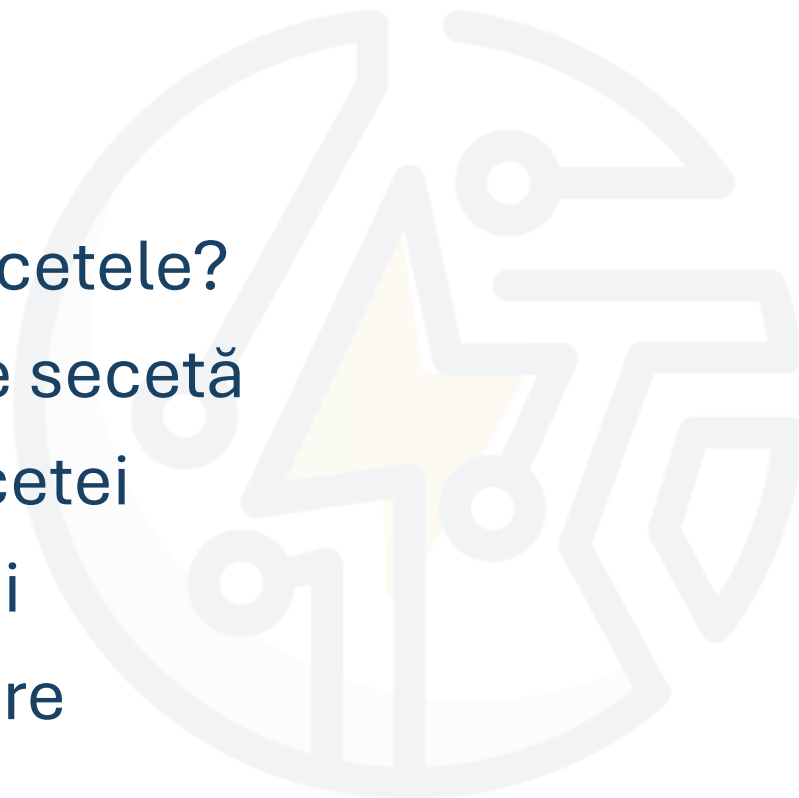


Seceta: știință, instrumente și tendințe

Takumi Therville
University of Antwerp

Cuprins

1. Ce este seceta?
2. De ce studiem secetele?
3. Diferitele tipuri de secetă
4. Monitorizarea secetei
5. Tendințele secetei
6. Perspective viitoare



Cuprins

1. Ce este seceta?
2. De ce studiem secetele?
3. Diferitele tipuri de secetă
4. Monitorizarea secetei
5. Tendințele secetei
6. Perspective viitoare



Definiția secetei



Secetele se referă la perioade de timp cu condiții de umiditate semnificativ sub media normală, care acoperă de obicei suprafețe mari, în timpul cărora limitările în disponibilitatea apei duc la efecte negative asupra diferitelor componente ale sistemelor naturale și sectoarelor economice.



IPCC 2021

Ce?



Secetele se referă la perioade de timp cu condiții de umiditate semnificativ sub media normală, care acoperă de obicei suprafețe mari, în timpul cărora **limitările în disponibilitatea apei** duc la efecte negative asupra diferitelor componente ale sistemelor naturale și sectoarelor economice.

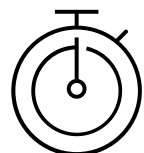


IPCC 2021

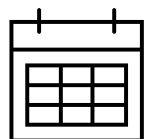
Când?



De la câteva zile și săptămâni,



Până la câteva luni,



Chiar la câțiva ani.



Secetele se referă la perioade de timp cu condiții de umiditate semnificativ sub media normală, care acoperă de obicei suprafețe mari, în timpul cărora limitările în disponibilitatea apei duc la efecte negative asupra diferitelor componente ale sistemelor naturale și sectoarelor economice.

IPCC 2021

Când/unde?



Secetele se referă la perioade de timp cu condiții de umiditate semnificativ sub media normală, care acoperă de obicei suprafețe mari, în timpul cărora limitările în disponibilitatea apei duc la efecte negative asupra diferitelor componente ale sistemelor naturale și sectoarelor economice.



IPCC 2021

Secetă vs. Ariditate

Secetă: stare temporară de uscăciune anormală



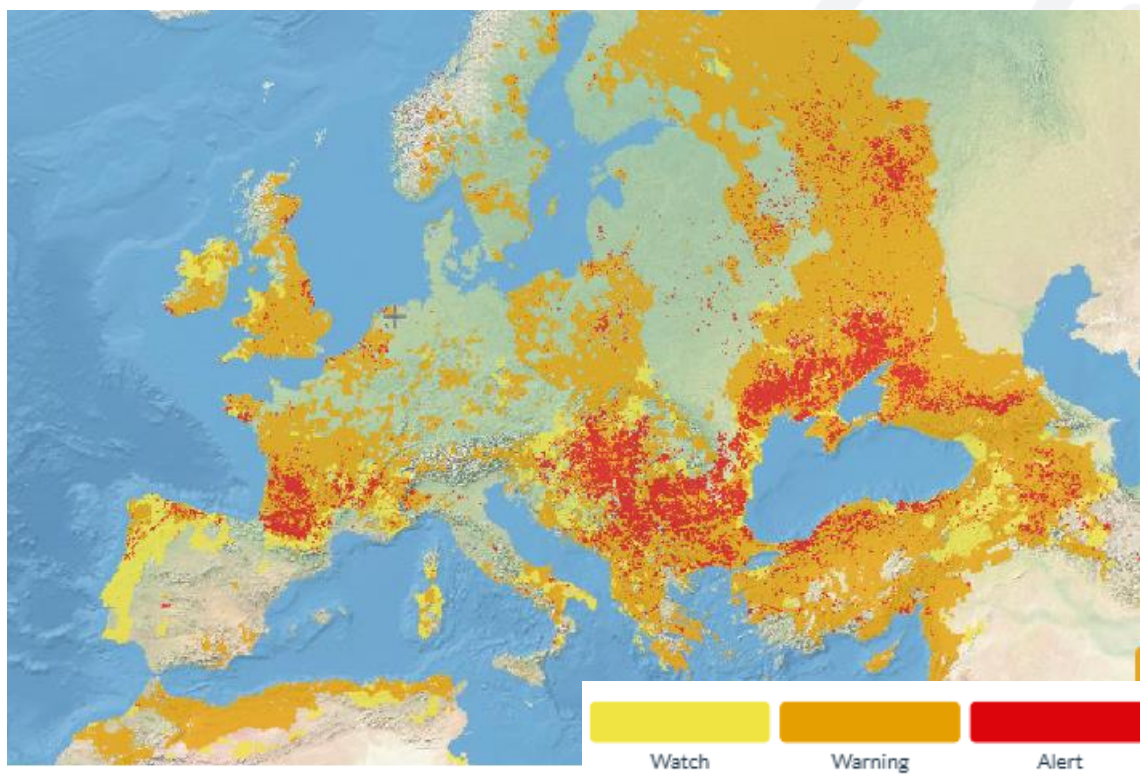
Ariditate: caracteristică climatică permanentă*



Secetă vs. Ariditate

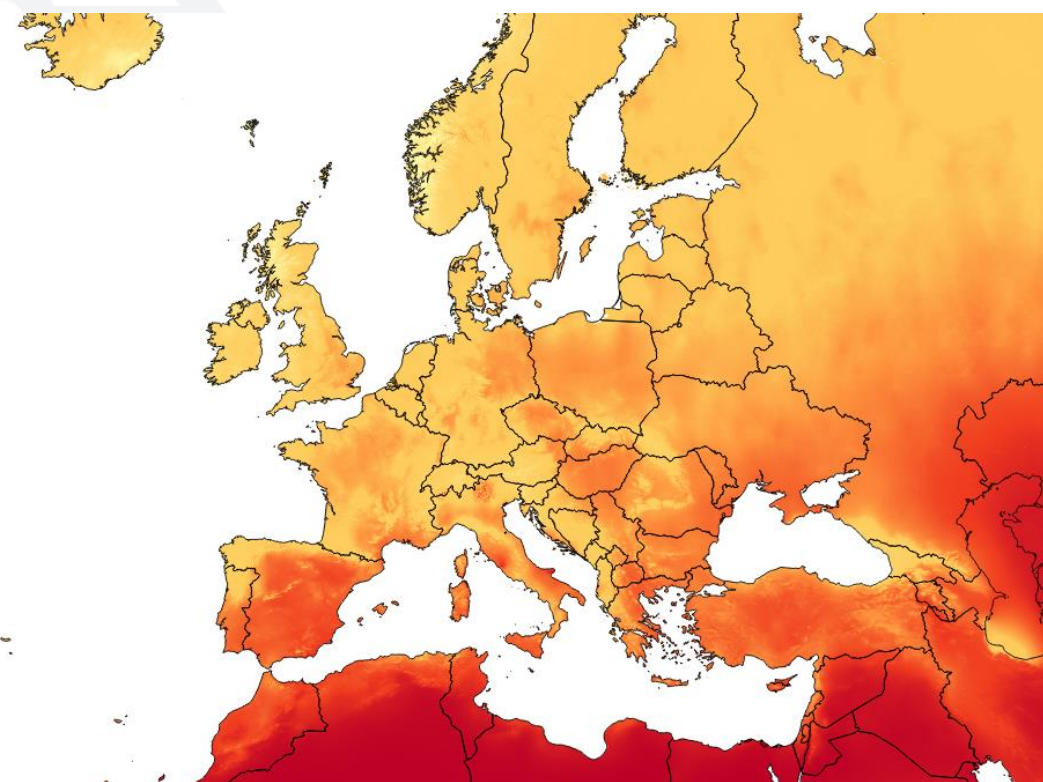
Secetă

Situația la 2025-09-01 – Observatorul european al secetei (EDO)



Ariditate

(Zomer, R.J., Xu, J. & Trabucco, A, 2022)



Ce este seceta



Secetele se referă la perioade de timp cu condiții de umiditate semnificativ sub media normală, care acoperă de obicei suprafețe mari, în timpul cărora limitările în disponibilitatea apei duc la efecte negative asupra diferitelor componente ale sistemelor naturale și sectoarelor economice.

IPCC 2021

Cuprins

1. Ce este seceta?
2. De ce studiem secetele?
 - a) Impacturi asupra ecosistemelor
 - b) Impacturi sociale
 - c) Impacturi economice
3. Diferitele tipuri de secetă
4. Monitorizarea secetei
5. Tendințele secetei
6. Perspective viitoare

Impacturile secetei



Stres și pierdere a vegetației
(Powers et al., 2020)

Imagini satelitare ale impactului
secetei asupra acoperirii vegetale
(Cappucci, 2022)



Ecosistem



Impacturile secetei



Incendii de vegetație

(Littell et al., 2016; JRC 2023)



The Joint Research Centre: EU Science Hub

[Home](#) > [JRC news and updates](#) > The EU 2022 wildfire season was the second worst on

NEWS ANNOUNCEMENT | 2 May 2023 | Joint Research Centre | 3 min read

The EU 2022 wildfire season was the second worst on record

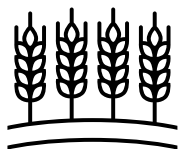
Sezonul incendiilor de vegetație din UE din 2022 a fost al doilea cel mai grav înregistrat vreodată



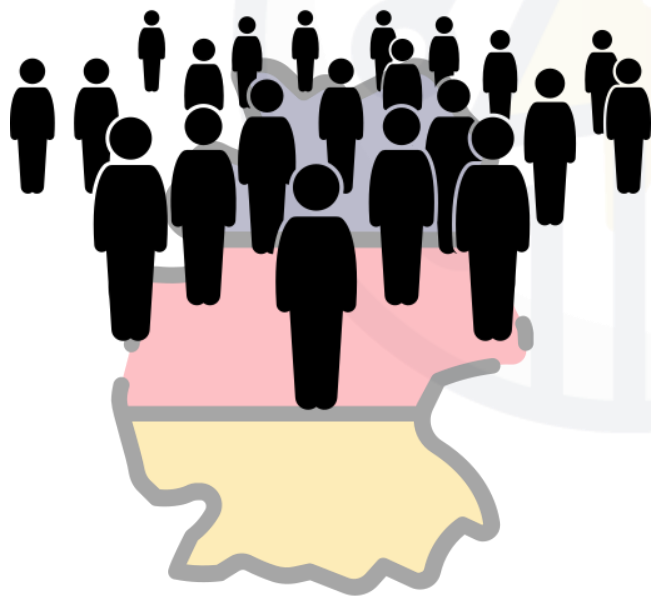
Ecosistem



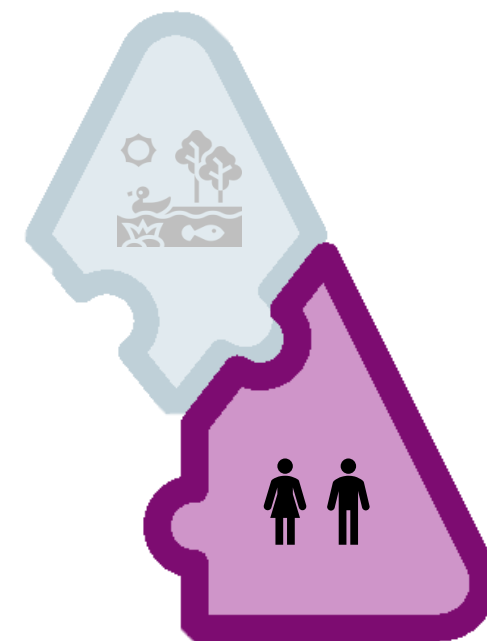
Impacturile secetei



În fiecare an, se pierd suficiente calorii din cauza secetelor pentru a hrăni întreaga populație a Germaniei (Banca Mondială, 2017)



Sociale

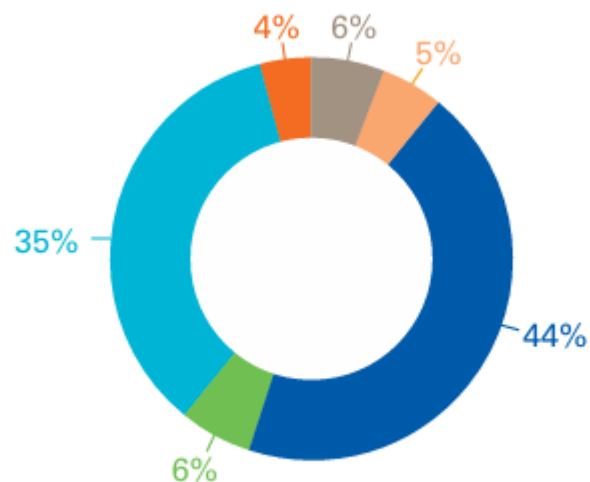


Impacturile secetei

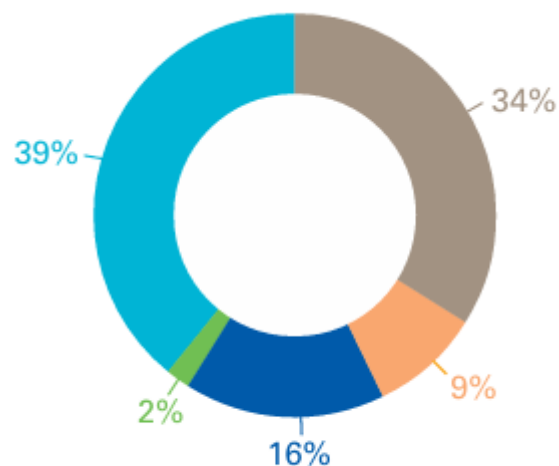


Numărul dezastrelor raportate și al deceselor
între 1970–2019 (WMO 2021)

Numărul dezastrelor
Total = 11 072



Numărul de decese
Total = 2 064 929



■ Drought
Secetă

■ Extreme temperature
Temperatură extremă

■ Flood
Inundație

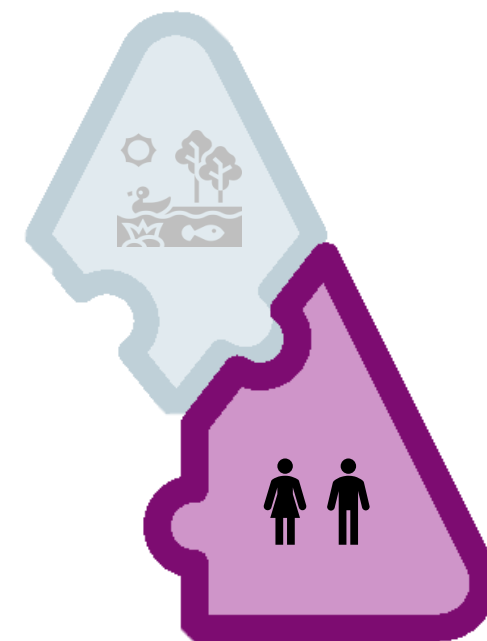
■ Landslide
Alunecare de teren

Furtună

■ Storm

■ Wildfire
Incendiu de vegetație

Sociale



Impacturile secetei



Conflicte, tulburări
sociale și prăbușire
societală
(Lucchetti, 2017)



2017

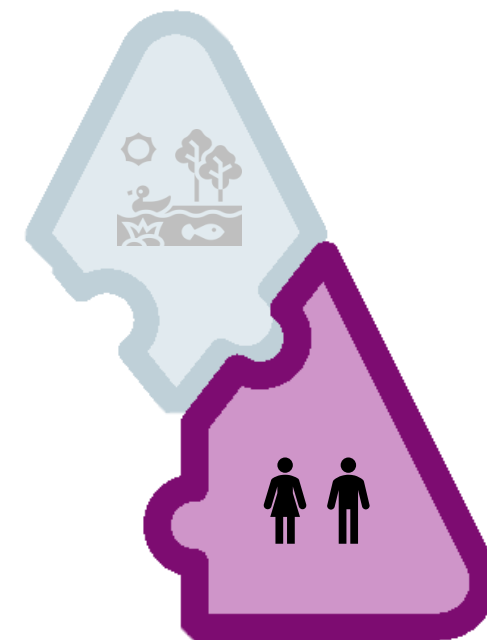
Drought — a cause of riots

Seceta – o cauză a revoltelor

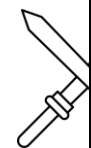
[Download PDF version](#)



Sociale



Im



ciale

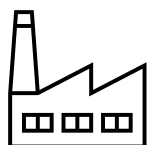


clideo.com

Impacturile secetei



Transport și lanțuri de aprovizionare perturbate



Restricții industriale și energetice privind utilizarea apei

The New York Times

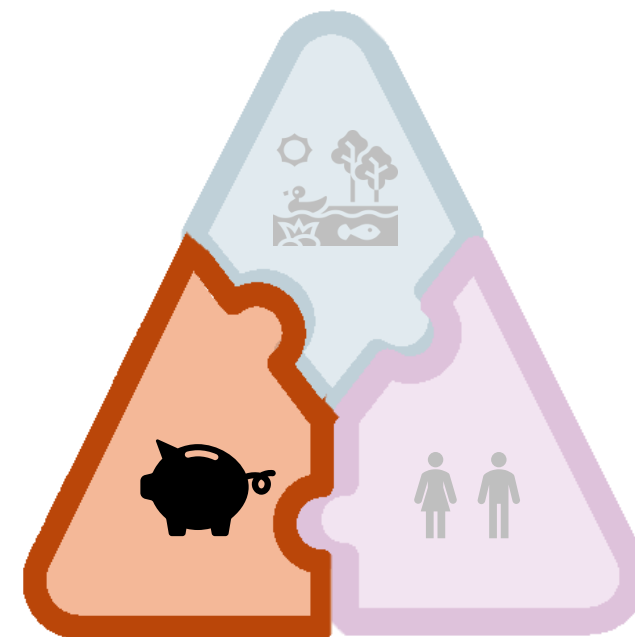
European Heat Wave | What to Know | Maps | Wildfires | Paris Braces for the Future | Spain's Old Ways of Coping | Managing Extreme Heat

Europe's Scorching Summer Puts Unexpected Strain on Energy Supply

The dry summer has reduced hydropower in Norway, threatened nuclear reactors in France and crimped coal transport in Germany. And that's on top of Russian gas cuts.

