

# Nyári Iskola a Szélsőséges Hőmérsékleti és Csapadékeseményekről

## 3. szekció: Árvizek

Presenter: Edgar Espitia, Elena Xoplaki\*

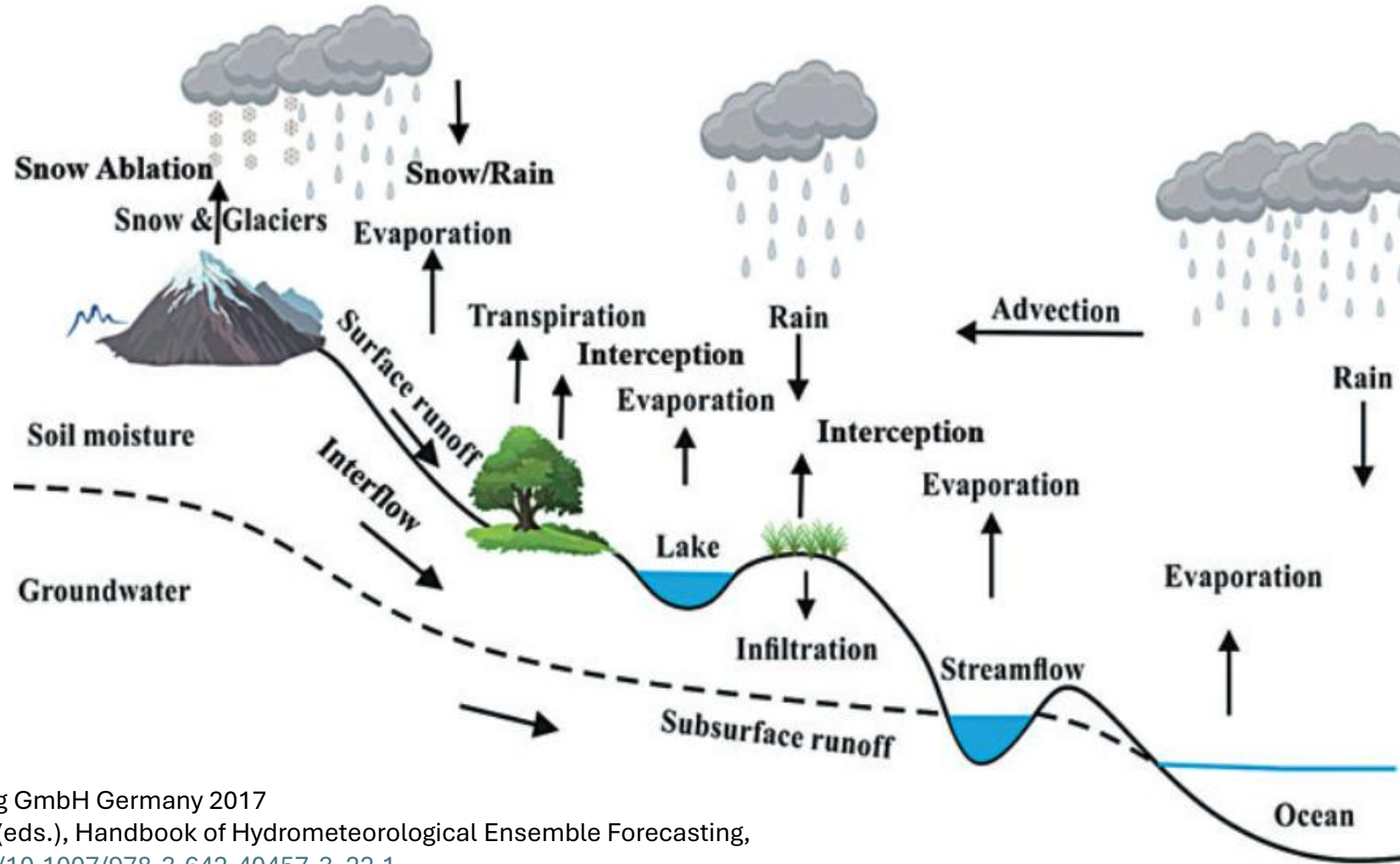
Organization: Justus Liebig University Giessen - JLU

Cluj-Napoca, Romania

10 September 2025



# 1. Víz körforgása

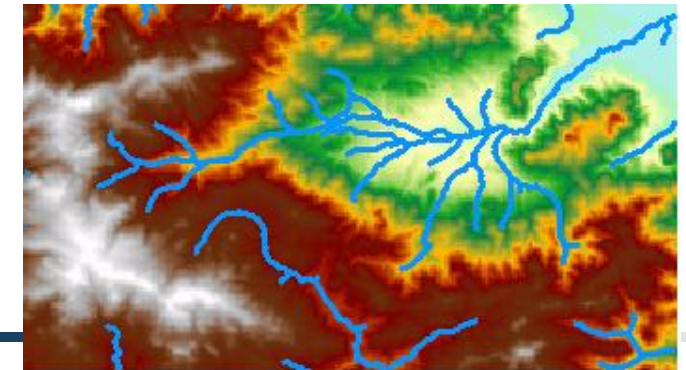
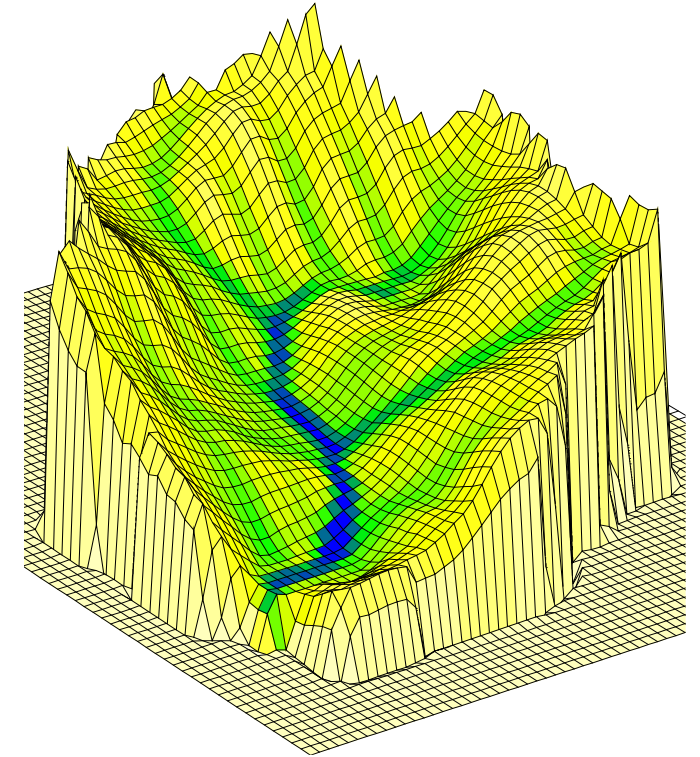
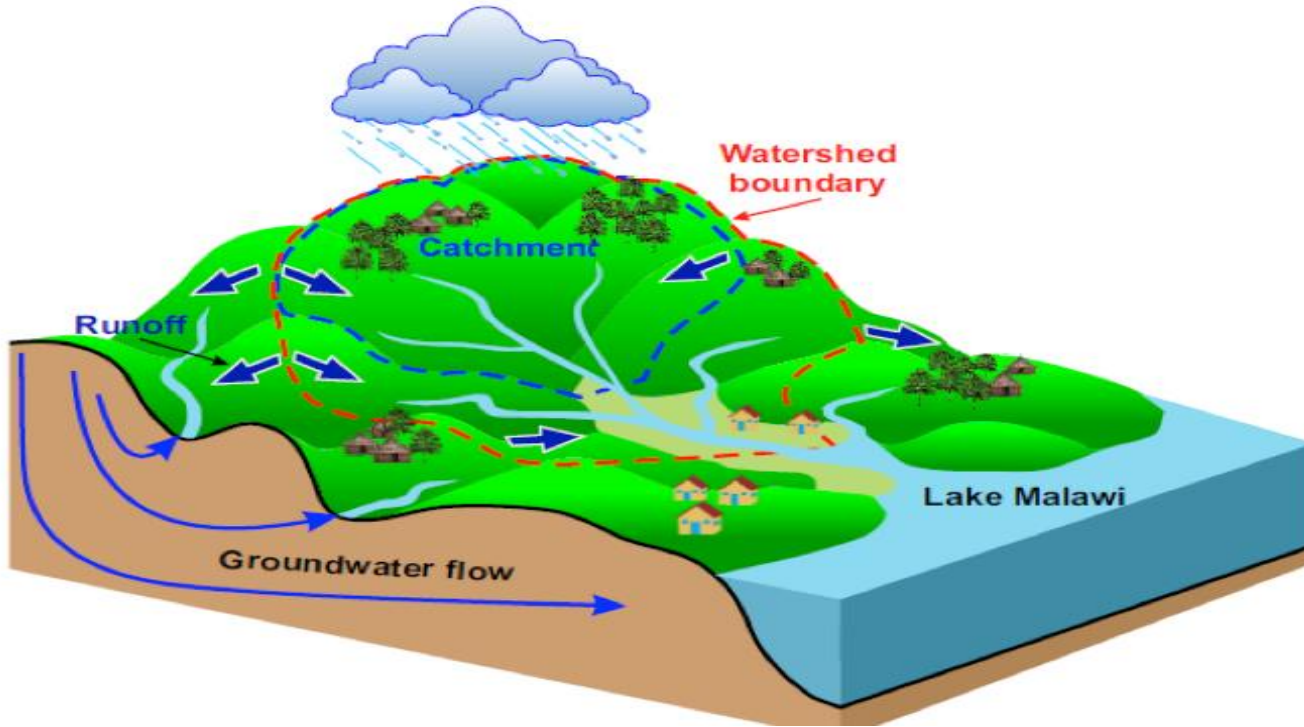


