru înțelegerea și localizarea deficitelor de umiditate a solului, dar nu încorporează alte variabile climatice.

ESI măsoară cererea de evaporare a atmosferei și oferă informații despre stresul vegetației. Acesta ia în considerare atât temperatura, cât și acoperirea vegetală, ceea ce îl face potrivit pentru monitorizarea condițiilor de secetă în zonele cu vegetație (Anderson et al, 2016a, 2016b).

SPEI integrează atât precipitațiile, cât și evapotranspirația, ținând cont de condițiile climatice locale. Acesta oferă o măsură standardizată a

severității secetei și surprinde atât evenimentele de secetă pe termen scurt, cât și pe termen lung.

Alegerea indicelui depinde de aplicația specifică și de scara temporală de interes. SWI este util pentru scopuri agricole și horticole, în timp ce ESI este valoros pentru monitorizarea sănătății vegetației și a stresului hidric. SPEI oferă o evaluare cuprinzătoare a condițiilor de secetă, luând în considerare atât precipitațiile, cât și evapotranspirația, ceea ce îl face potrivit pentru diverse sectoare, inclusiv pentru agricultură, gestionarea resurselor de apă și ecologie.

CONCLUZII

Principalele constatări ale acestui studiu permit o mai bună înțelegere a evoluției spațiale și temporale a secetei din anul 2022 în bazinul Dunării. Lunile în care seceta s-a resimțit cel mai mult au fost Iulie și August, în aceste luni fiind înregistrate cele mai scăzute valori a indicilor SPEI și ESI, fiind afectată și cea mai mare suprafață a bazinului Dunării.

Regiunile precum Câmpia Panonică, Câmpia Română și Platoul Moldovei de Nord, Câmpia Prutului Inferior și Câmpia Nistrului Inferior au prezentat cel mai semnificativ deficit de apă în sol, indicând o vulnerabilitate crescută la secetă. Aceste constatări subliniază necesitatea unor strategii eficiente de conservare a apei și de adaptare la schimbările climatice în regiunile menționate.

Valorile scăzute ale indicelui SWI la 40 și la 100 de centimetri în luna Mai indică un deficit de umezeală accentuat care s-a menținut pe parcursul lunilor de vară, stresul hidric fiind cel mai puternic în lunile Iulie și August, cauza fiind precipitațiile reduse, sub media multianuală pe tot parcursul verii, și temperaturile ridicate. Menționăm faptul că anomalia anuală a umidității solului în anul 2022 a fost a doua cea mai scăzută din ultimii 50 de ani.

BIBLIOGRAFIE

- [1] ANDERSON, M. C., NORMAN, J. M., MECIKALSKI, J. R., OTKIN, J. A., & KUSTAS, W. P. 2007. A climatological study of evapotranspiration and moisture stress across the continental U.S. based on thermal remote sensing: II. Surface moisture climatology. *Journal of Geophysical Research*, 112, D11112 (doi:11110.11029/12006JD007507).
- [2] ANDERSON, M. C., HAIN, C. R., WARDLOW, B., MECIKALSKI, J. R., & KUSTAS, W. P. 2011. Evaluation of drought indices based on thermal remote sensing of evapotranspiration over the continental U.S. *Journal of Climate*, 24, 2025–2044.
- [3] ANDERSON, M. C., HAIN, C. R., OTKIN, J. A., ZHAN, X., MO, K. C., SVOBODA, M., ... PIMSTEIN, A. 2013. An intercomparison of drought indicators based on thermal remote sensing and NLDAS-2 simulations with U.S. Drought Monitor classifications. *Journal of Hydrometeorology*, 14, 1035–1056.
- [4] ANDERSON, M. C., HAIN, C. R., JURECKA, F., TRNKA, M., HLAVINKA, P., DULANEY, W., GAO, F. 2016a. Relationships between the evaporative stress index and winter wheat and spring barley yield anomalies in the Czech Republic. *Climate Research*, 70(2-3), 215-230, doi 10.3354/cr01411
- [5] ANDERSON, M.C., ZOLIN, C.A., SENTELHAS, P.C., HAIN, C.R., SEMMENS, K., YILMAZ, M.T., GAO, F., OTKIN, J.A., TETRAUL, R., 2016b. The Evaporative Stress Index as an indicator of agricultural drought in Brazil: An assessment based on crop yield impacts. *Remote Sensing of Environment*, 174, 82-99.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.034>
- [6] Copernicus Climate Change Service, accesat la 20.05.2024 sursa:
<https://climate.copernicus.eu/extreme-heat-widespread-drought-typify-european-climate-2022>
- [7] POTOPOVÁ, V., ŠTĚPANEK, P., MOŽNÝ, M., TURKOTT, L., SOUKUP, J., 2015. Performance of the standardized precipitation evapotranspiration index at various lags for agricultural drought risk assessment in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology* 202, 26–38. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.11.022>.
- [8] POTOPOVÁ, V., BORONEAT, C., BOINCEAN, B., SOUKUP, J. (2016). Impact of agricultural drought on main crop yields in the Republic of Moldova. *International Journal of Climatology*. 36 (4): 2063-2082.
- [9] POTOPOVÁ, V., ZAHRADNIČEK, P., ŠTĚPÁNEK, P., TŮRKOTT, L., FARDA, A. and SOUKUP, J. (2017). The impacts of key adverse weather events on the field-grown vegetable yield variability in the Czech Republic from 1961 to 2014. *International Journal of Climatology*. 37(3), 1648-1664.

- [10] POTOPOVÁ, V., TRNKA, M., HAMOUZ, P., SOUKUP, J., & CASTRAVET, T. 2020. Statistical modelling of drought-related yield losses using soil moisture-vegetation remote sensing and multiscalar indices in the south-eastern Europe. *Agricultural Water Management*, 236, 106168, doi 10.1016/j.agwat.2020.106168
- [11] POTOPOVÁ, V., LHOTKA, O., MOŽNÝ, M., MUSIOLKOVÁ, M. 2021. Vulnerability of hop-yields due to compound drought and heat events over European key-hop regions. *International Journal of Climatology*, 41, E2136–E2158. <https://doi.org/10.1002/joc.6836>
- [12] POTOPOVÁ V., TRIFAN T., TRNKA M., DE MICHELE C., SEMERÁDOVÁ D., FISCHER M., MEITNER J., MUSIOLKOVÁ M., MUNTEAN N., CLOTHIER B. 2023. Copulas modelling of maize yield losses – drought compound events using the multiple remote sensing indices over the Danube River Basin. *Agricultural Water Management*, 280, 108217. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108217>
- [13] VICENTE-SERRANO, S.M., BEGUERIA, S., LOPEZ-MORENO, J.I., 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*. Vol. 23, 1696-1718, doi: 10.1175/2009JCLI2909.1