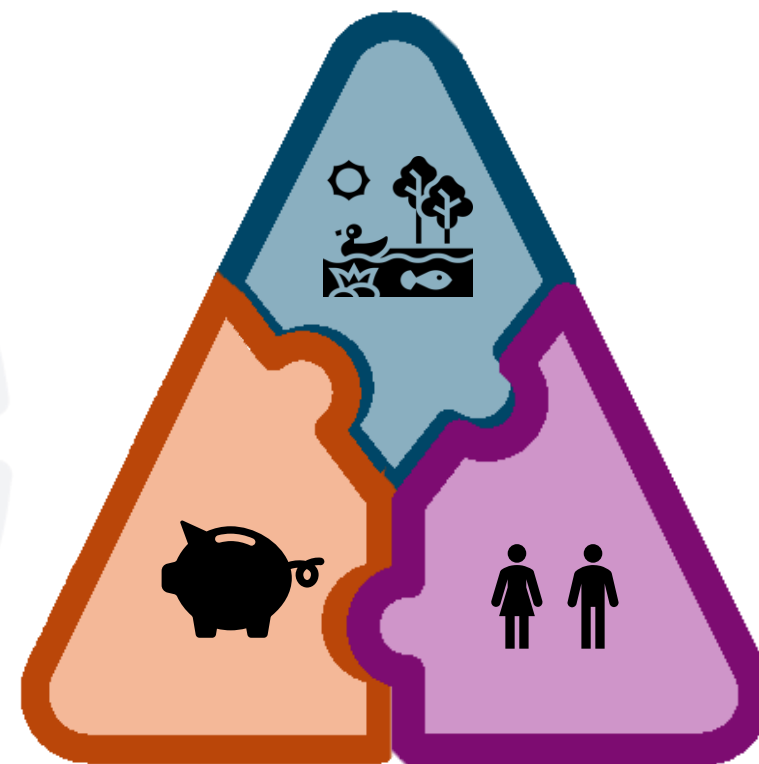
Vara toridă din Europa pune o presiune neașteptată asupra aprovizionării cu energie.

Economic



Ce este seceta?

Seceta nu este doar o lipsă de ploaie - este un hazard complex, definit **relativ la condițiile normale**, cu efecte care **se propagă în tot sistemul**. Și, esențial, **nicio regiune nu este imună**.

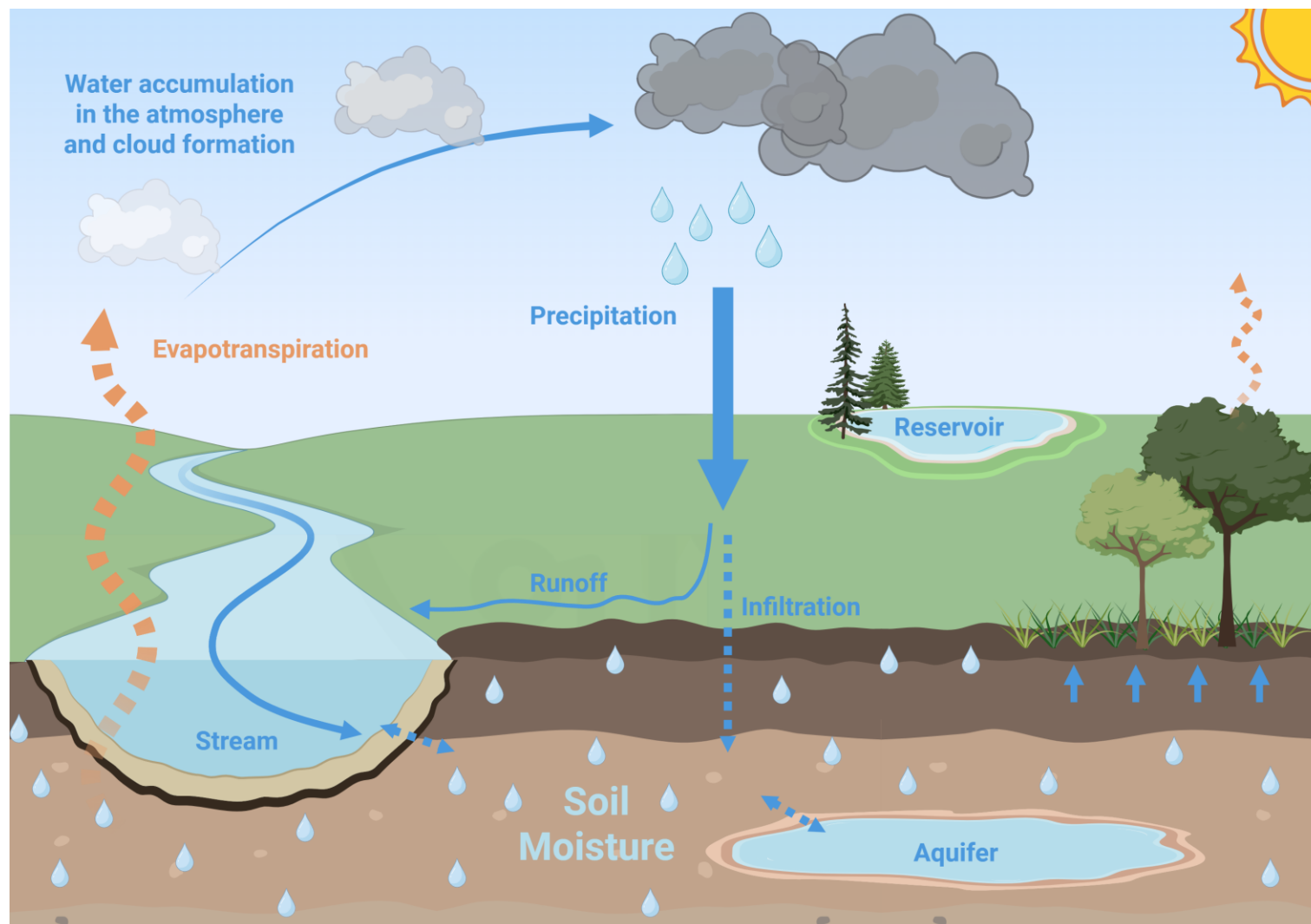


Cuprins

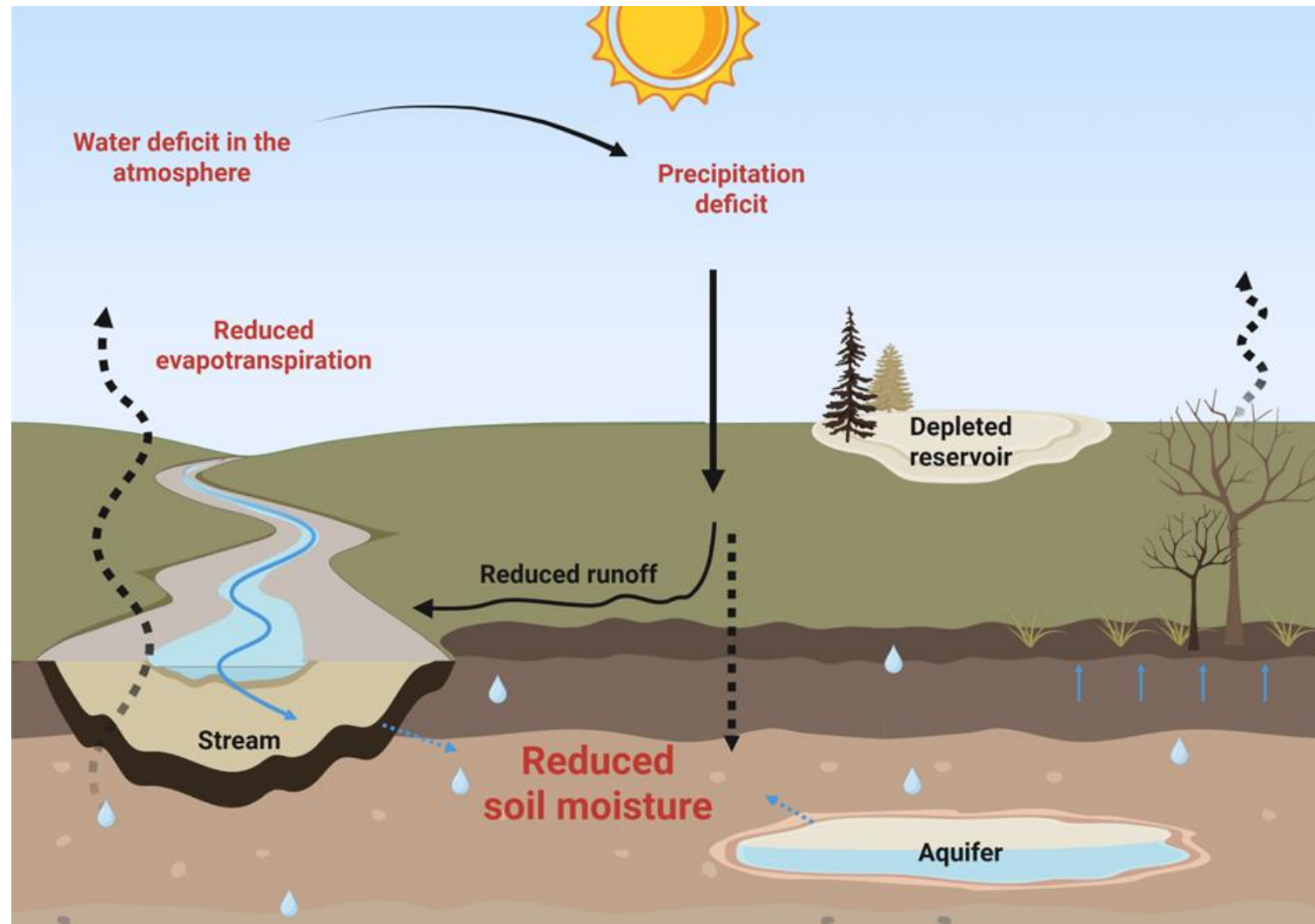
1. Ce este seceta?
2. De ce studiem secetele?
3. Diferitele tipuri de secetă
4. Monitorizarea secetei
5. Tendințele secetei
6. Perspective viitoare



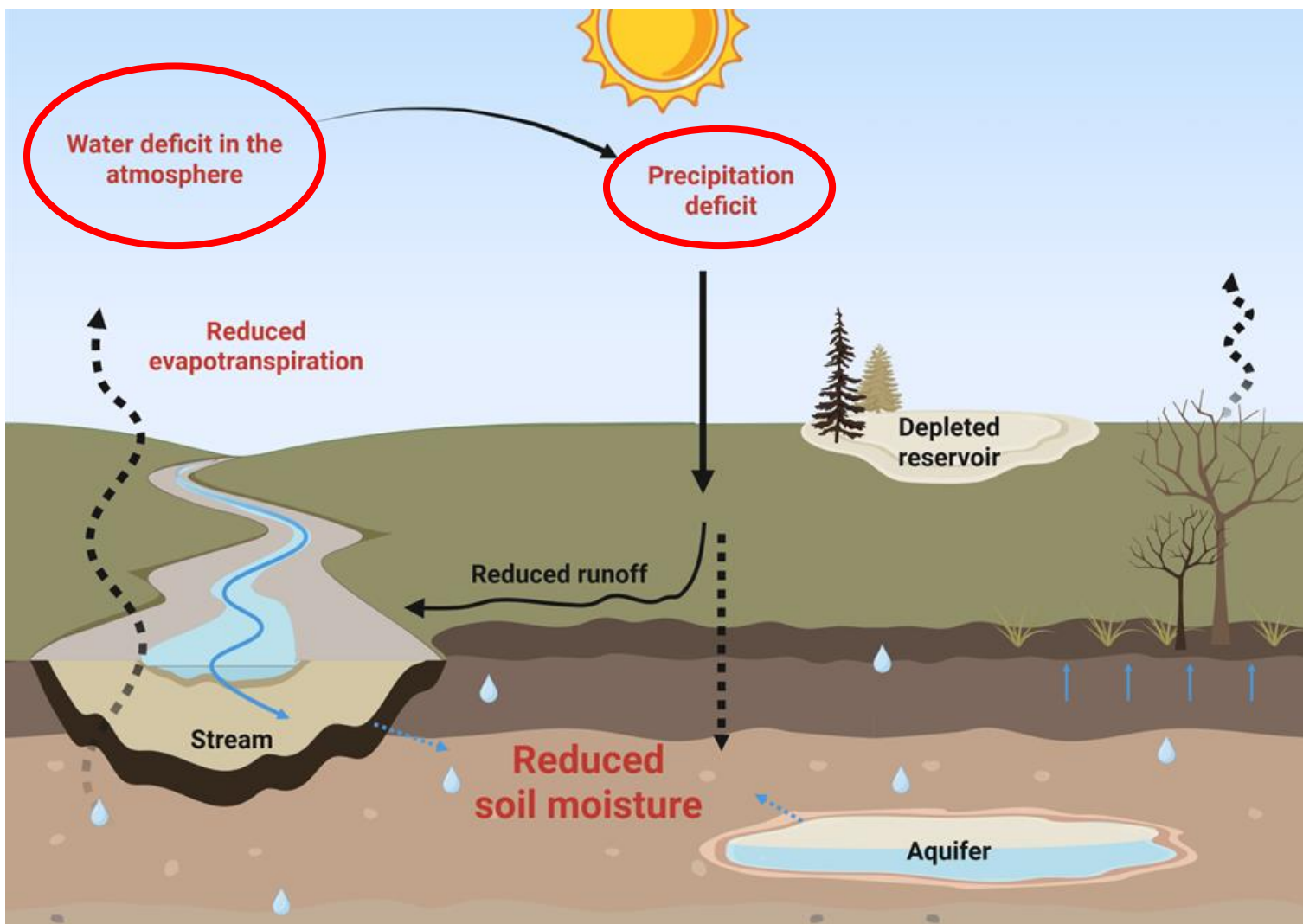
Mecanisme fizice



Mecanisme fizice



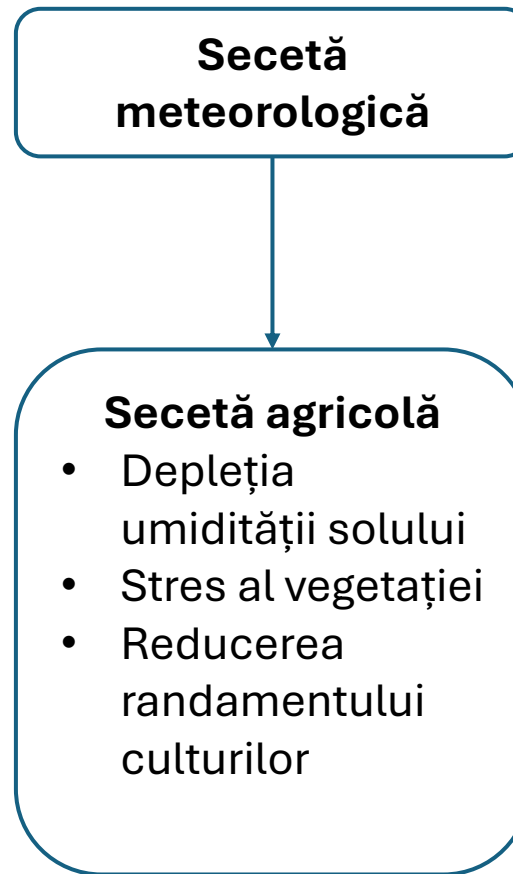
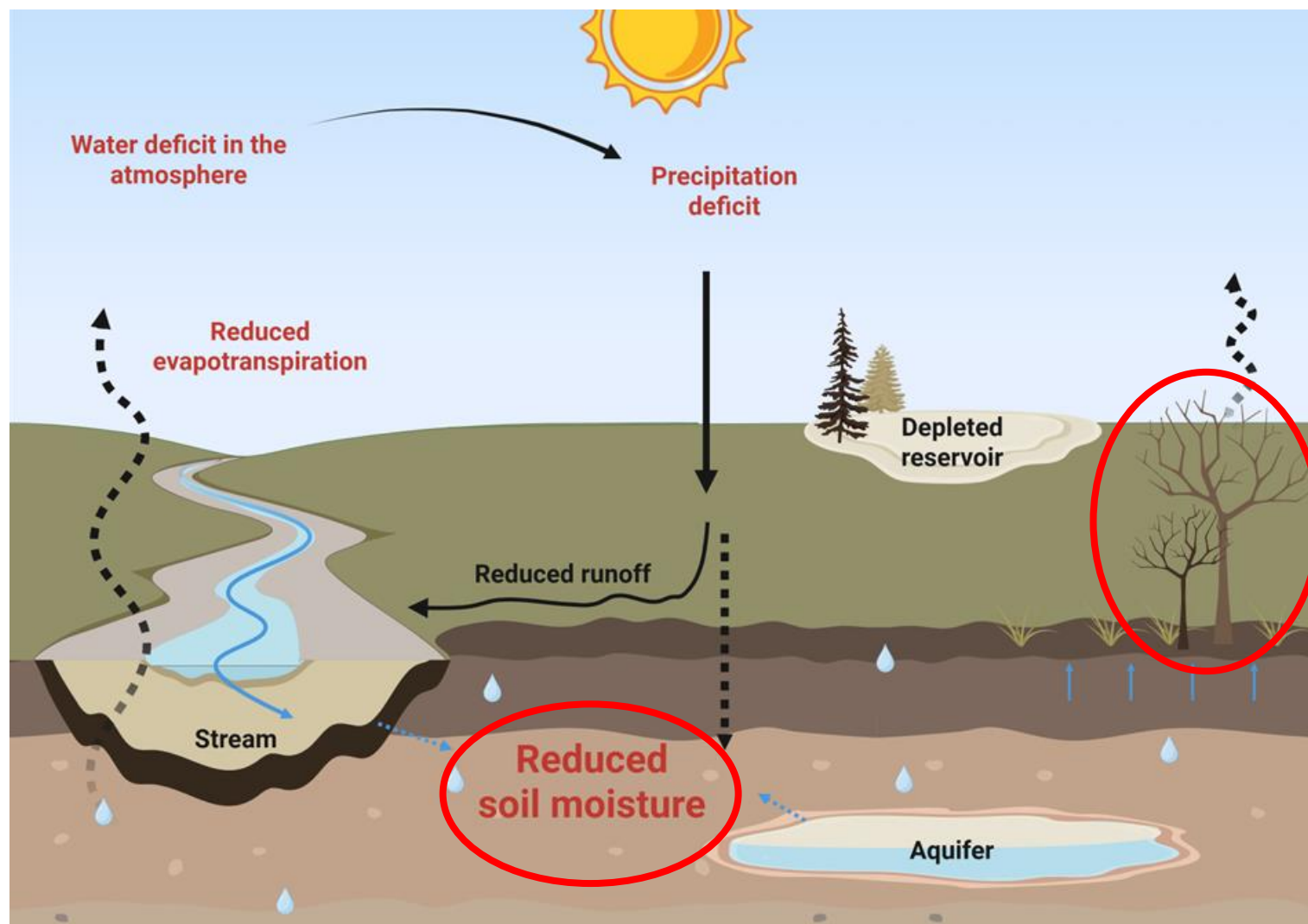
Tipuri diferite de secetă