Springer-Verlag GmbH Germany 2017  
 Q. Duan et al. (eds.), Handbook of Hydrometeorological Ensemble Forecasting,  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-40457-3\\_22-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40457-3_22-1)



## Vízgyűjtő (Catchment)

A vízgyűjtő olyan terület, ahonnan minden víz ugyanabba a kifolyási pontba jut.

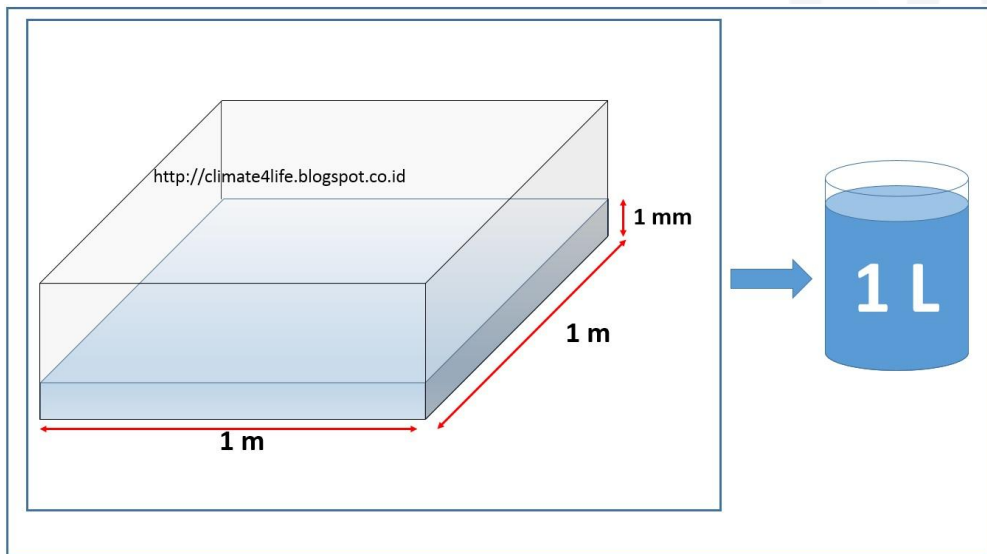




## Csapadék

A csapadék mélységként történő mérése nemzetközi szabvány, főként azért, mert a mélység térfogattá alakítása nagyon egyszerű.

Az átváltási tényező: 1 mm csapadék = 1 liter víz / m<sup>2</sup>



1 mm -> 1 mm/nap

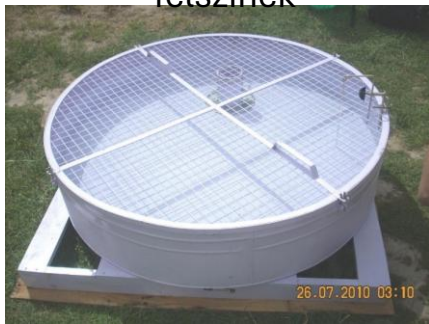
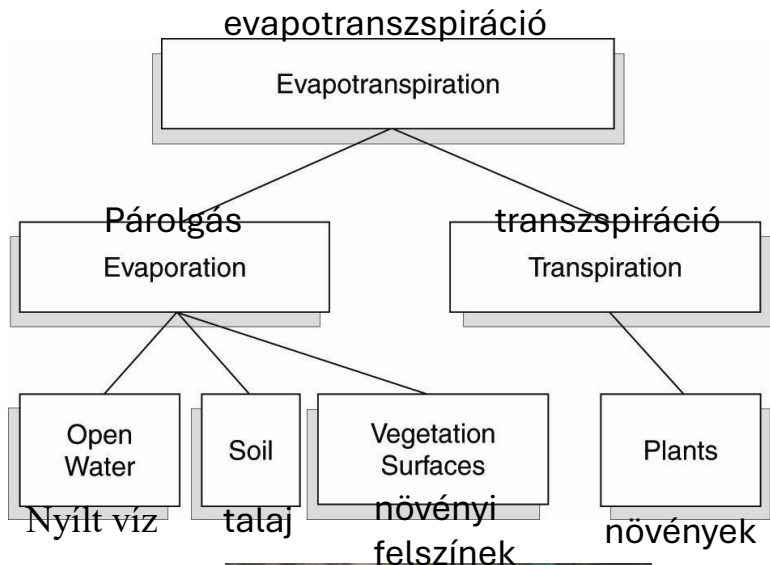
$$i = \frac{\Delta P}{\Delta t} \left[ \frac{mm}{óra} \right]$$