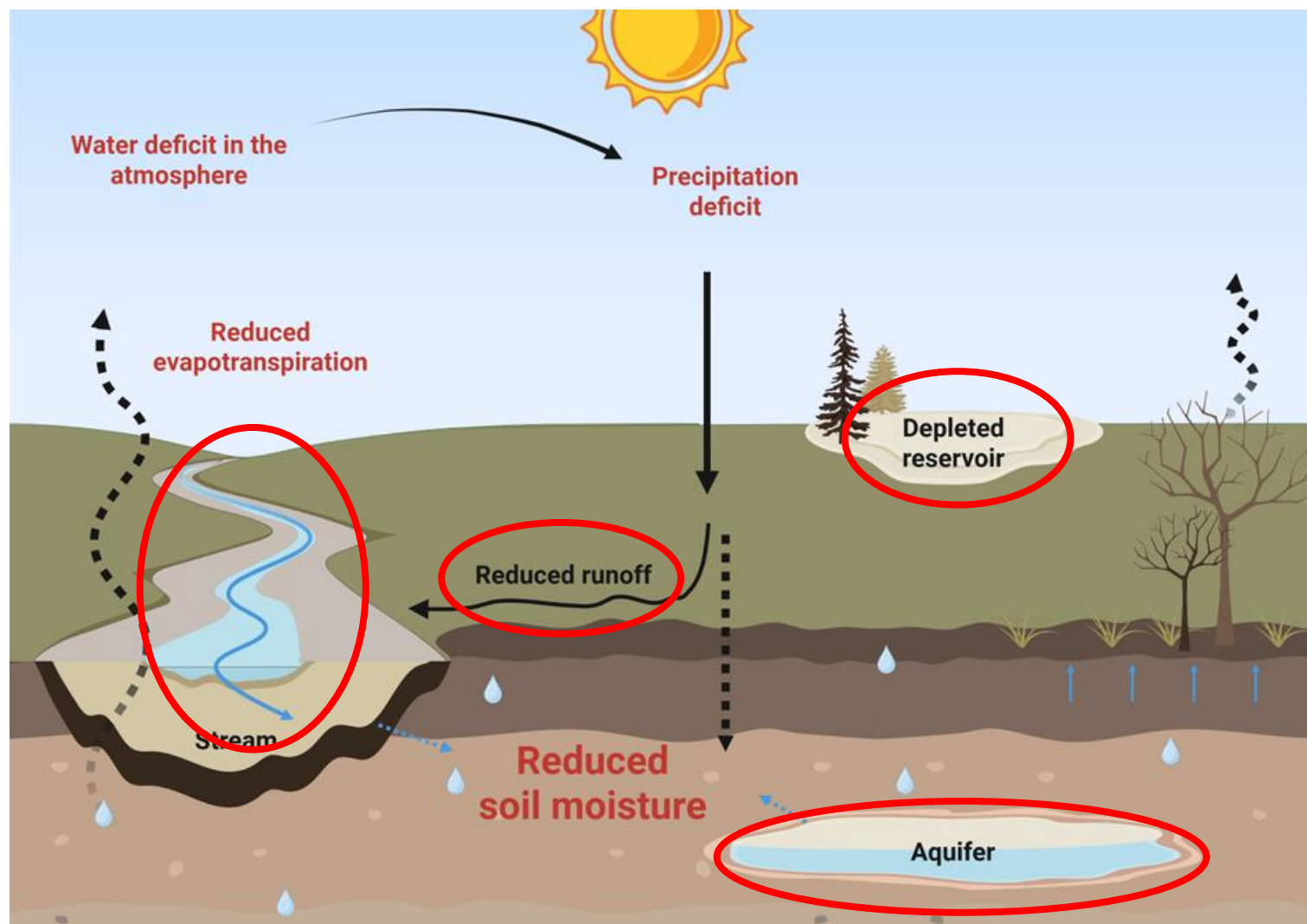
Secetă meteorologică

- Deficit de precipitații
- Deficit de vapori de apă

Tipuri diferite de secetă



Tipuri diferite de secetă



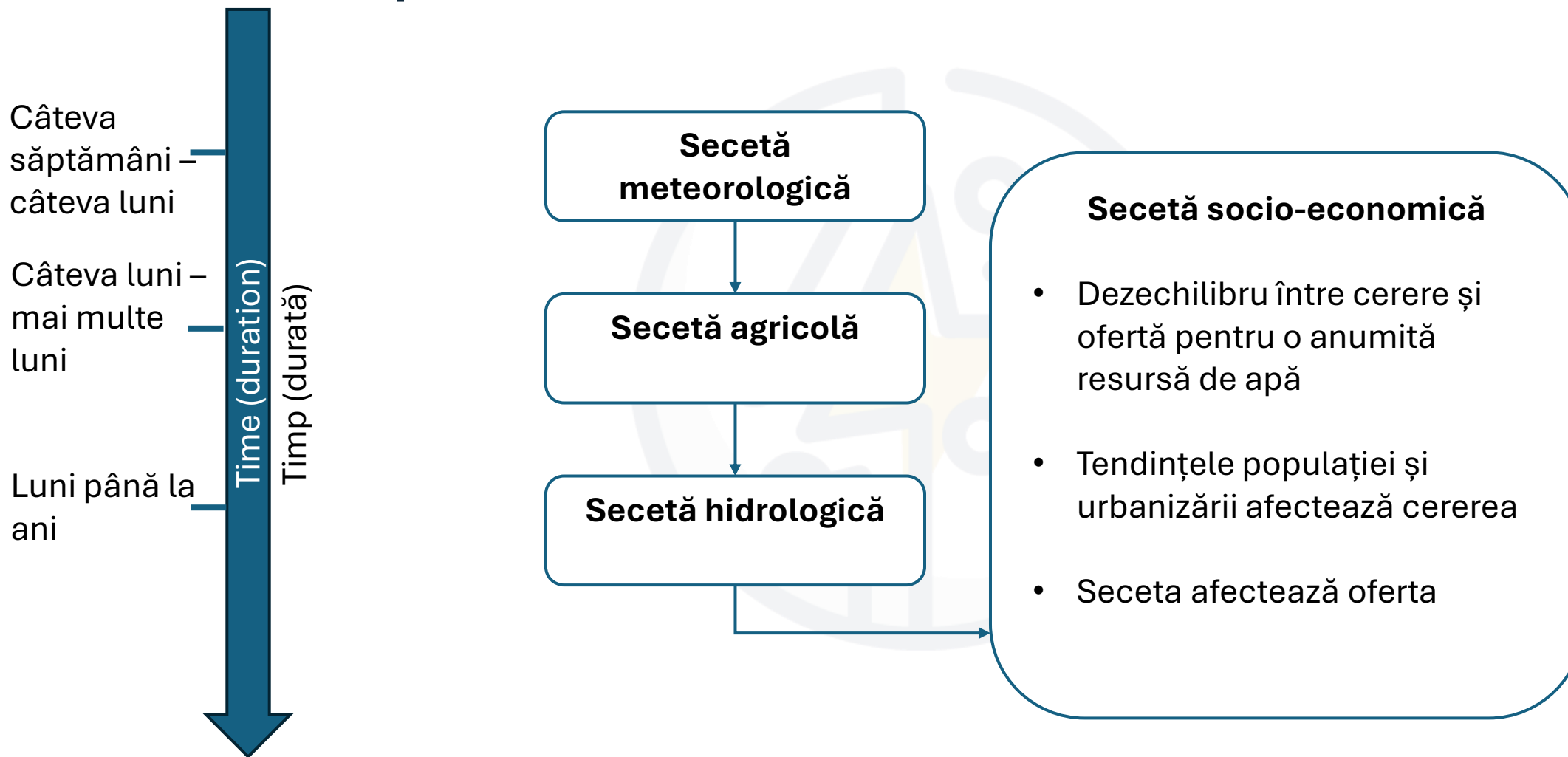
Secetă meteorologică

Secetă agricolă

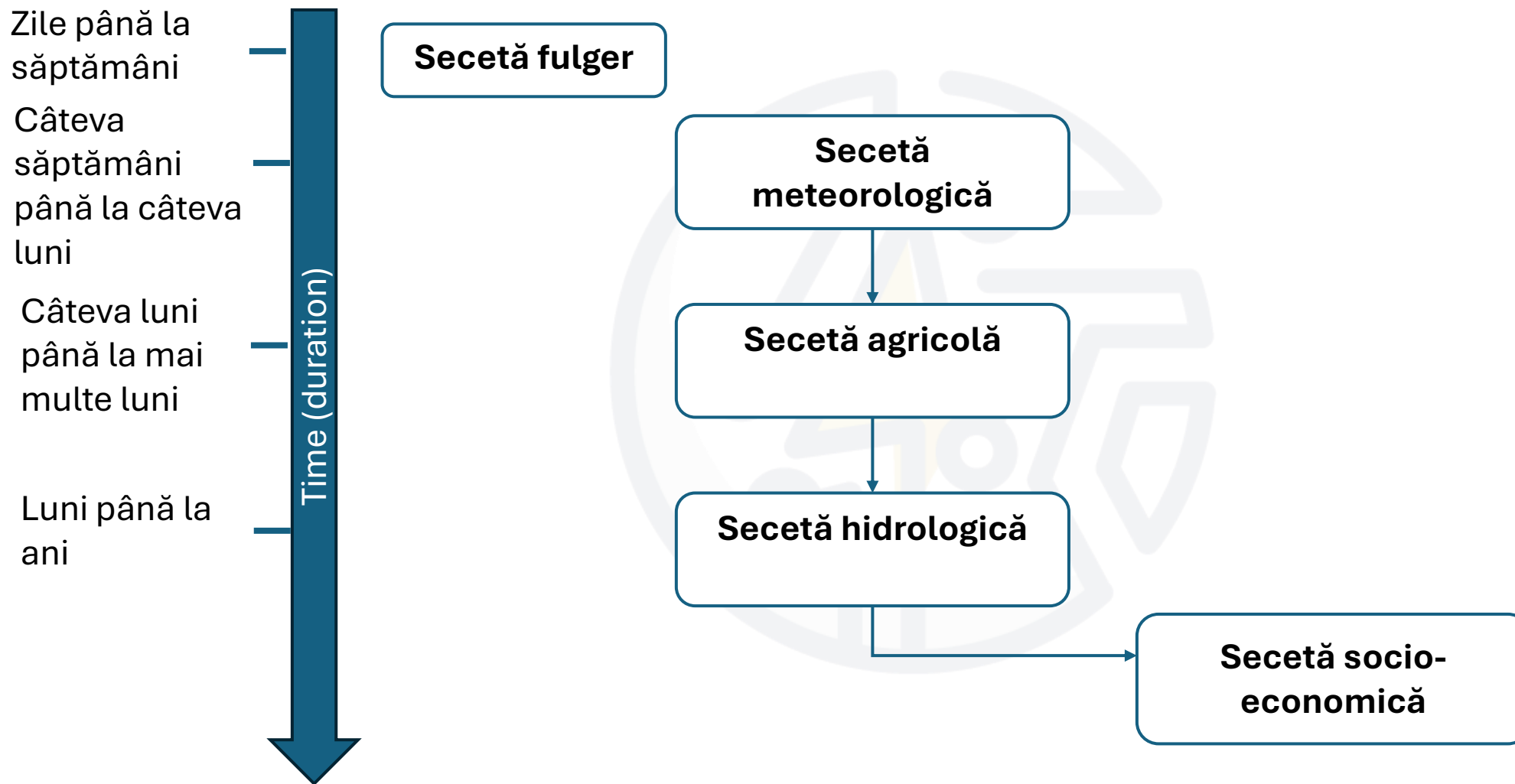
Secetă hidrologică

- Reducerea debitului și a scurgerii de suprafață
- Scăderea nivelului apelor subterane / rezervoarelor / lacurilor / etc.

Tipuri diferite de secetă (UNISDR, 2009)



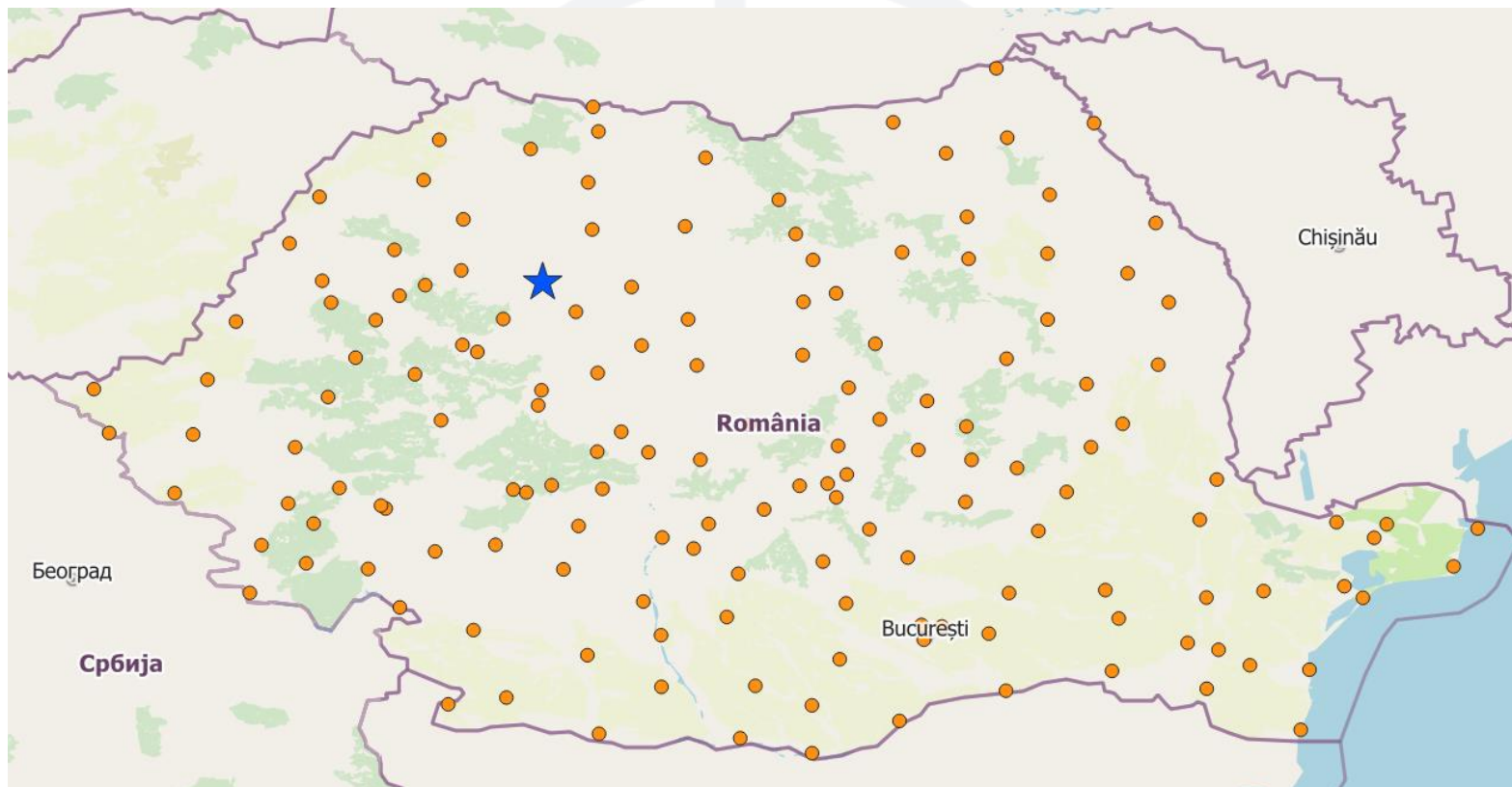
Tipuri diferite de secetă



Cuprins

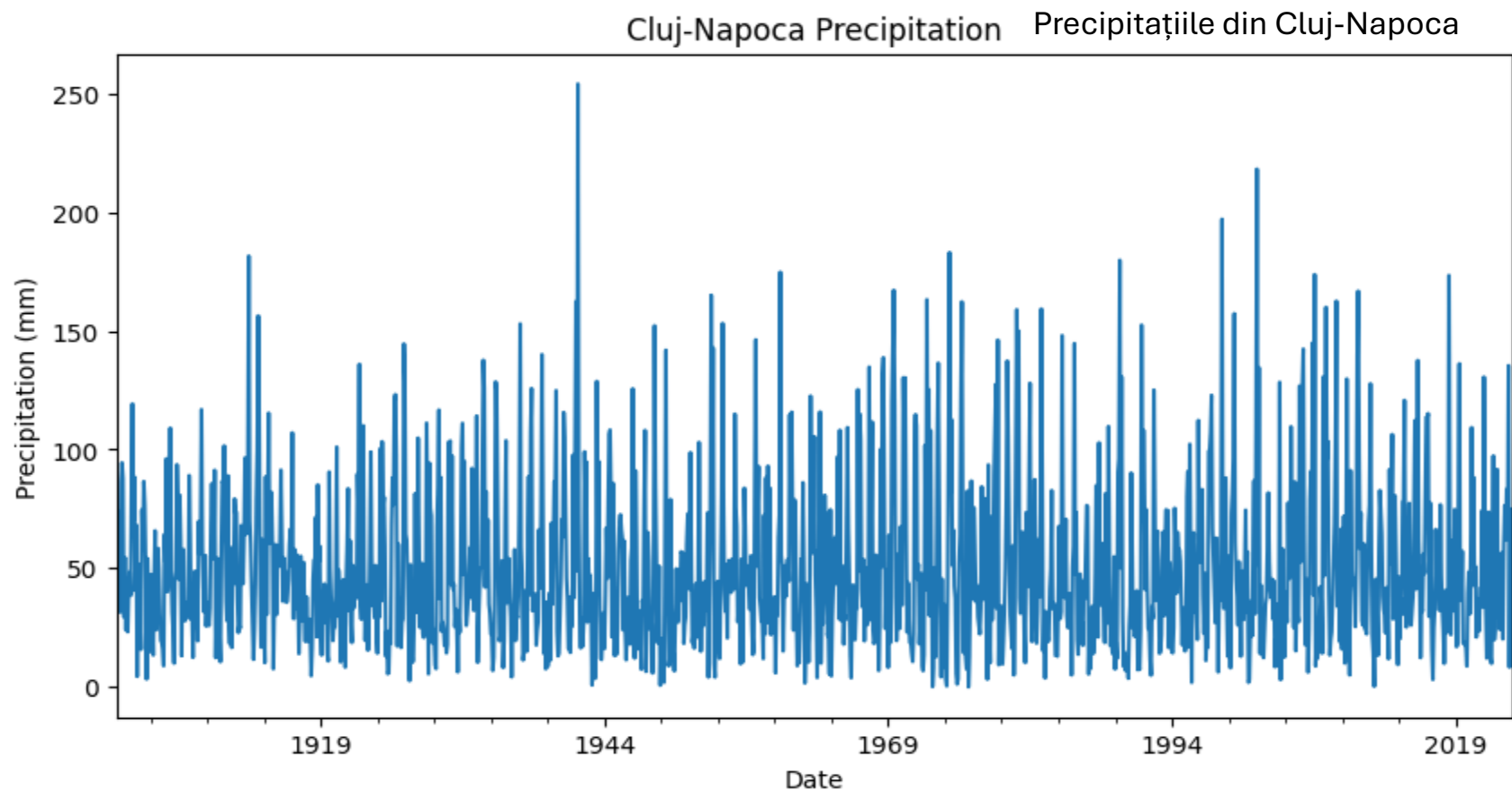
1. Ce este seceta?
2. De ce studiem secetele?
3. Diferitele tipuri de secetă
4. Monitorizarea secetei
 - a) Detectarea secetei – indici de secetă: **SPI**
 - b) Alți indici standardizați
 - c) Instrumente online pentru monitorizarea secetei
5. Tendințele secetei
6. Perspective viitoare

De ce avem nevoie de indici de secetă?

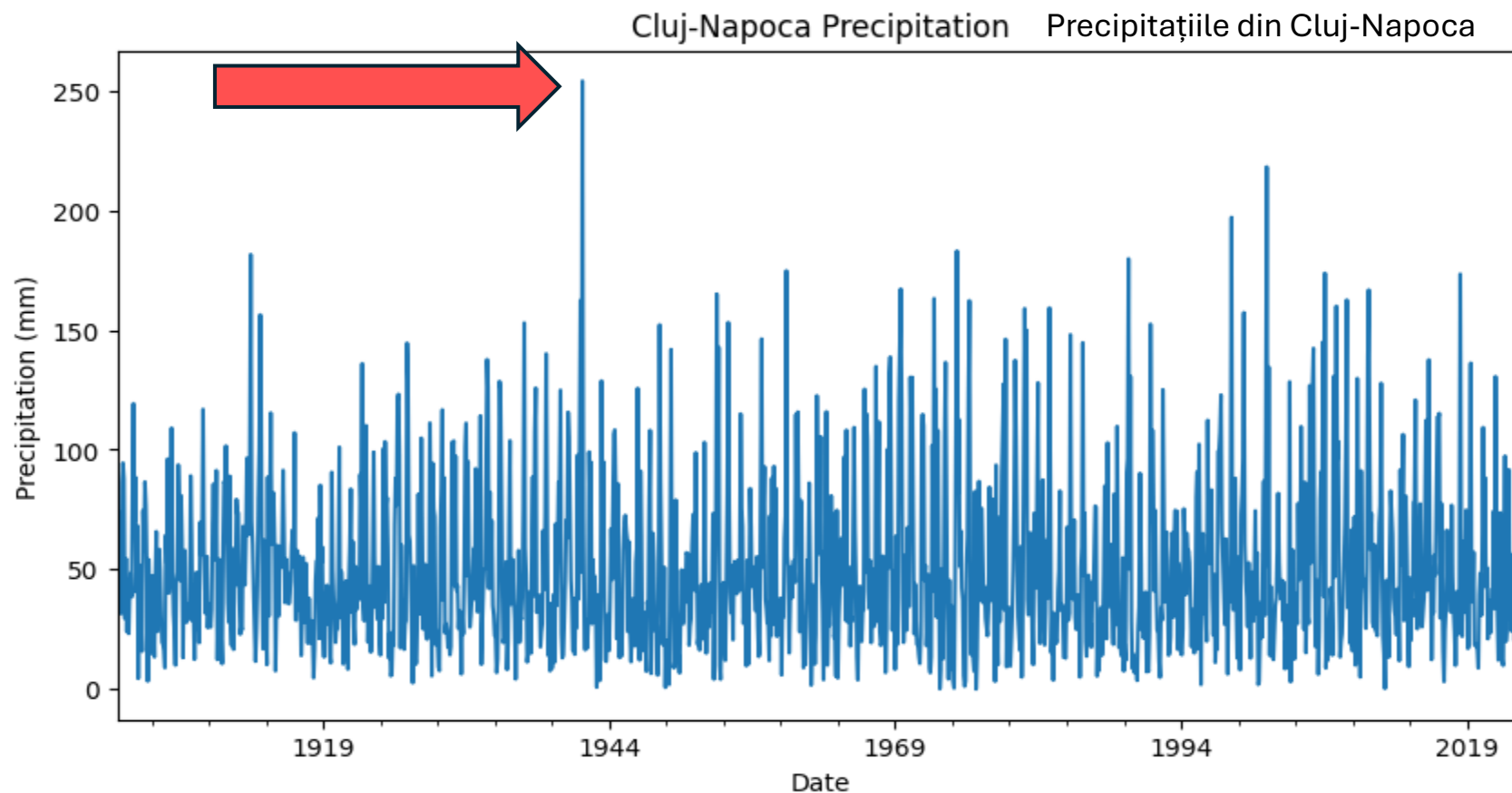


Data from Dumitrescu, A. et al. (2025)

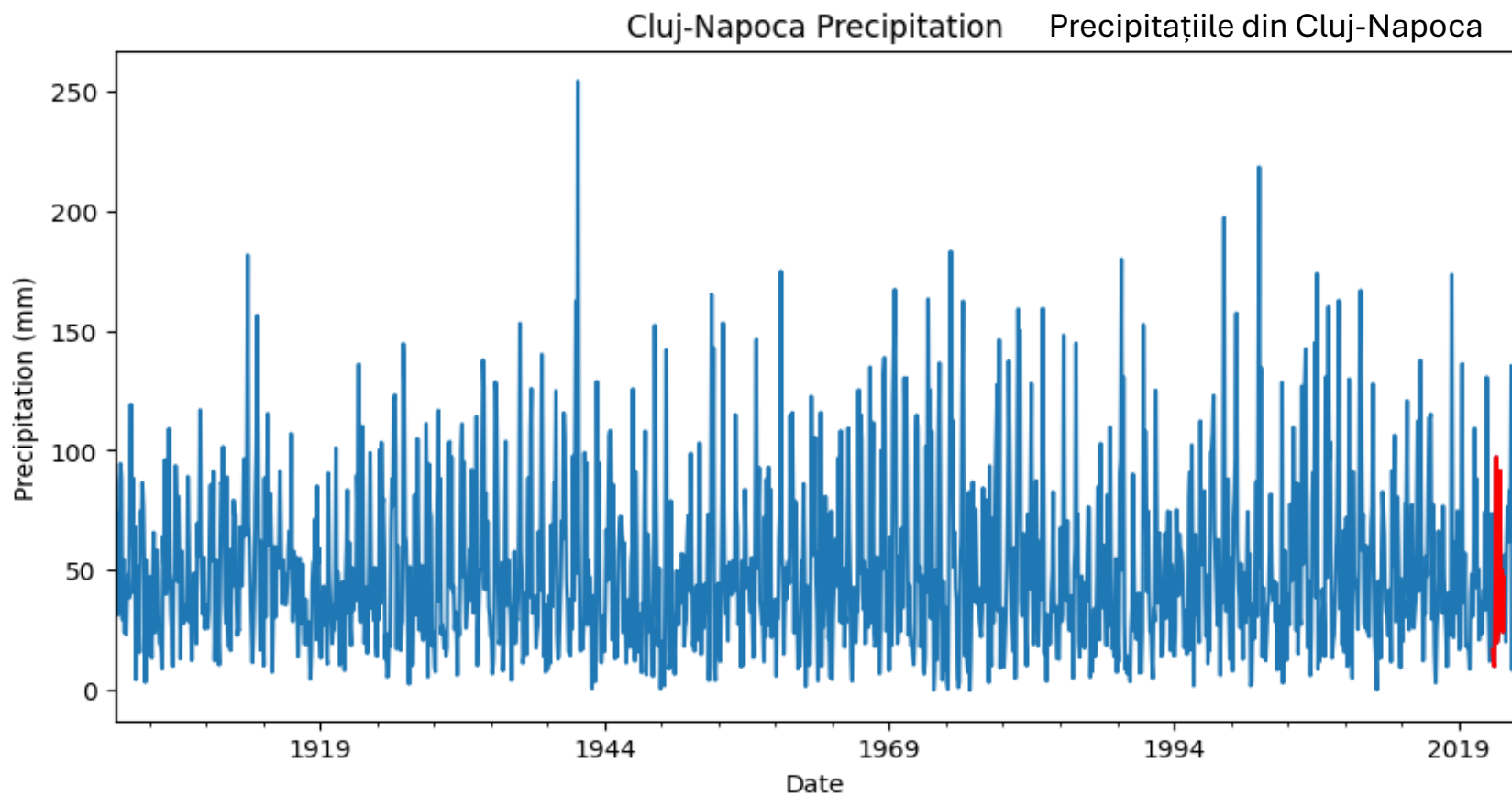
De ce avem nevoie de indici de secetă?



De ce avem nevoie de indici de secetă?



De ce avem nevoie de indici de secetă?

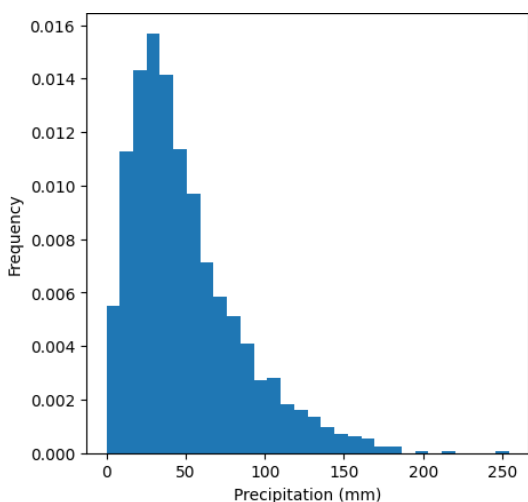


Indici de secetă

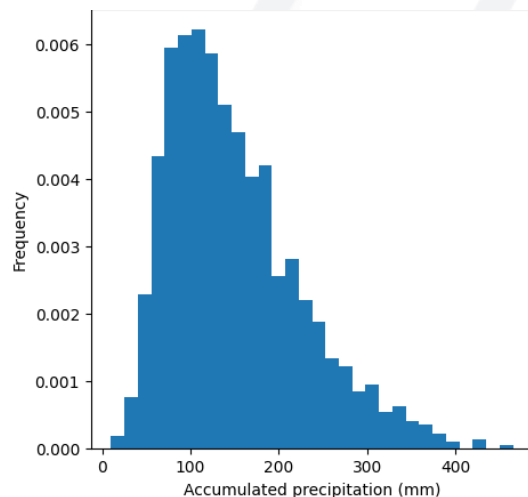
Multi-scalari	Funcționează la diferite scări temporale
Comparabili	Oferă valori comparabile între regiunile climatice
Ușor de interpretat	Ușor de corelat cu impacturile observate (praguri, severitate)
Accesibili	Pot fi calculați din date disponibile
Sensibili	Reacționează clar la deficitul de apă

Indicele standardizat al precipitațiilor (SPI)

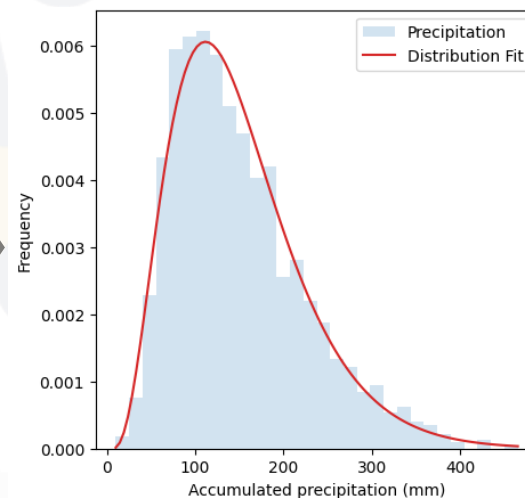
(McKee et al., 1993)



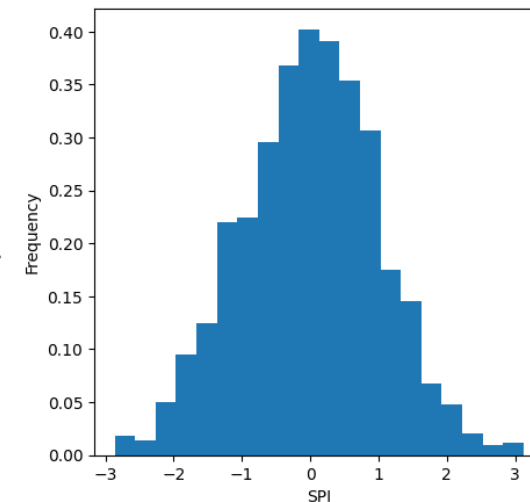
Date brute de precipitații



Se acumulează precipitațiile pe o perioadă aleasă



Se obține probabilitatea cantității de precipitații pentru perioada aleasă



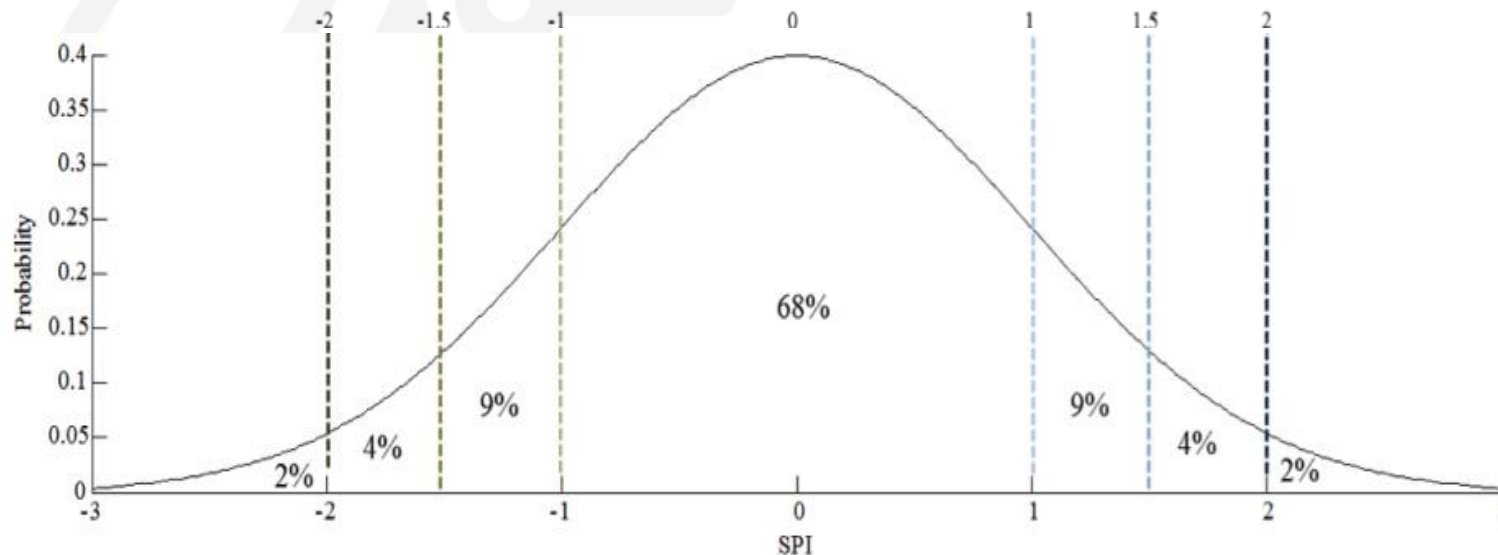
Se transformă în distribuție normală standardizată

SPI : Indicele standardizat al precipitațiilor

Multi-scalari	Funcționează la diferite scări temporale	✓
Comparabili	Oferă valori comparabile între regiunile climatice	✓
Ușor de interpretat	Ușor de corelat cu impacturile observate (praguri, severitate)	
Accesibili	Pot fi calculați din date disponibile	✓
Sensibili	Reacționează clar la deficittele de apă	

Definiția secetei SPI

SPI range	Condition
$SPI \geq 2$	Extremely wet
$1.5 \geq SPI > 2$	Severely wet
$1 \geq SPI > 1.5$	Moderately wet
$1 > SPI > -1$	Normal
$-1 \geq SPI > -1.5$	Moderately dry
$-1.5 \geq SPI > -2$	Severely dry
$-2 \geq SPI$	Extremely dry