$$i = \frac{5 \text{ mm}}{1 \text{ nap}} = 0.208 \frac{mm}{óra}$$





## Párolgás, transzspiráció és evapotranszspiráció



Precipitation  
Csapadék

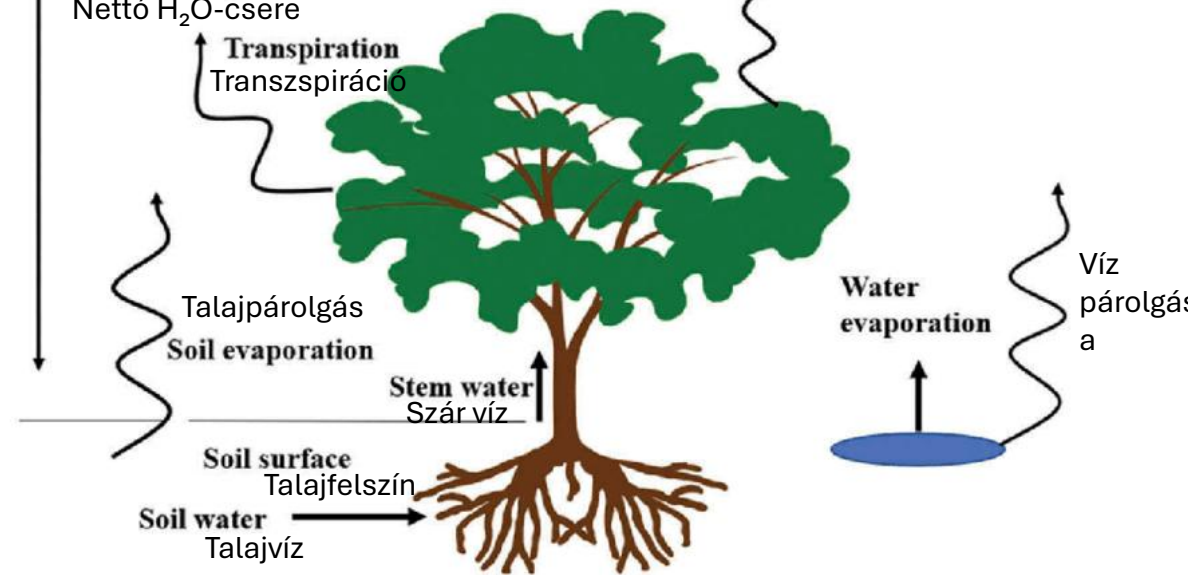
Atmospheric vapor

Légköri vízgőz

Net H<sub>2</sub>O exchange  
Nettó H<sub>2</sub>O-csere

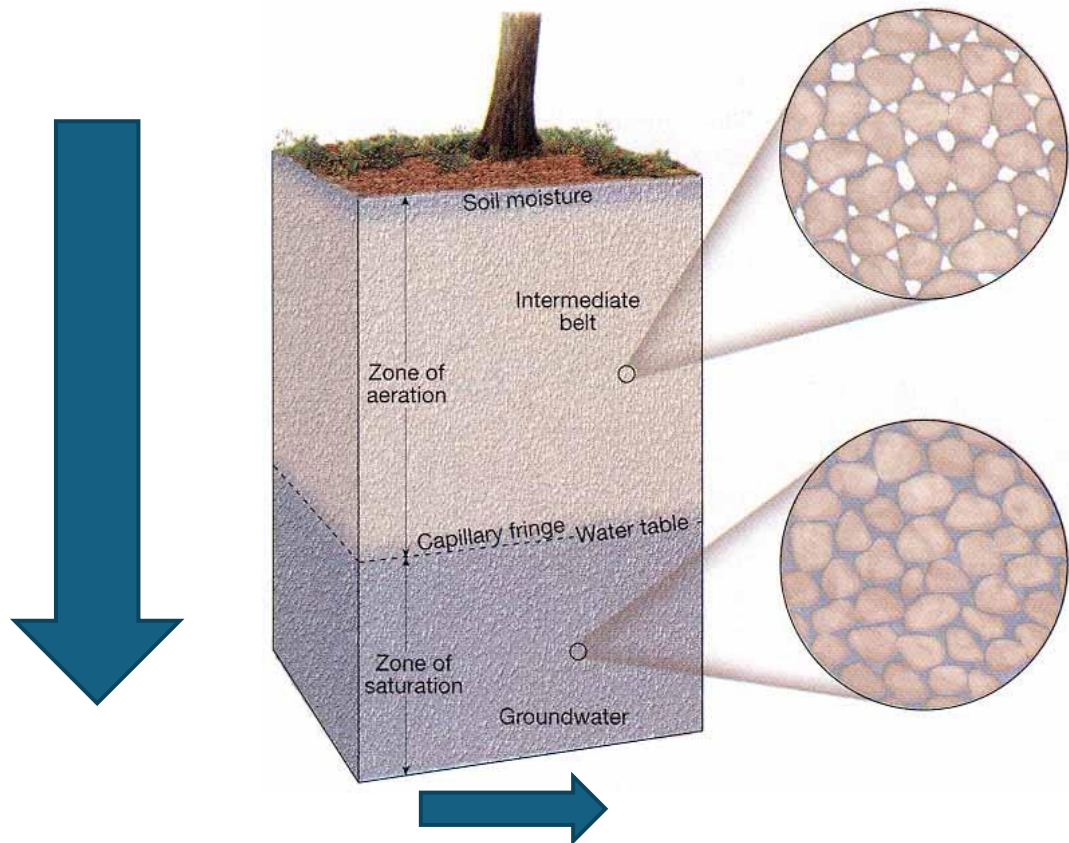
Transpiration  
Transzspiráció

Wet leaf evaporation  
Nedves levél párolgása





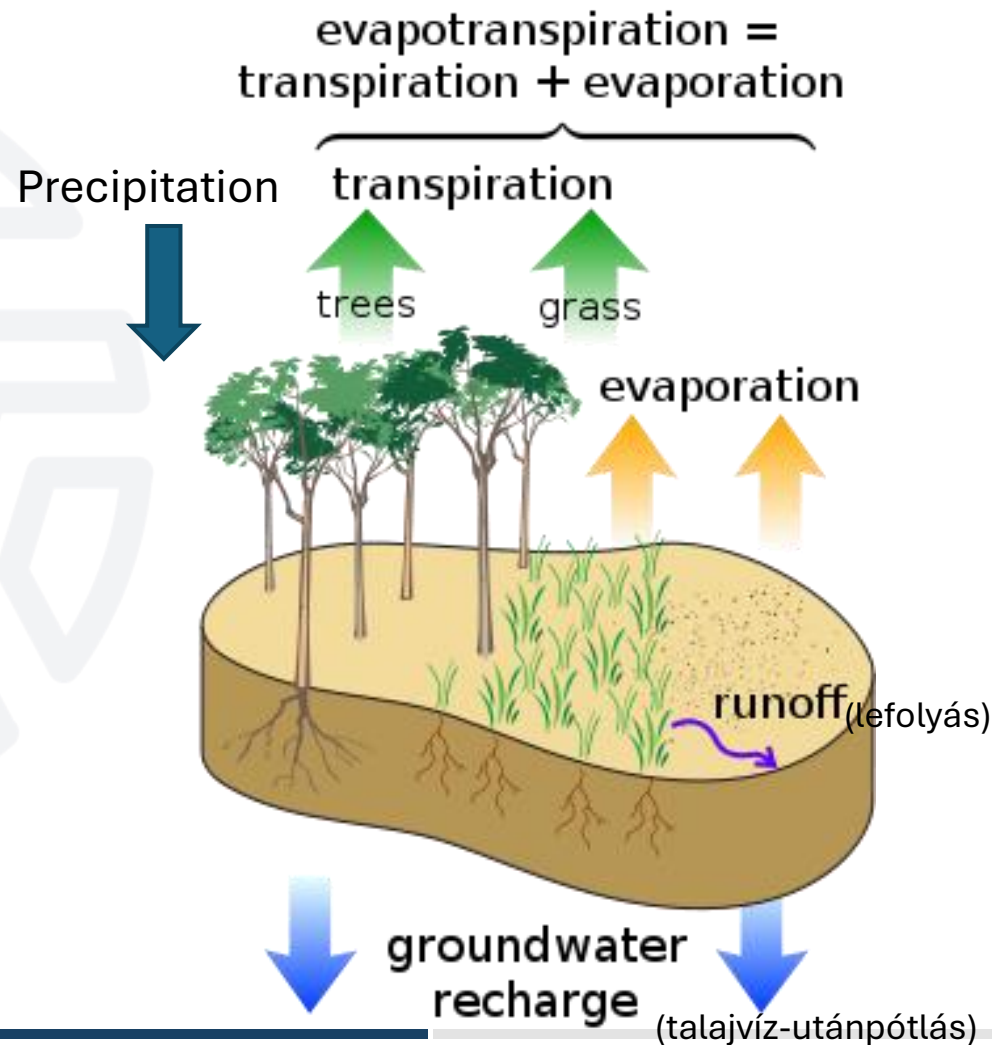
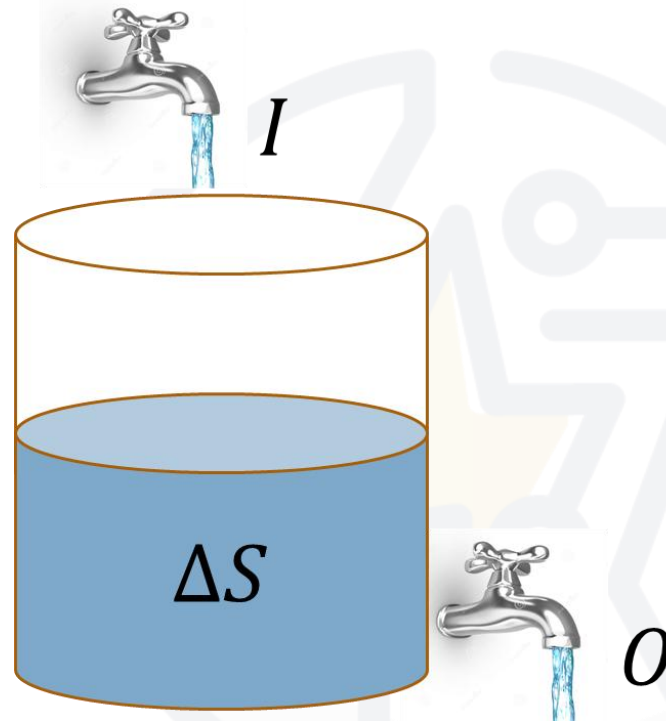