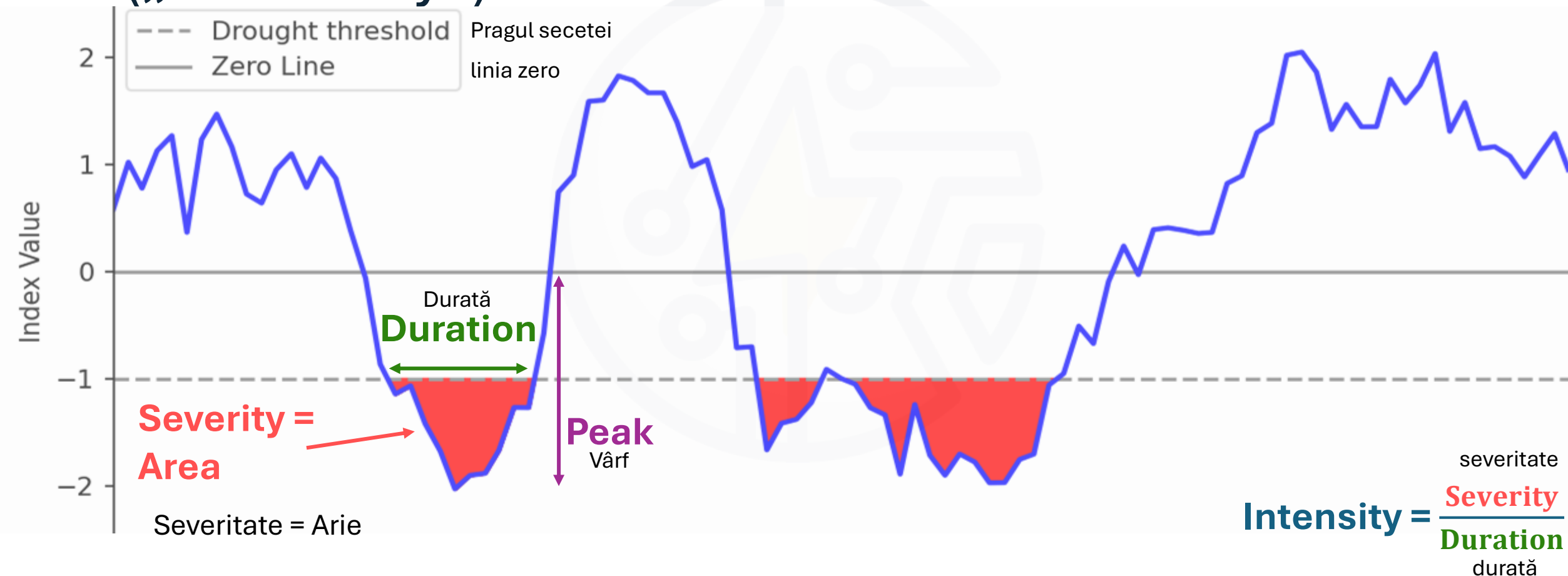


(Keyantash & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds)., 2025)

SPI : Indicele standardizat al precipitațiilor

Multi-scalari	Funcționează la diferite scări temporale	✓
Comparabili	Oferă valori comparabile între regiunile climatice	✓
Ușor de interpretat	Ușor de corelat cu impacturile observate (praguri, severitate)	✓
Accesibili	Pot fi calculați din date disponibile	✓
Sensibili	Reacționează clar la deficiturile de apă	

Detectarea secetei folosind teoria seriilor continue („run theory”)



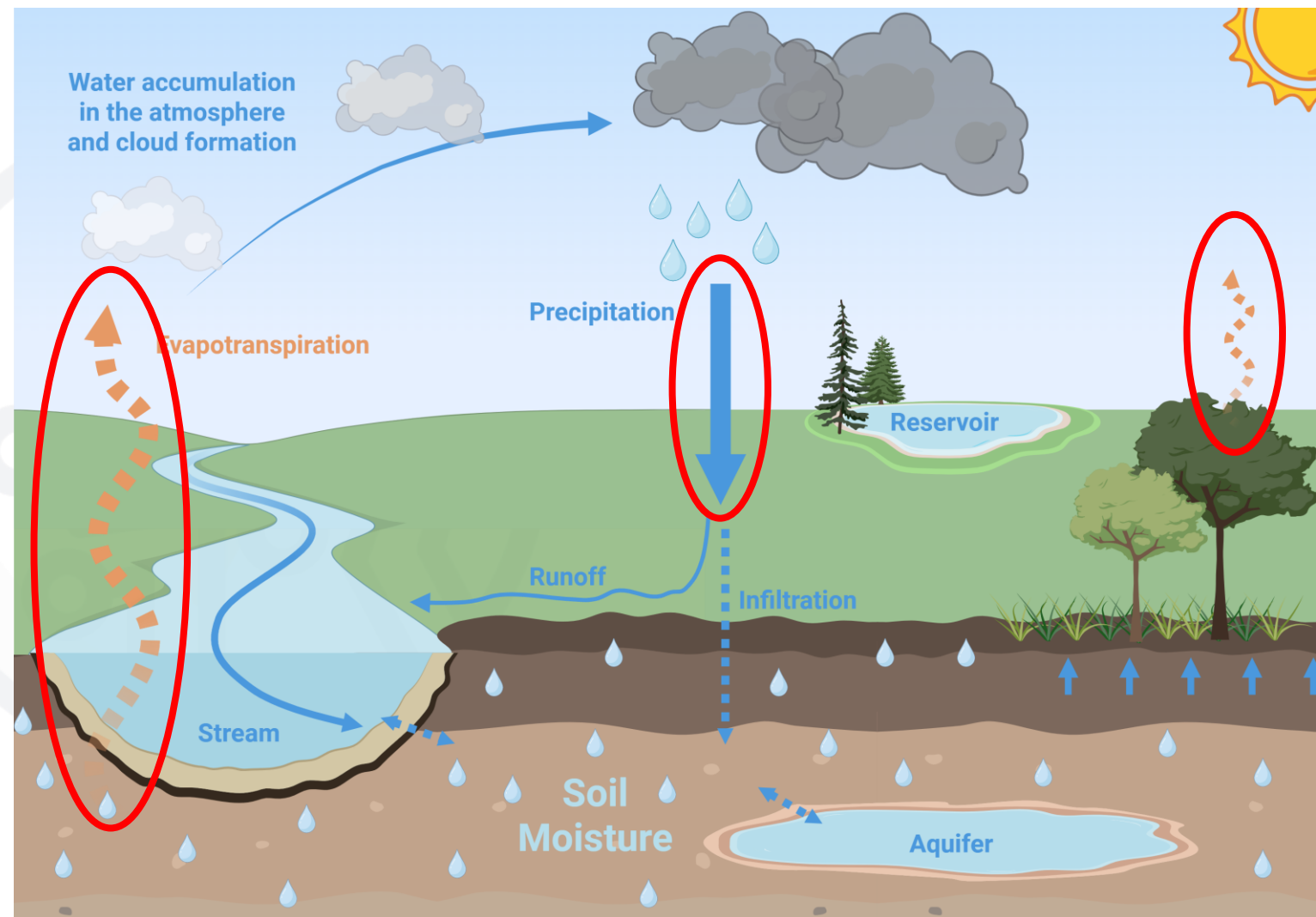
SPI : Indicele standardizat al precipitațiilor

Multi-scalari	Funcționează la diferite scări temporale	✓
Comparabili	Oferă valori comparabile între regiunile climatice	✓
Ușor de interpretat	Ușor de corelat cu impacturile observate (praguri, severitate)	✓
Accesibili	Pot fi calculați din date disponibile	✓
Sensibili	Reacționează clar la deficittele de apă	✓

SPEI

(Vicente-Serrano et al., 2010)

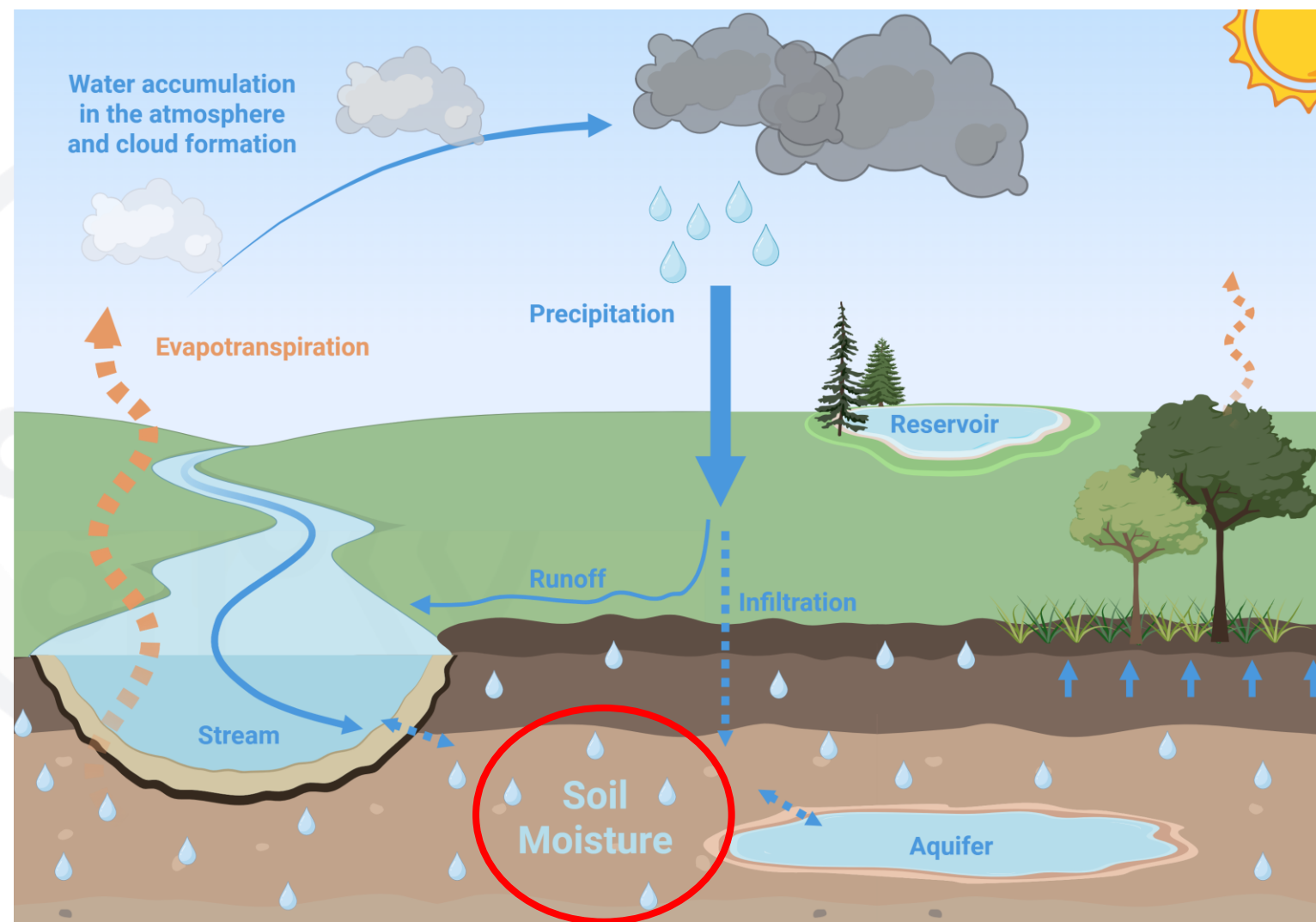
- Aplicarea procesului de standardizare la:
- $D = \text{precipitații} - \text{PET}$
- unde PET este evapotranspirația potențială
- la în considerare efectul temperaturii asupra ciclului apei



Secetă agricolă – SSI

(Sheffield, J. & Wood, E.F., 2008)

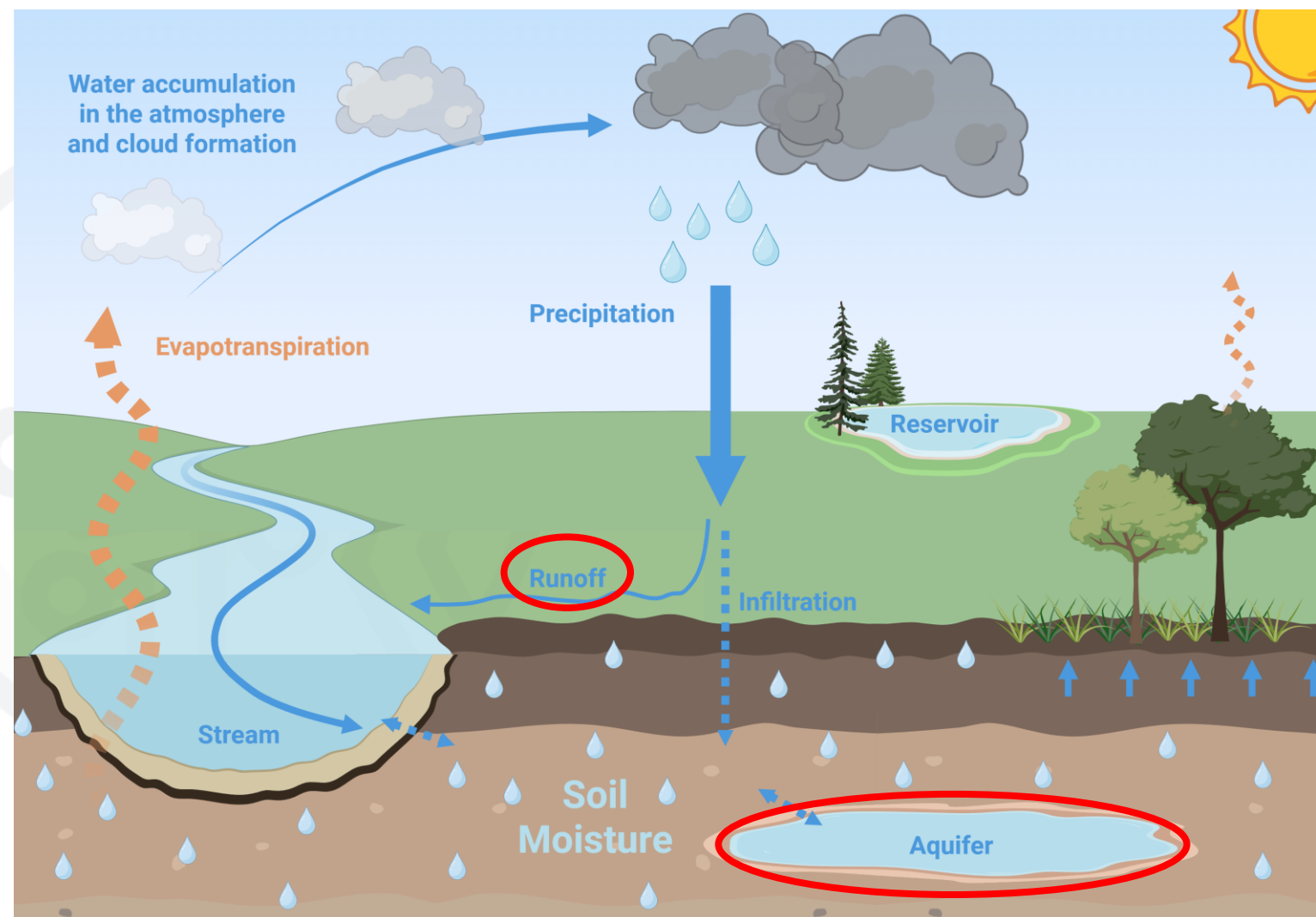
- Aplicarea procesului de standardizare la umiditatea solului
 - • La o anumită adâncime
 - • În întregul profil de sol
- Plantele diferite utilizează adâncimi diferite ale umidității solului
- Depinde de lipsa datelor și de ipotezele modelului



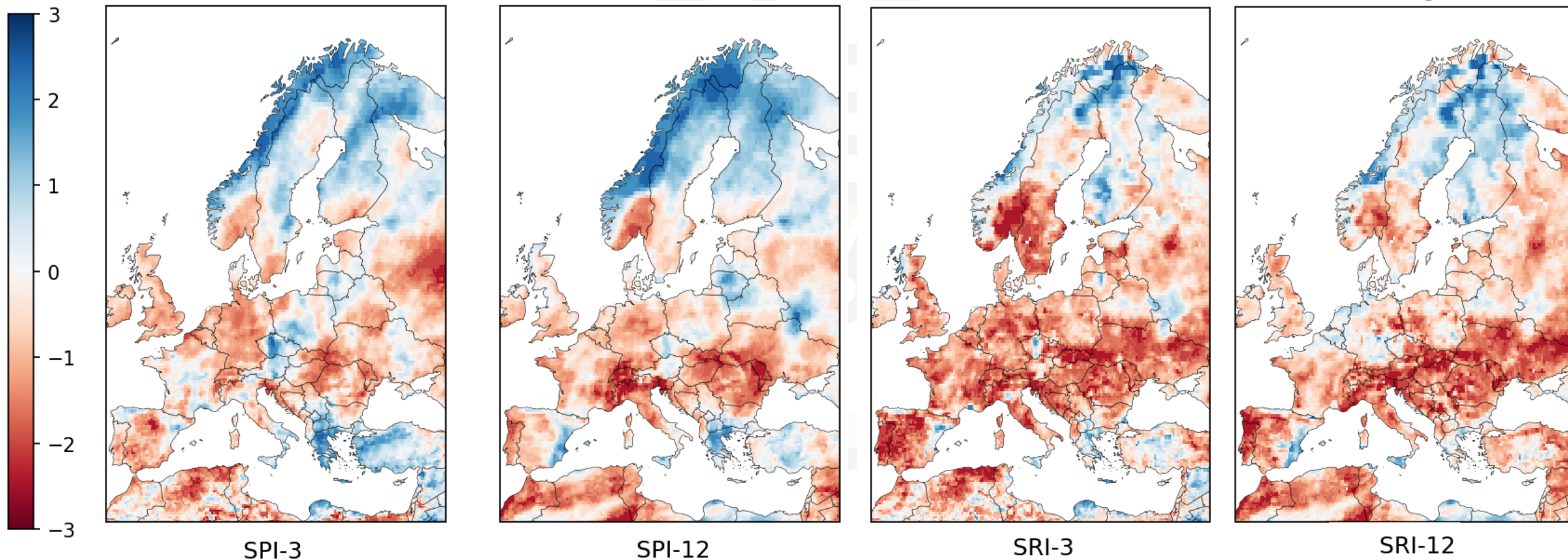
Secetă hidrologică – SRI și SGI

(Shukla, S. & A. W. Wood, 2008;
Bloomfield, J. P. & Marchant, B. P.,
2013)

- Aplicarea procesului de standardizare la
 - Scurgere (runoff)
 - Nivelul apelor subterane
- Dificultăți legate de date
- Proces foarte localizat



Monitorizarea secetei în practică: exemplu din 2022

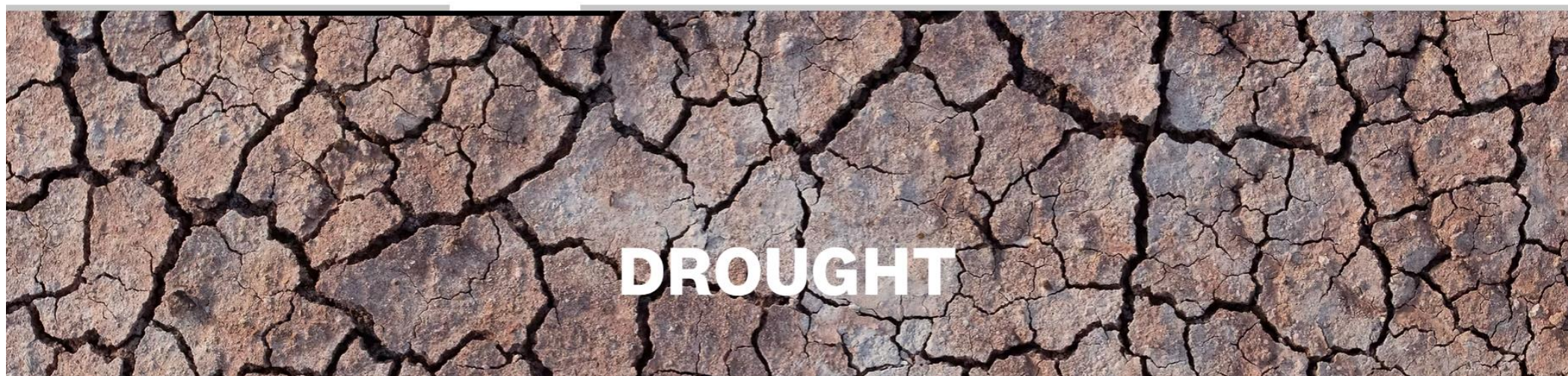


Instrumente și resurse online pentru monitorizarea secetei



Sustainability Nexus Analytics, Informatics, and Data (AID) Programme

HOME ABOUT AID **MODULES**



<https://www.sustainabilityaid.net/drought>



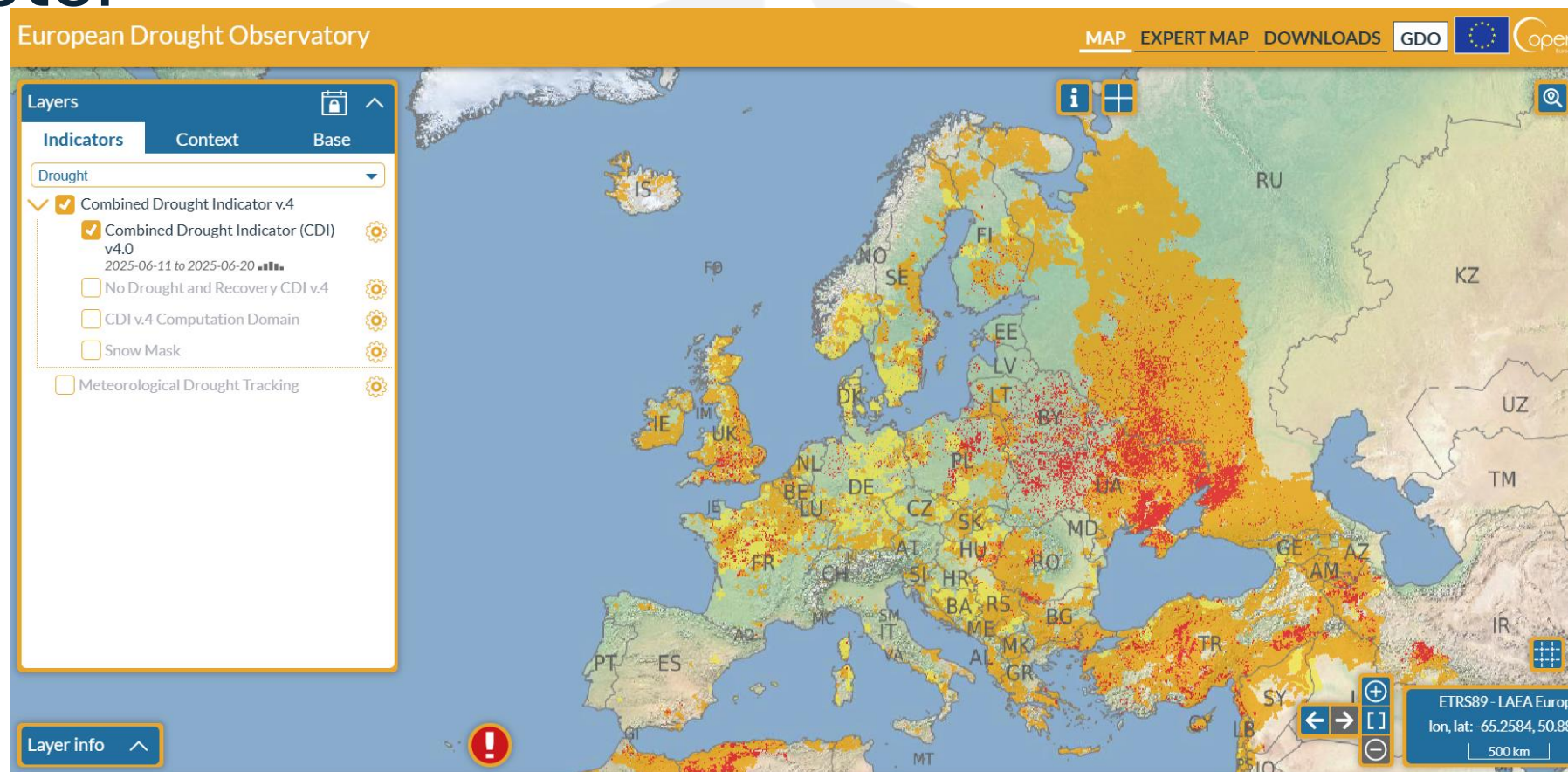
Sustainability Nexus Analytics, Informatics, and Data (AID) Programme

HOME ABOUT AID **MODULES**



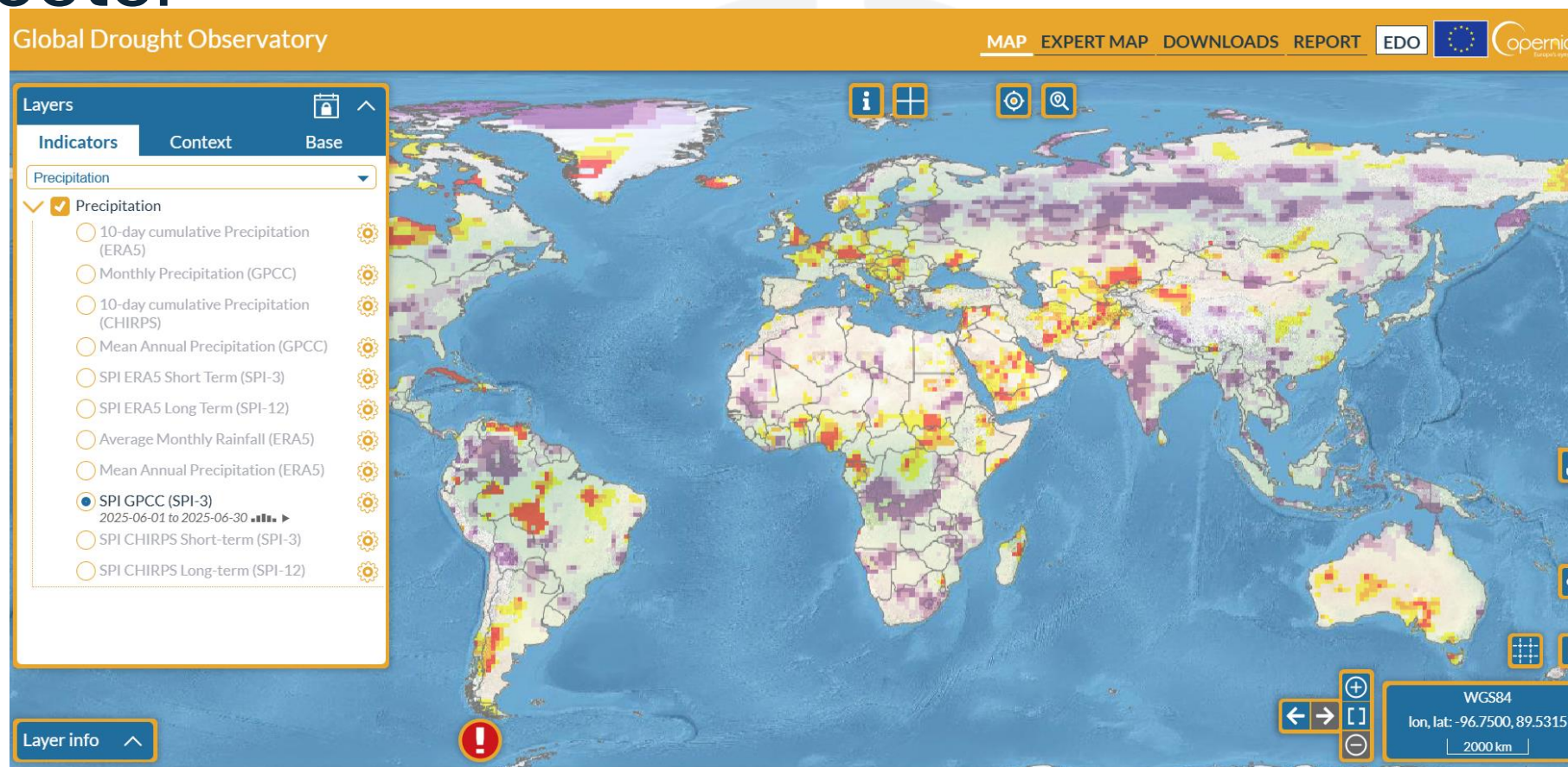
<https://www.sustainabilityaid.net/drought>

Instrumente și resurse online pentru monitorizarea secetei



<https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/edo/map/>

Instrumente și resurse online pentru monitorizarea secetei



<https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/gdo/map/>

Instrumente și resurse online pentru monitorizarea secetei

Make Map Make Graph INFO

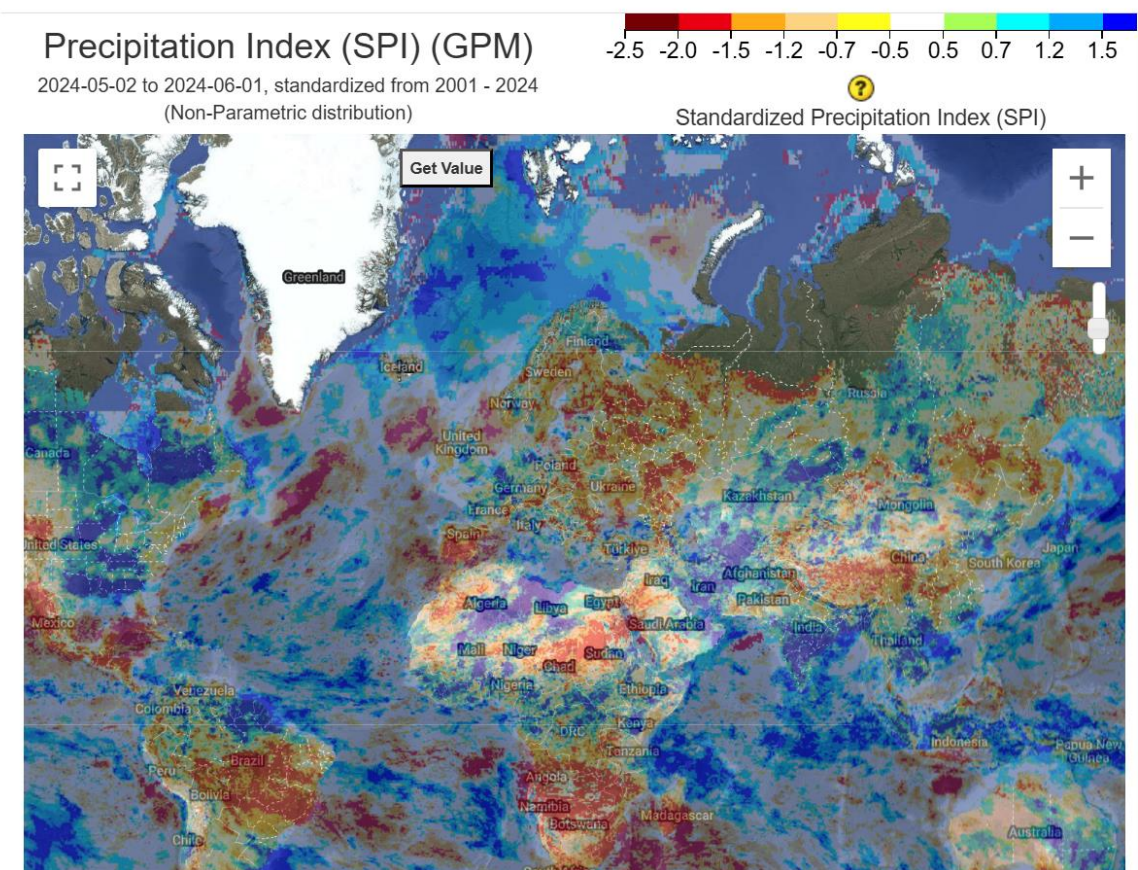
GET MAP LAYER

Visualization Layer ?
Raster

Variable ?
Type: Search Datasets
Climate & Hydrology
Dataset: ?
GPM - 11km - Daily
Variable: ?
Standardized Precipitation Index (SPI)

Computation Resolution (Scale): ?
11000 m (1/10-deg)

Processing ?
Statistic (over day range): ?
No Statistic
Calculation: ?



<https://app.climateengine.org/climateEngine>

Instrumente și resurse online pentru monitorizarea secetei

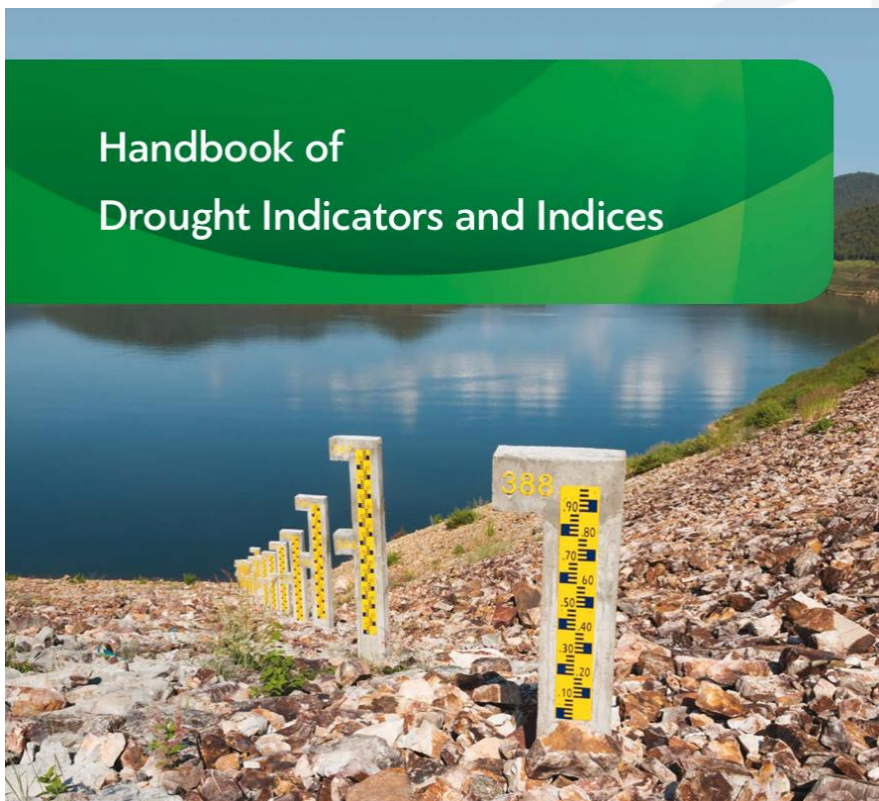


Table 1. Indicators and indices listed in this handbook

Meteorology	Page	Ease of use	Input parameters	Additional information
Aridity Anomaly Index (AAI)	11	Green	P, T, PET, ET	Operationally available for India
Deciles	11	Green	P	Easy to calculate; examples from Australia are useful
Keetch-Byram Drought Index (KBDI)	12	Green	P, T	Calculations are based upon the climate of the area of interest
Percent of Normal Precipitation	12	Green	P	Simple calculations
Standardized Precipitation Index (SPI)	13	Green	P	Highlighted by the World Meteorological Organization as a starting point for meteorological drought monitoring
Weighted Anomaly Standardized Precipitation (WASP)	15	Green	P, T	Uses gridded data for monitoring drought in tropical regions
Aridity Index (AI)	15	Yellow	P, T	Can also be used in climate classifications
China Z Index (CZI)	16	Yellow	P	Intended to improve upon SPI data
Crop Moisture Index (CMI)	16	Yellow	P, T	Weekly values are required
Drought Area Index (DAI)	17	Yellow	P	Gives an indication of monsoon season performance
Drought Reconnaissance Index (DRI)	17	Yellow	P, T	Monthly temperature and precipitation are required
Effective Drought Index (EDI)	18	Yellow	P	Program available through direct contact with originator
Hydro-thermal Coefficient of Selyaninov (HTC)	19	Yellow	P, T	Easy calculations and several examples in the Russian Federation

<https://www.drought.gov/documents/handbook-drought-indicators-and-indices>

Instrumente și resurse online pentru monitorizarea secetei

Index name: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI).

Ease of use: Yellow.

Origins: Developed by Vicente-Serrano et al. at the Instituto Pirenaico de Ecología in Zaragoza, Spain.

Characteristics: As a relatively new drought index, SPEI uses the basis of SPI but includes a temperature component, allowing the index to account for the effect of temperature on drought development through a basic water balance calculation. SPEI has an intensity scale in which both positive and negative values are calculated, identifying wet and dry events. It can be calculated for time steps of as little as 1 month up to 48 months or more. Monthly updates allow it to be used operationally, and the longer the time series of data available, the more robust the results will be.