## Beszivárgás (Infiltration)





## Vízmérleg (Water Balance)

$$I - O = \Delta S$$



A Reynolds-féle transzporttételek (tömegmegmaradás törvénye, lineáris impulzusmegmaradás törvénye, energia-megmaradás törvénye) alapján

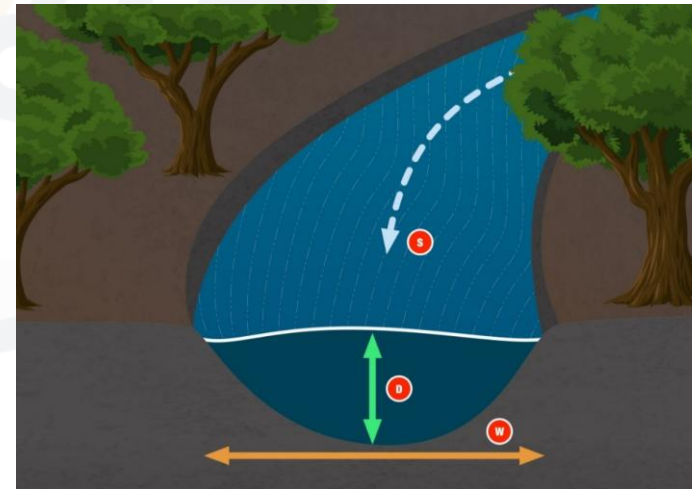
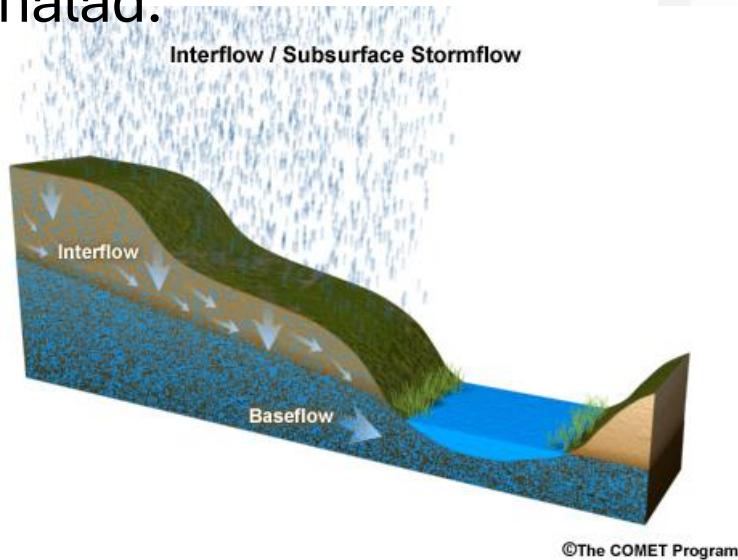


## Vízhozam (Streamflow)

A vízhozam, lefolyás, vagy hozam az a csapadékból, hóolvadásból vagy öntözővízből származó vízmennyiség, amely a talajfelszínen a vízfolyás medre felé halad.

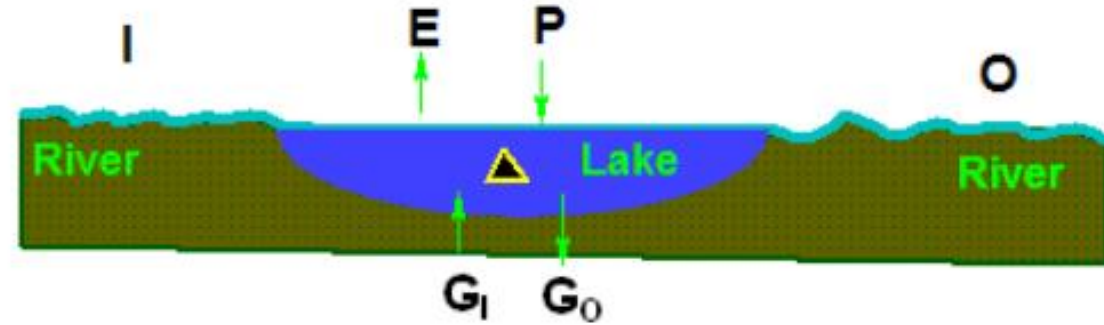
$$Q = A \bar{u}$$

- **Q** a vízhozam (discharge) - ( $[L^3T^{-1}]$ ;  $m^3/s$  vagy  $ft^3/s$ )
- **A** a meder azon keresztmetszeti területe, amelyet a vízáramlás kitölt - ( $[L^2]$ ;  $m^2$  vagy  $ft^2$ )
- **u** az átlagos áramlási sebesség (mean flow velocity) – ( $[LT^{-1}]$ ;  $m/s$  vagy  $ft/s$ )





## Vízmérleg (Water Balance)



Nettó tározásváltozás

$$\Delta \text{net change in storage} = I + P + G_1 - E + G_0 + O$$

I: stream inflow to lake / folyó befolyása a tóba  
 P: precipitation / csapadék  
 G<sub>1</sub>: groundwater inflow / talajvíz-beáramlás  
 E: evaporation / párolgás  
 G<sub>0</sub>: groundwater outflow / talajvíz-kiáramlás  
 O: stream water / folyóvíz



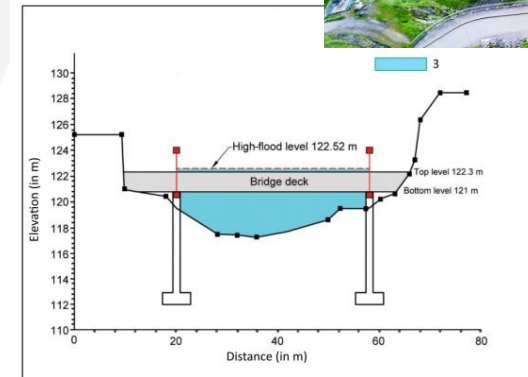
## Miért modellezünk?

A modellek használata lehetővé teszi, hogy az érintettek és a döntéshozók korlátozott mérések alapján is döntéseket hozzanak, valamint térben és időben minőségi előrejelzéseket készítsenek a hidrológiai folyamatokra vonatkozóan.

A modellezés alapvető és kvantitatív módszer az összetett rendszerek és jelenségek megértésére és elemzésére.

A modellezés kiegészíti az elméletet és a kísérleteket.

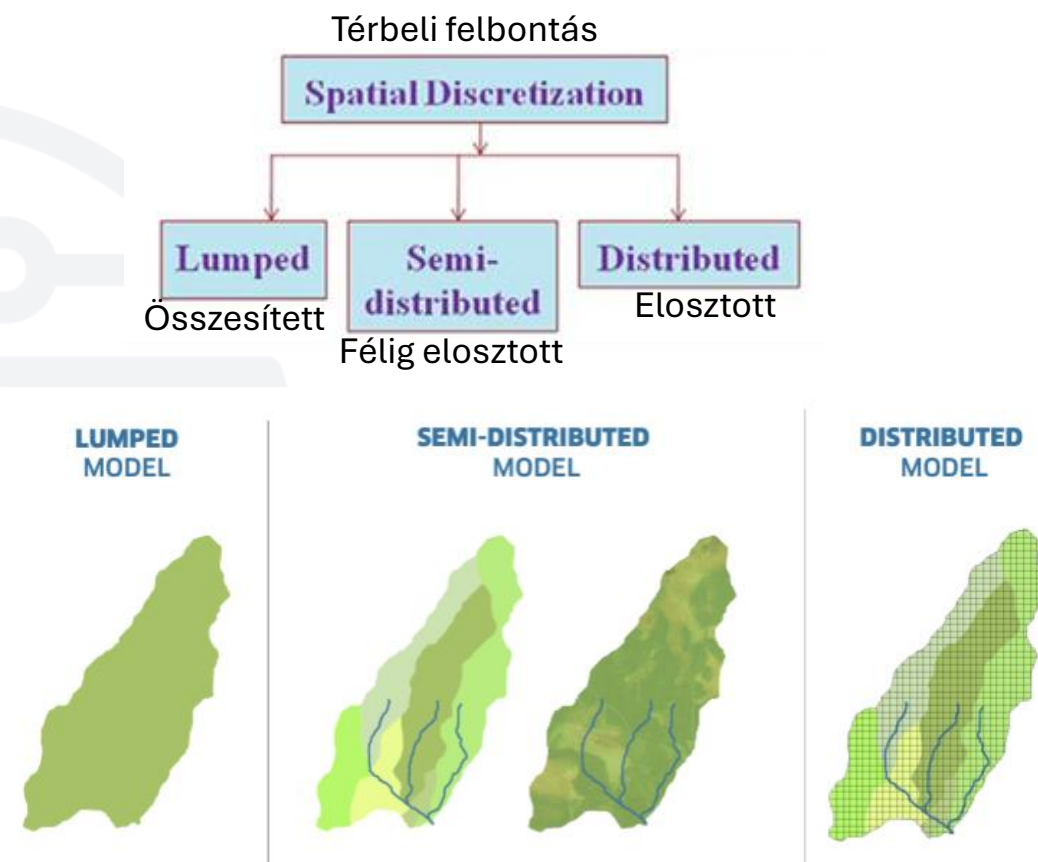
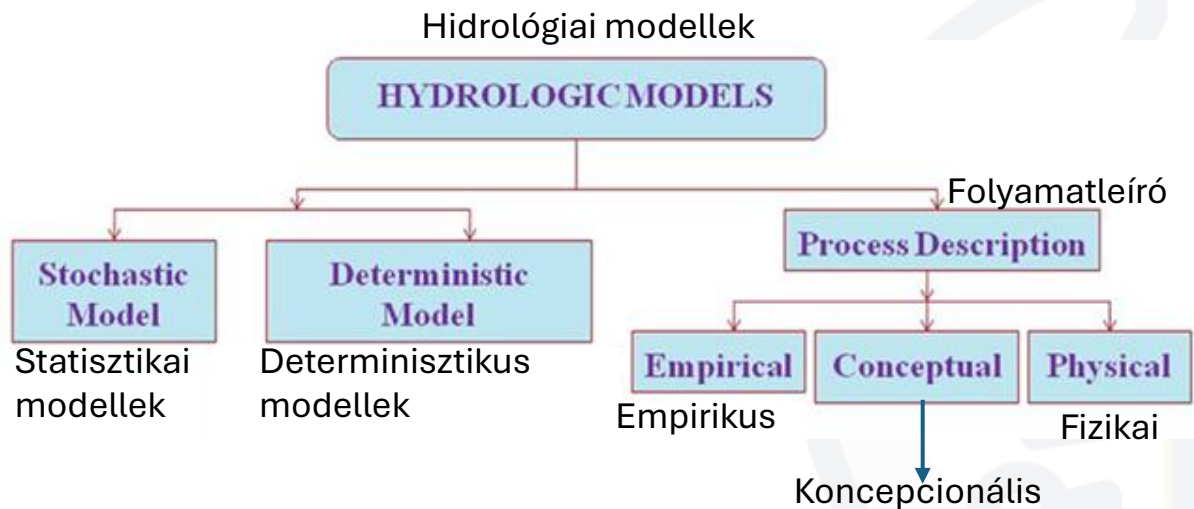
Például: az emberi fogyasztásra rendelkezésre álló vízmennyiség értékelése, árvizek, aszályok, öntözés, vízszennyezés, és mások.