Input parameters: Monthly precipitation and temperature data. A serially complete record of data is required with no missing months.

Applications: With the same versatility as that of SPI, SPEI can be used to identify and monitor conditions associated with a variety of drought impacts.

Strengths: The inclusion of temperature along with precipitation data allows SPEI to account for the impact of temperature on a drought situation. The output is applicable for all climate regimes, with the results being comparable because they are standardized. With the use of temperature data, SPEI is an ideal index when looking at the impact of climate change in model output under various future scenarios.

Weaknesses: The requirement for a serially complete dataset for both temperature and precipitation may limit its use due to insufficient data being available. Being a monthly index, rapidly developing drought situations may not be identified quickly.

Resources: SPEI code is freely available and the calculations are also described in the literature, <http://sac.csic.es/spei/>.

Reference: Vicente-Serrano, S.M., S. Begueria and J.I. Lopez-Moreno, 2010: A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23:1696–1718.

<https://www.drought.gov/documents/handbook-drought-indicators-and-indices>

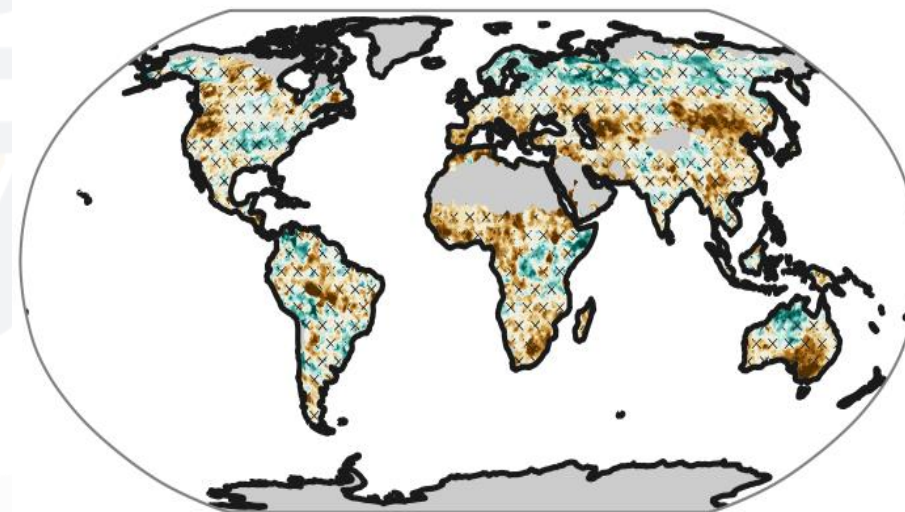
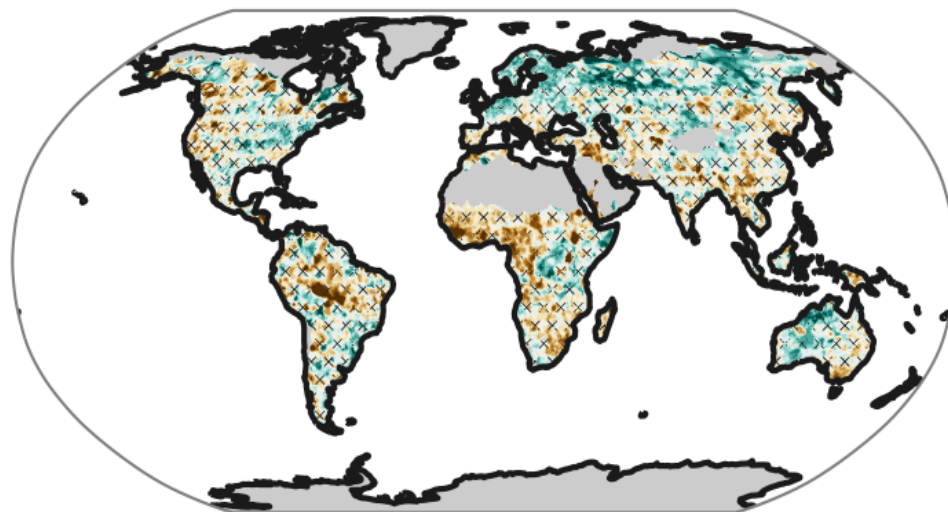
Cuprins

1. Ce este seceta?
2. De ce studiem secetele?
3. Diferitele tipuri de secetă
4. Monitorizarea secetei
5. Tendințele secetei
 - a) Tendințe istorice
 - b) Tendințe viitoare
 - c) Tendințe viitoare ale riscului
6. Perspective viitoare

Tendințele secetei – istorice

Indicele Standardizat al Precipitațiilor (SPI-12)
Standardized Precipitation
Index (SPI-12)

Indicele Standardizat al Precipitațiilor-Evapotranspirației (SPEI-12)
Standardized Precipitation-
Evapotranspiration Index (SPEI-12)



Colour Significant trends
Non-significant trends
No data

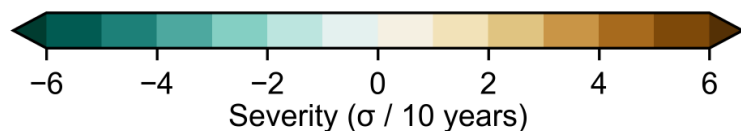
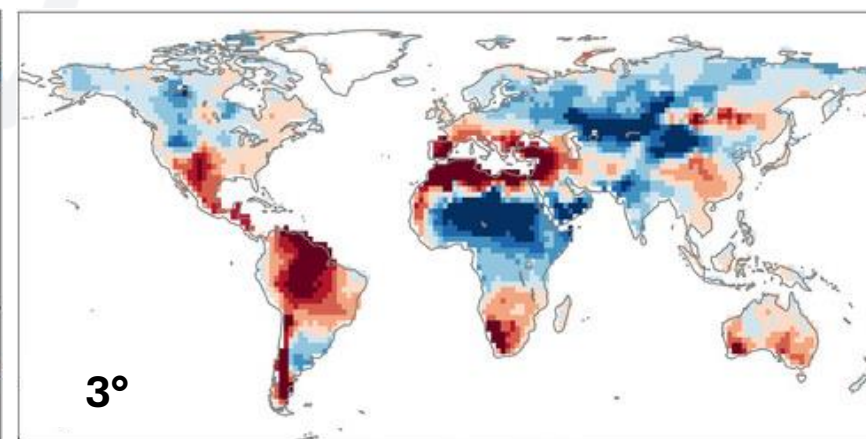
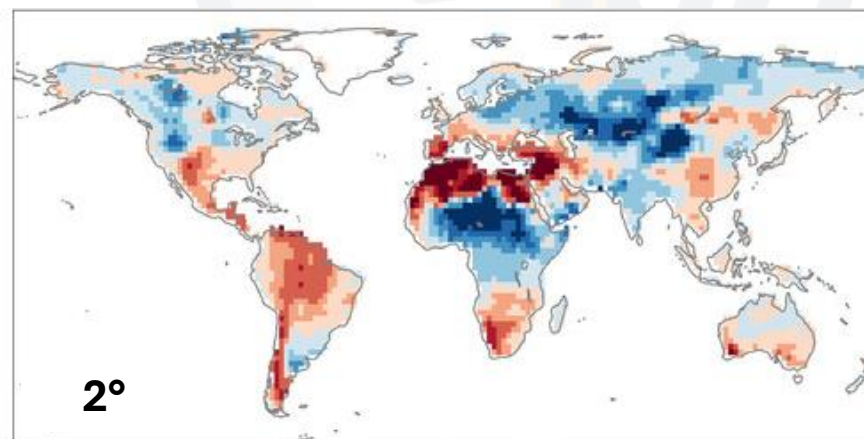
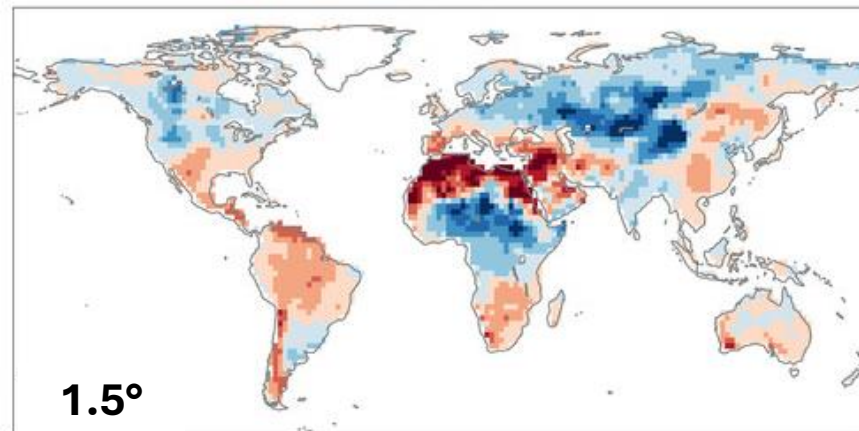


Figure 11.17 in IPCC, 2021: Chapter 11. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Tendențele secetei – climatul viitor

Putem analiza și **caracteristicile**
evenimentelor de secetă...
cum ar fi **durata**

Figure 2-4 a) from Tabari & Willem (2022)



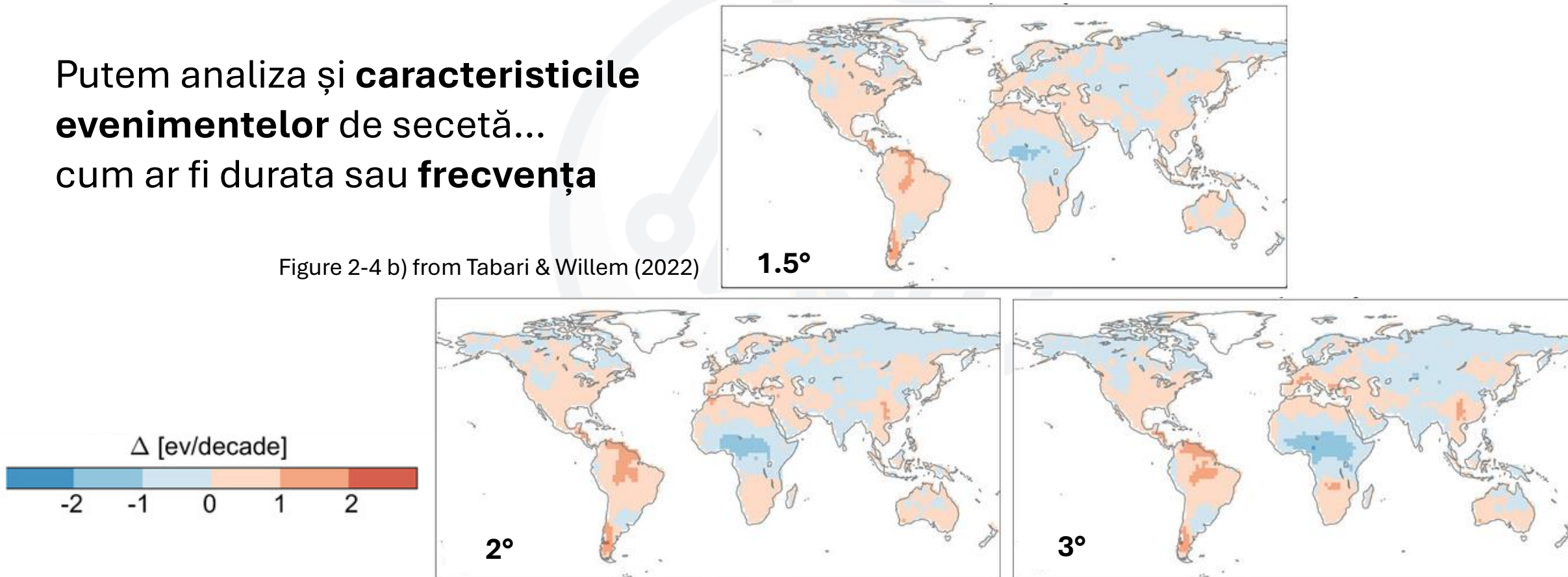
Δ [mon/decade]

-4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4

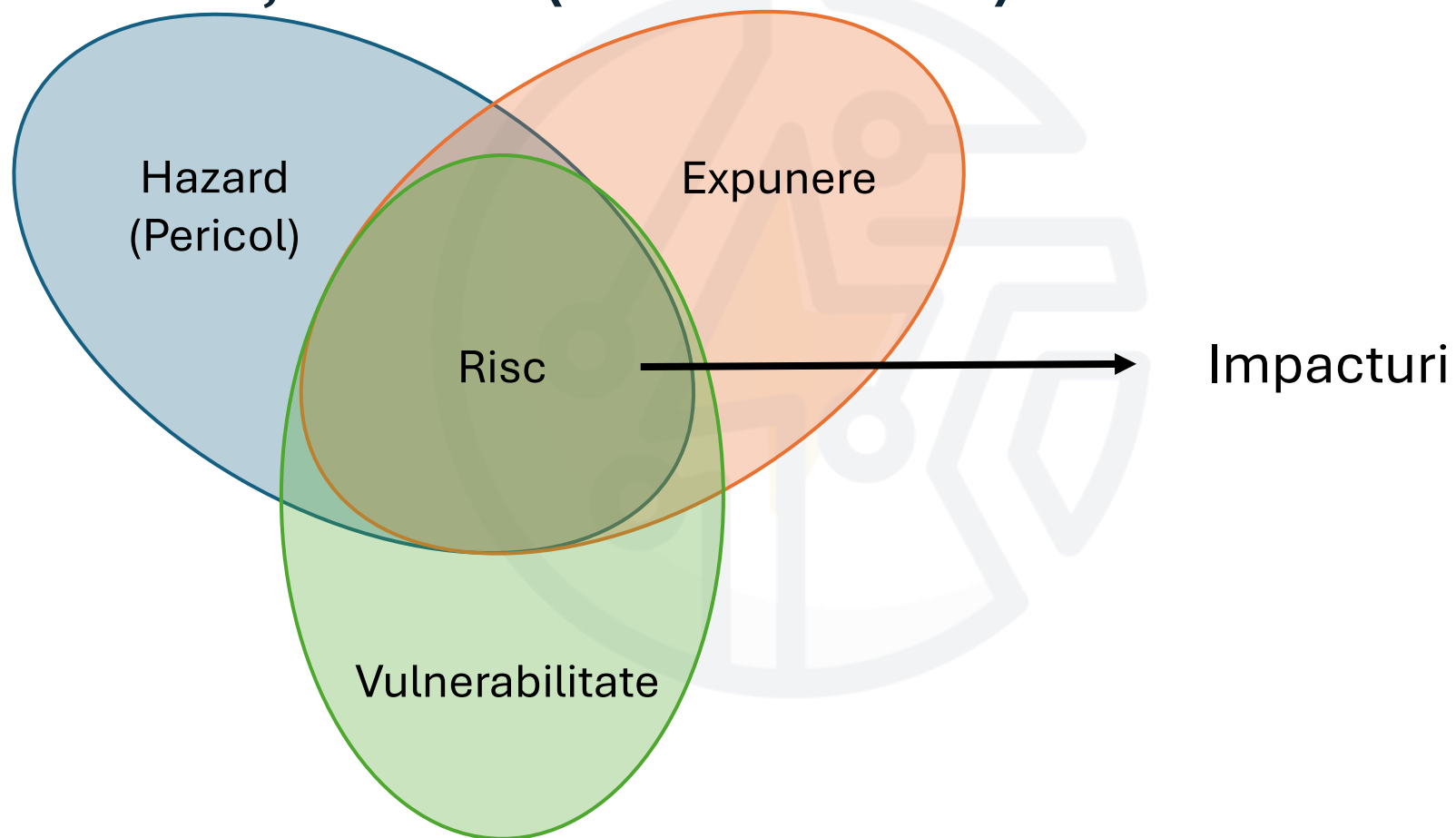
Tendențele secetei – climatul viitor

Putem analiza și **caracteristicile evenimentelor** de secetă... cum ar fi durata sau **frecvența**

Figure 2-4 b) from Tabari & Willem (2022)



Impacturi și risc (IPCC AR5)



Tendențele secetei – risc viitor

Secetă moderată

Moderate drought

Secetă severă

Severe drought

Secetă extremă

Extreme drought

SSP1

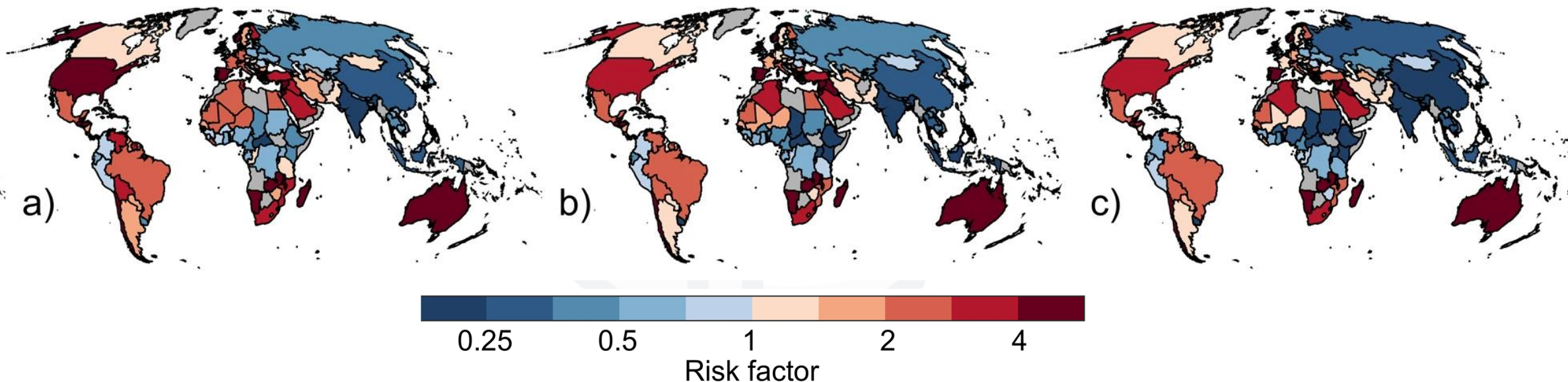


Figure 4 in Tabari, H. & Willems, P., 2023 : Dezvoltarea durabilă reduce substanțial riscul impacturilor viitoare ale secetei