<https://www.hydrotech-group.com/blog/the-10-most-beautiful-water-dams-from-around-the-world>



## Modellek típusai



Ochoa-Tocachi, Cuadros-Adriazola, Arapa, Aste, Ochoa-Tocachi, & Bonnesoeur. (2022). *Guide to Hydrologic Modeling*. Forest Trends Association. [chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf](https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf)



## A GR4J hidrológiai modell (The GR4J Hydrological Model)

Si  $P_k \geq E$ , alors  $P_n = P_k - E$  et  $E_n = 0$ ,  
Si  $P_k < E$ , alors  $P_n = 0$  et  $E_n = E - P_k$

$$Ps = \frac{X1 \cdot (1 - (\frac{S_k}{X1})^2) \cdot \tanh(\frac{Pn}{X1})}{1 + \frac{S_k}{X1} \cdot \tanh(\frac{Pn}{X1})} \text{ et } Es = \frac{S_k \cdot (2 - \frac{S_k}{X1}) \cdot \tanh(\frac{Pn}{X1})}{1 + (1 - \frac{S_k}{X1}) \cdot \tanh(\frac{Pn}{X1})}$$

$$S' = S_k + Ps - Es,$$

$$Perc = S' \cdot \left\{ 1 - \left[ 1 + \left( \frac{4}{9} \cdot \frac{S'}{X1} \right)^4 \right]^{-1} \right\}, S_{k+1} = S' - Perc$$

$$Perc + (Pn - Ps)$$

$$\text{Si } 0 \leq j \leq X4, SH1(j) = \left( \frac{j}{X4} \right)^{\frac{1}{2}}; \text{ Si } j > X4, SH1(j) = 1$$

$$\text{Si } 0 \leq j \leq X4, SH2(j) = \frac{1}{2} \left( \frac{j}{X4} \right)^{\frac{1}{2}};$$

$$\text{Si } X4 \leq j \leq 2X4, SH2(j) = 1 - \frac{1}{2} \left( 2 - \frac{j}{X4} \right)^{\frac{1}{2}};$$

$$\text{Si } j > 2X4, SH2(j) = 1$$

$$UH1(j) = SH1(j) - SH1(j-1)$$

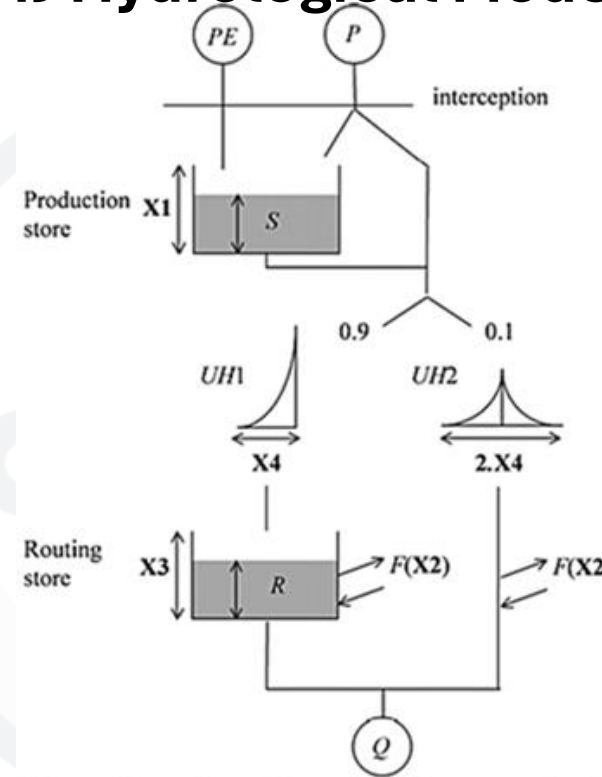
$$UH2(j) = SH2(j) - SH2(j-1)$$

$$Q9(k) = 0.9 \cdot \sum_{j=1}^k UH1(j) \cdot Pr(k-j+1),$$

$$Q1(k) = 0.1 \cdot \sum_{j=1}^m UH2(j) \cdot Pr(k-j+1)$$

$$F = X2 \cdot \left( \frac{R_k}{X3} \right)^{\frac{2}{3}}; R' = \max(0; R_k + Q9(k) + F)$$

$$(DP) \begin{cases} Qr = R' \cdot \left\{ 1 - \left[ 1 + \left( \frac{R'}{X3} \right)^4 \right]^{-1} \right\}; R_{k+1} = R' - Qr \\ Qd = \max(0; Q1(k) + F); \\ Q(k) = Qr + Qd \end{cases}$$



- X1 Capacity of the production store (mm)
- X2 Water exchange coefficient (mm)
- X3 Capacity of the nonlinear routing store (mm)
- X4 Unit hydrograph time base (day)

$x_1$ : a termelési tározó kapacitása– mm  
 $x_2$ : vízcseré együttható– mm  
 $x_3$ : a nemlineáris lefolyási tározó kapacitása – mm  
 $x_4$ : az egységárhullám időalapja – nap

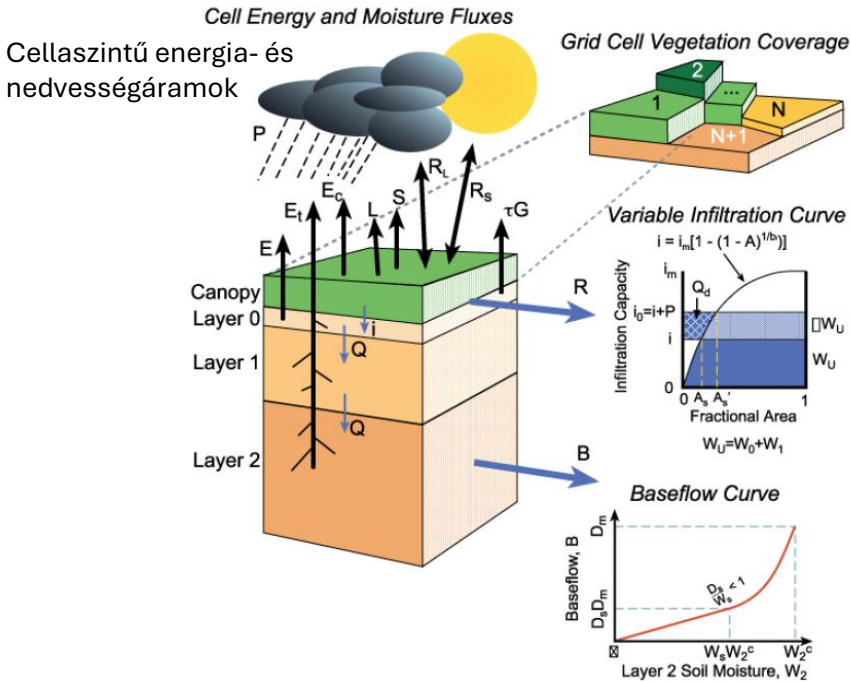
Perrin, C., Michel, C., & Andréassian, V. (2003). Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *Journal of Hydrology*, 279(1–4), 275–289. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00225-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00225-7)



## VIC-WUR

[https://vicwur.readthedocs.io/en/latest/index\\_vicwur/](https://vicwur.readthedocs.io/en/latest/index_vicwur/)

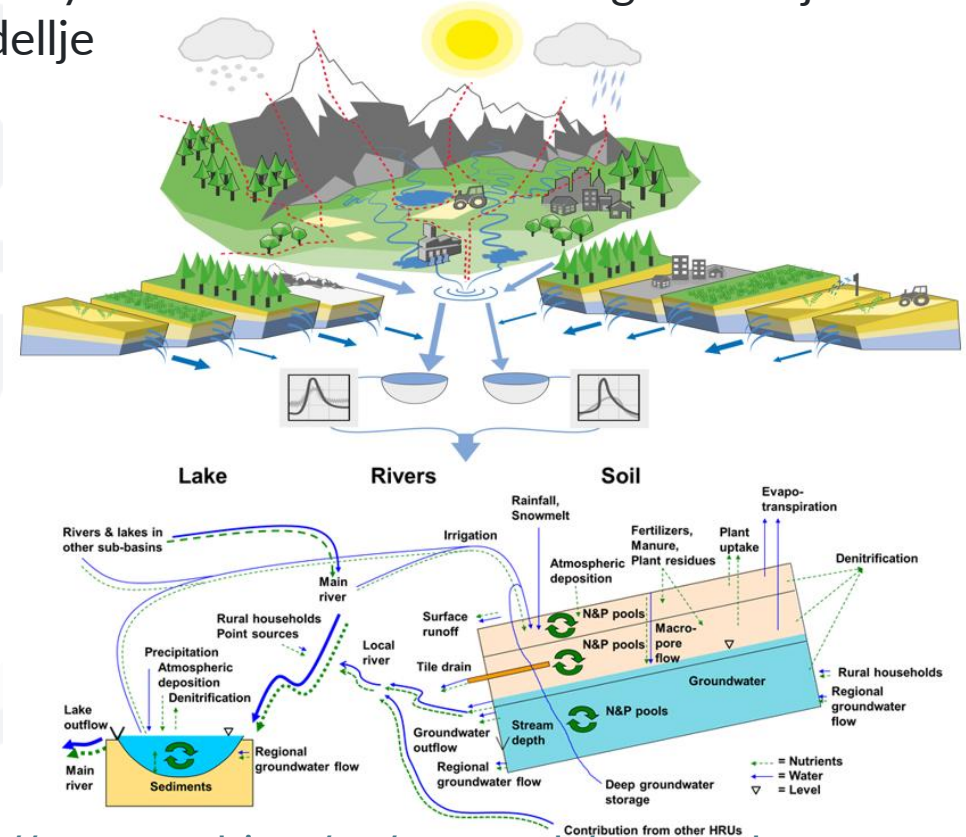
**Variable Infiltration Capacity (VIC) Változó beszivárgási kapacitás modell**  
**Macroscale Hydrologic Model Makroskálájú hidrológiai modell**



<https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/environmental-sciences/earth-systems-and-global-change-group/research/water-climate-food/vic-wur.htm>

## HYPE

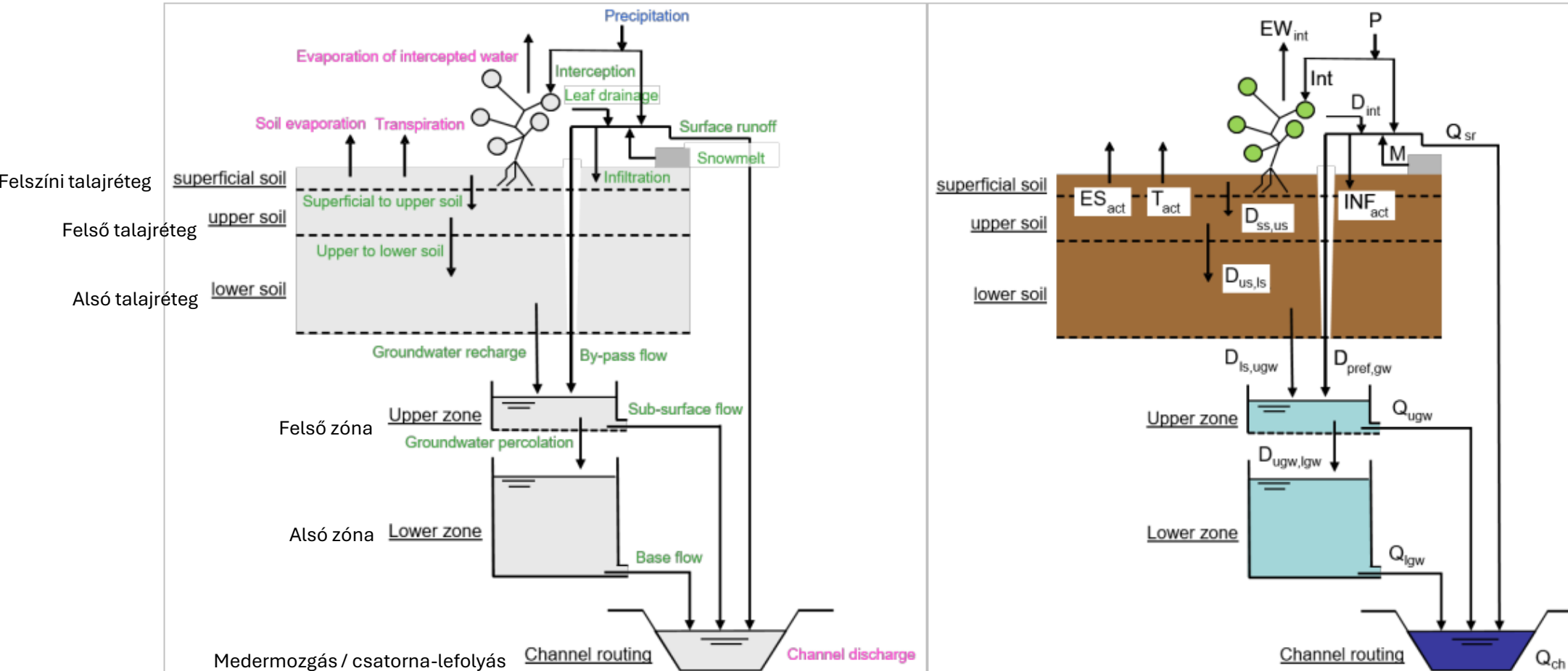
(Hydrological Predictions for the Environment)  
= Környezetre vonatkozó hidrológiai előrejelzések modellje