Tendențele secetei – risc viitor

Secetă moderată

Moderate drought

Secetă severă

Severe drought

Secetă extremă

Extreme drought

SSP5

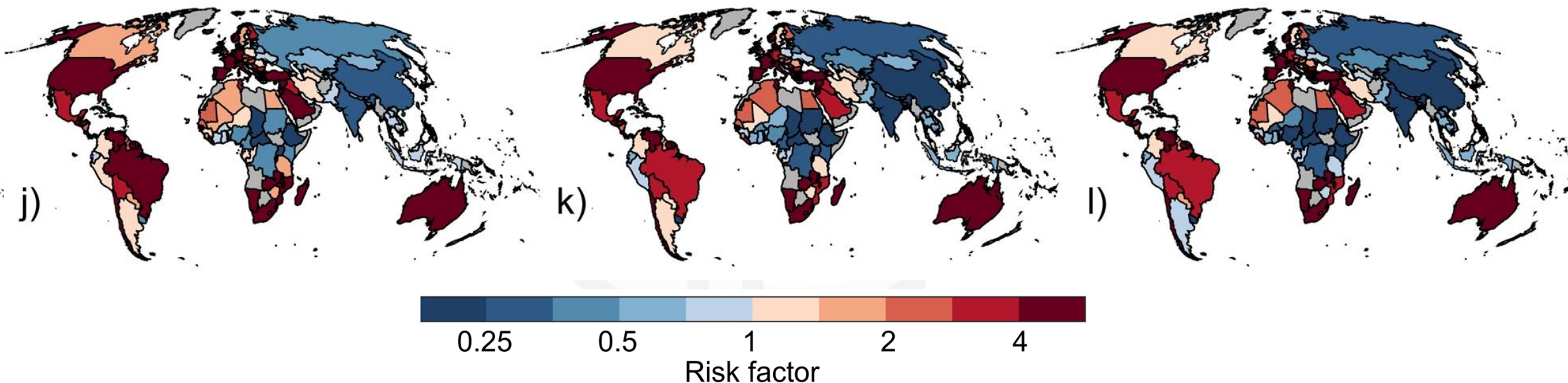


Figure 4 in Tabari, H. & Willems, P., 2023 : Dezvoltarea durabilă reduce substanțial riscul impacturilor viitoare ale secetei

Tendențele secetei – risc viitor în România

Secetă moderată
Moderate drought

Secetă severă
Severe drought

Secetă extremă
Extreme drought

SSP1
SSP5

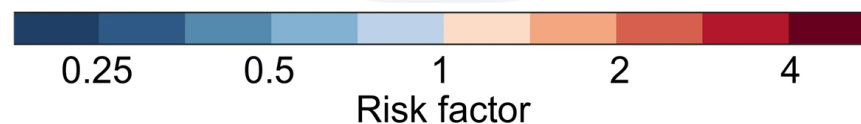


Figure 4 in Tabari, H. & Willems, P., 2023 : Dezvoltarea durabilă reduce substanțial riscul impacturilor viitoare ale secetei

Risc viitor

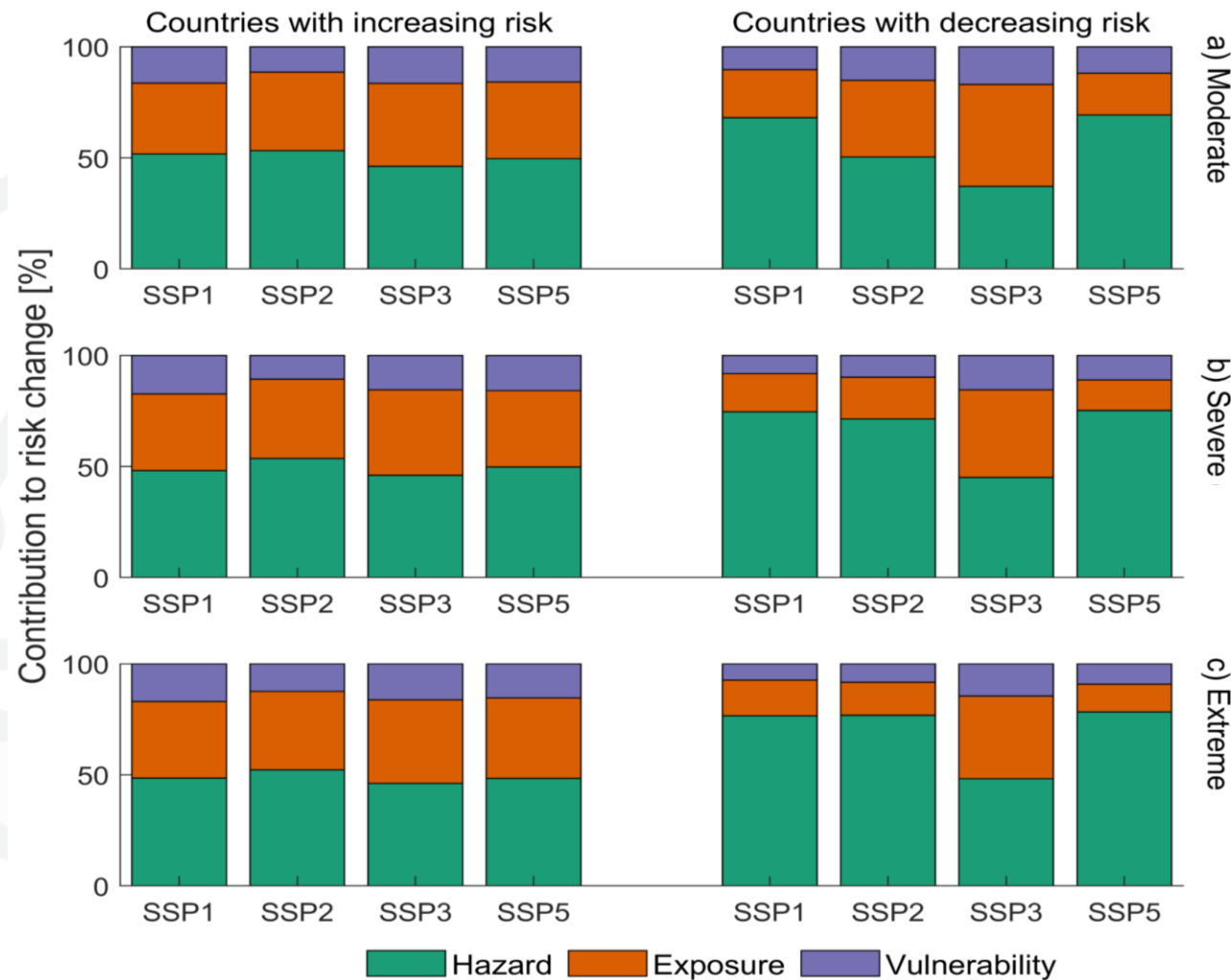
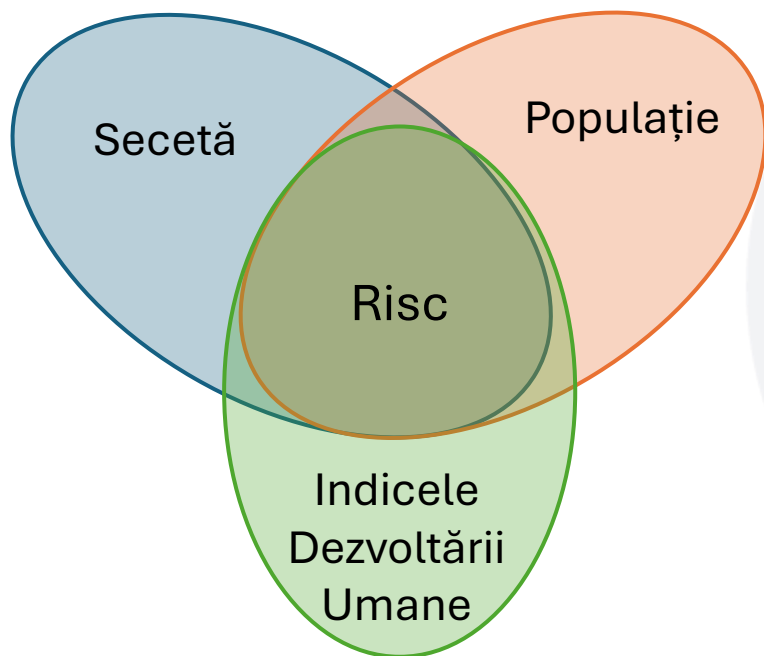


Figure 5 in Tabari, H. & Willems, P., 2023 : Dezvoltarea durabilă reduce substanțial riscul impacturilor viitoare ale secetei

Cuprins

1. Ce este seceta?
2. De ce studiem secetele?
3. Diferitele tipuri de secetă
4. Monitorizarea secetei
5. Tendințele secetei
6. Perspective viitoare



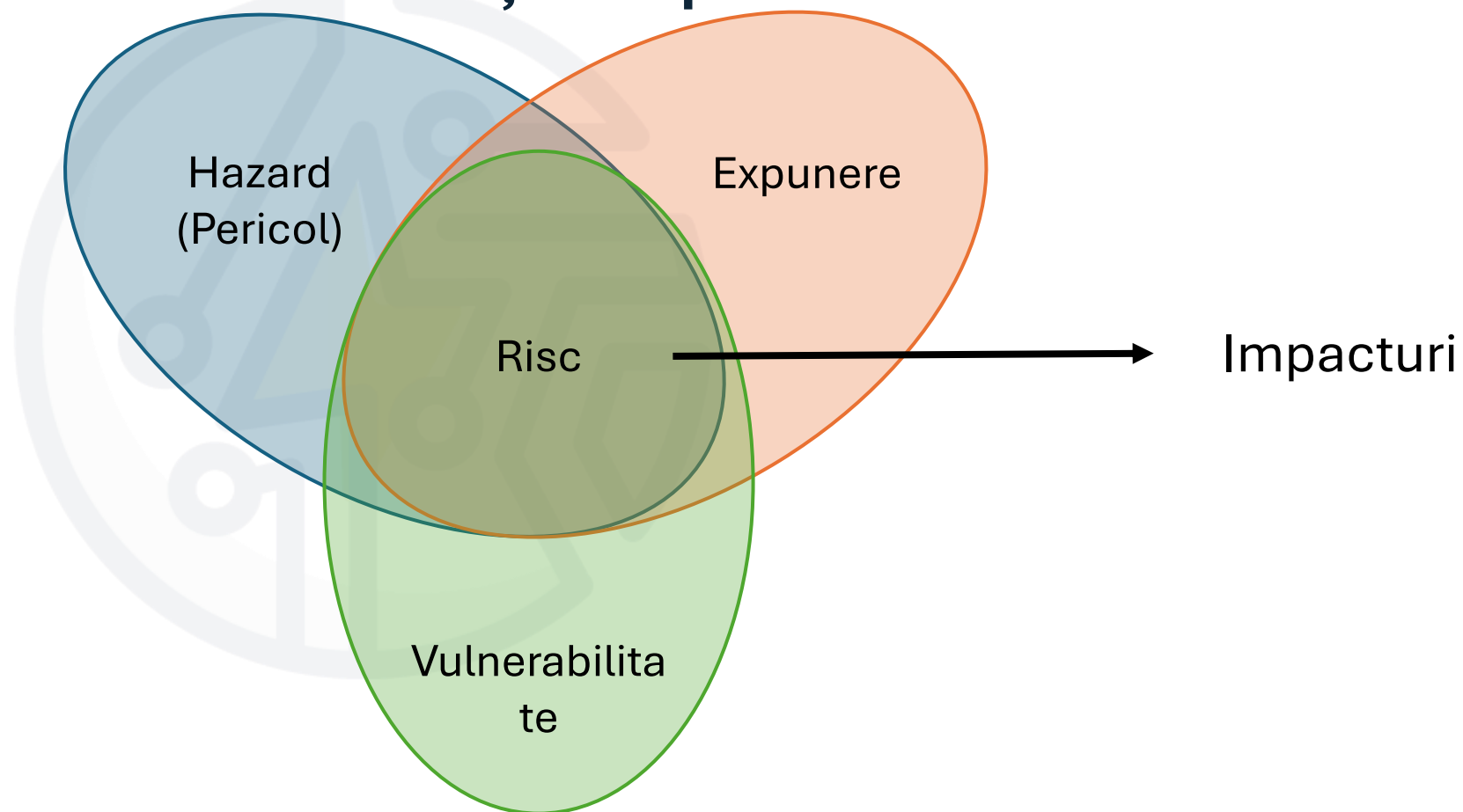
Perspective viitoare - tipuri de secetă

- Secetă rapidă (Flash drought)
- Secetă multivariate
- Secete socio-economice
- ...



Perspective viitoare – risc și impact

- Cadrul de risc
 - Expunere
 - Vulnerabilitate
- Impacturi adesea subestimate



Vă mulțumesc pentru atenție!



University of Antwerp
M4S |
Modelling For Sustainability

Takumi Therville
Modelling for Sustainability (M4S)
University of Antwerp, Belgium
takumi.Therville@uantwerpen.be

Referințe

- IPCC. 2021. Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou, 2021: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi: 10.1017/9781009157896.013.
- FAO 2021. The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb3673en>
- UNDRR 2021. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2021). *GAR Special Report on Drought 2021: Summary for Policymakers*. Geneva.
- WMO 2019. WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019). Geneva. <https://library.wmo.int/idurl/4/57564>
- World Bank 2017. Damania, Richard; Desbureaux, Sébastien; Hyland, Marie; Islam, Asif; Moore, Scott; Rodella, Aude-Sophie; Russ, Jason; Zaveri, Esha. 2017. *Uncharted Waters: The New Economics of Water Scarcity and Variability*. © World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/28096>
- IDMC 2022. Internal Displacement Monitoring Centre (2022). *Global Report on Internal Displacement 2022*. Geneva.
- Littell, J. S., Peterson, D. L., Riley, K. L., Liu, Y., & Luce, C. H. (2016). A review of the relationships between drought and forest fire in the United States. *Global change biology*, 22(7), 2353–2369. <https://doi.org/10.1111/gcb.13275>
- JRC 2023. The EU 2022 wildfire season was the second worst on record. (2023, May 2). The Joint Research Centre: EU Science Hub. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/eu-2022-wildfire-season-was-second-worst-record-2023-05-02_en
- Stocker, B.D., Zscheischler, J., Keenan, T.F. *et al.* Drought impacts on terrestrial primary production underestimated by satellite monitoring. *Nat. Geosci.* **12**, 264–270 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0318-6>
- Cappucci, A. (2022, August 11) Extreme drought is gripping Europe, intensifying heat and fueling fires. The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/climate-environment/2022/08/11/europe-drought-heatwave-fires-climate/>
- Powers, J. S., Vargas G, G., Brodrigg, T. J., Schwartz, N. B., Pérez-Aviles, D., Smith-Martin, C. M., Becknell, J. M., Aureli, F., Blanco, R., Calderón-Morales, E., Calvo-Alvarado, J. C., Calvo-Obando, A. J., Chavarría, M. M., Carvajal-Vanegas, D., Jiménez-Rodríguez, C. D., Murillo Chacon, E., Schaffner, C. M., Werden, L. K., Xu, X., & Medvigy, D. (2020). A catastrophic tropical drought kills hydraulically vulnerable tree species. *Global change biology*, 26(5), 3122–3133. <https://doi.org/10.1111/gcb.15037>

References (cont.)

- Delacroix, G. (2022, August 15). Western Europe's wildlife is suffering from the drought. Le Monde.fr. https://www.lemonde.fr/en/environment/article/2022/08/15/western-europe-s-wildlife-is-suffering-from-the-drought_5993670_114.html
- Von der Brelie, G. (2022, October 20). Climate crisis: how beetles and fire are devouring European forests. Euro News. <https://www.euronews.com/2022/10/20/climate-crisis-how-beetles-and-fire-are-devouring-european-forests>
- Sanders, S. K. D., Van Kleunen, M., Allan, E., & Thakur, M. P. (2024). Effects of extreme drought on the invasion dynamics of by non-native plants. *Trends in Plant Science*, 30(3), 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2024.10.009>
- Al-Aisae, M. M., Velazhahan, R., Nawaz, A., & Farooq, M. (2025). Morphological, Physiological, and Biochemical Impacts of Drought on Wheat-Pest-Pathogen Interactions. *Physiologia plantarum*, 177(4), e70364. <https://doi.org/10.1111/ppl.70364>
- Lucchetti, J. (2017, September 15). Drought — a cause of riots. University of Geneva – Press release. <https://www.unige.ch/medias/en/2017/la-secheresse-source-demeutes>
- National Geographic. (2018, March 12). How Cape Town's Residents Are Surviving the Water Crisis—For Now | National Geographic [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=XxZAqswJfL4>
- Alexandru, D. (2023, October 31). Drought monitoring in Romania [slides]. Meteo Romania. https://www.iawd.at/files/File/events/2023/Drought_Conference/DANIEL_ALEXANDRU.pdf
- Horowitz, J. (2022, August 18). Europe's Scorching Summer Puts Unexpected Strain on Energy Supply. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2022/08/18/world/europe/drought-heat-energy.html>
- Bevacqua, E., Rakovec, O., Schumacher, D.L. *et al.* Direct and lagged climate change effects intensified the 2022 European drought. *Nat. Geosci.* **17**, 1100–1107 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01559-2>

References (cont. & end)

- United Nations, The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. UNESCO, Paris
- UNISDR, 2009. Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action. United Nations secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), Geneva, Switzerland, 213 pp
- Dumitrescu, A., Micu, D., Guijarro, J. *et al.* Long-term homogenized air temperature and precipitation datasets in Romania, 1901–2023. *Sci Data* **12**, 1116 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05371-4>
- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kliest, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA*. American Meteorological Society, Boston, MA. 179-184.
- Keyantash, John & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Last modified 2025-04-29 "The Climate Data Guide: Standardized Precipitation Index (SPI)." Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-index-spi> on 2025-09-03.
- Vicente-Serrano, S. M., S. Beguería, and J. I. López-Moreno, 2010: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *J. Climate*, **23**, 1696–1718, <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>.
- Shukla, S., and A. W. Wood (2008), Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L02405, doi:10.1029/2007GL032487.
- Bloomfield, J. P. and Marchant, B. P.: Analysis of groundwater drought building on the standardised precipitation index approach, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 4769–4787, <https://doi.org/10.5194/hess-17-4769-2013>, 2013.
- Tabari, H., & Willems, P. (2022). Trivariate Analysis of Changes in Drought Characteristics in the CMIP6 Multimodel Ensemble at Global Warming Levels of 1.5°, 2°, and 3°C. *Journal of Climate*, 35(18), 5823-5837. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0993.1>
- Tabari, H., Willems, P. Sustainable development substantially reduces the risk of future drought impacts. *Commun Earth Environ* **4**, 180 (2023). <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00840-3>