<https://www.smhi.se/en/research/research-units/hydrology/hype---our-hydrological-model>



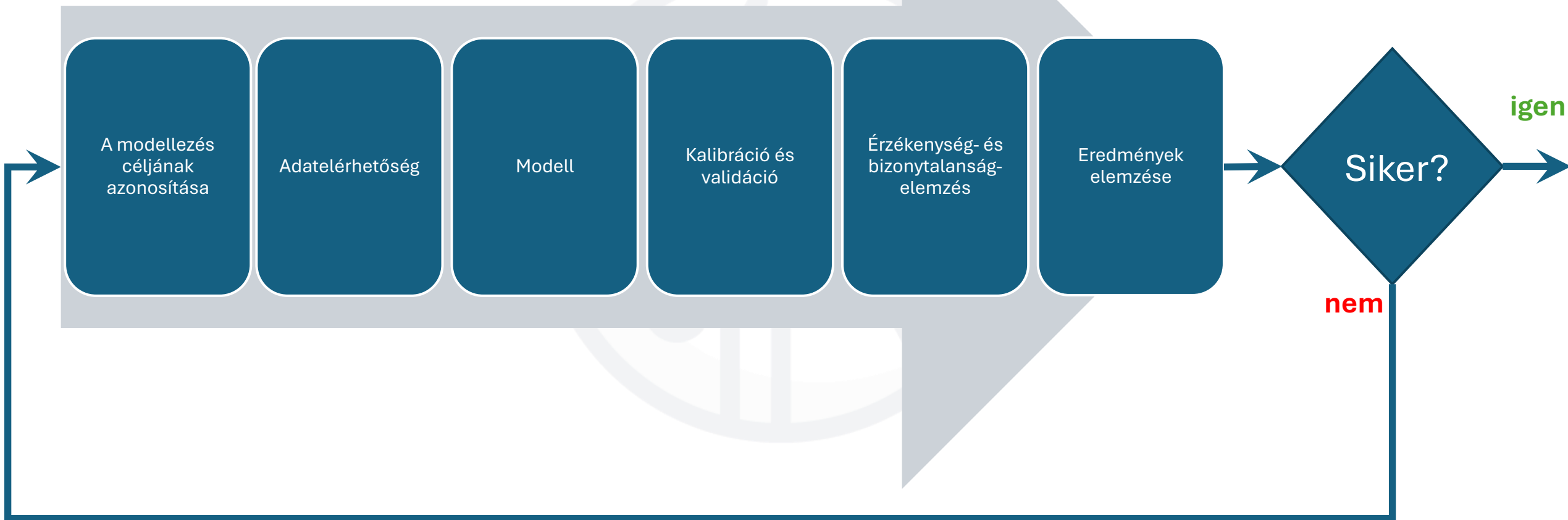
## LISFLOOD



[https://ec-jrc.github.io/lisflood-model/2\\_01\\_stdLISFLOOD\\_overview/](https://ec-jrc.github.io/lisflood-model/2_01_stdLISFLOOD_overview/)

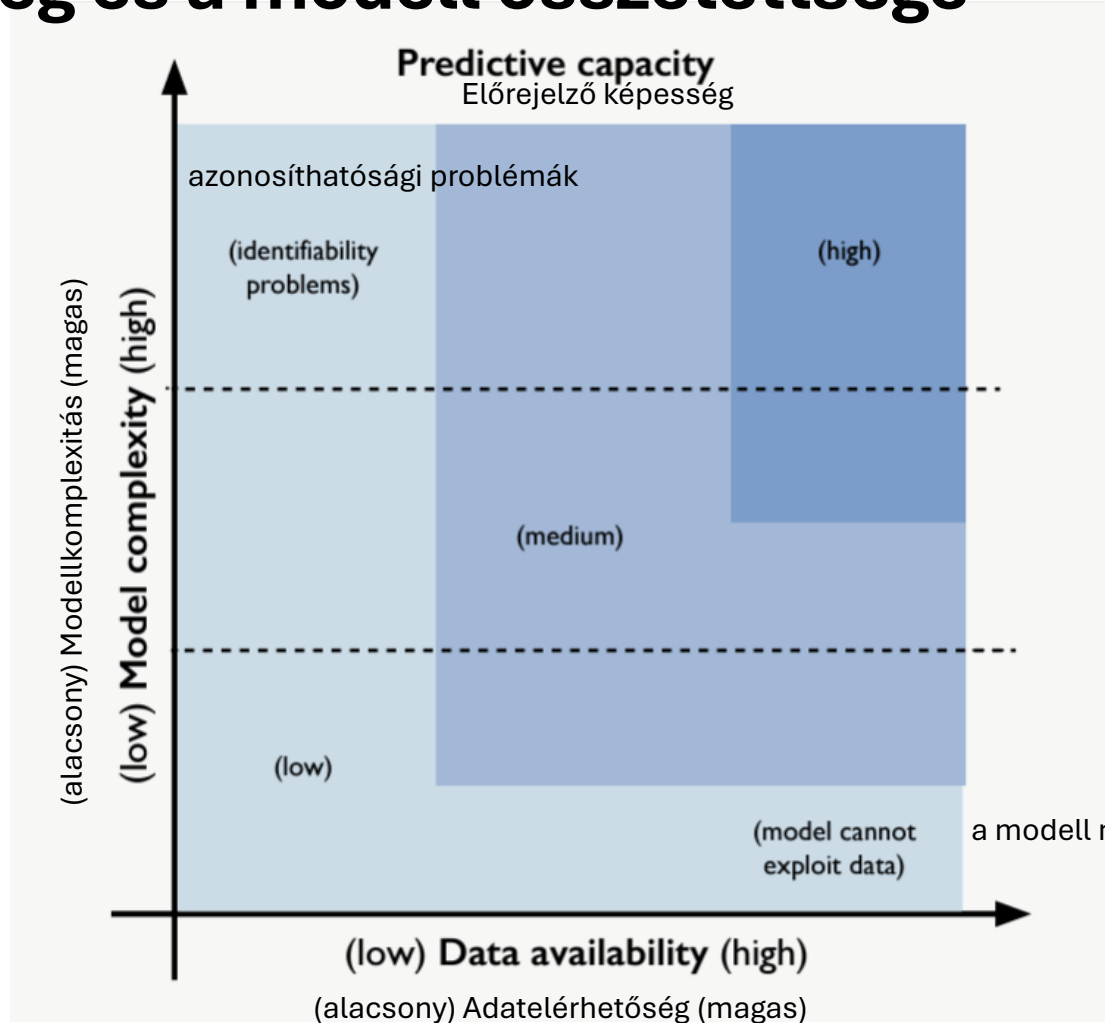


## Protokoll





## Adatelérhetőség és a modell összetettsége



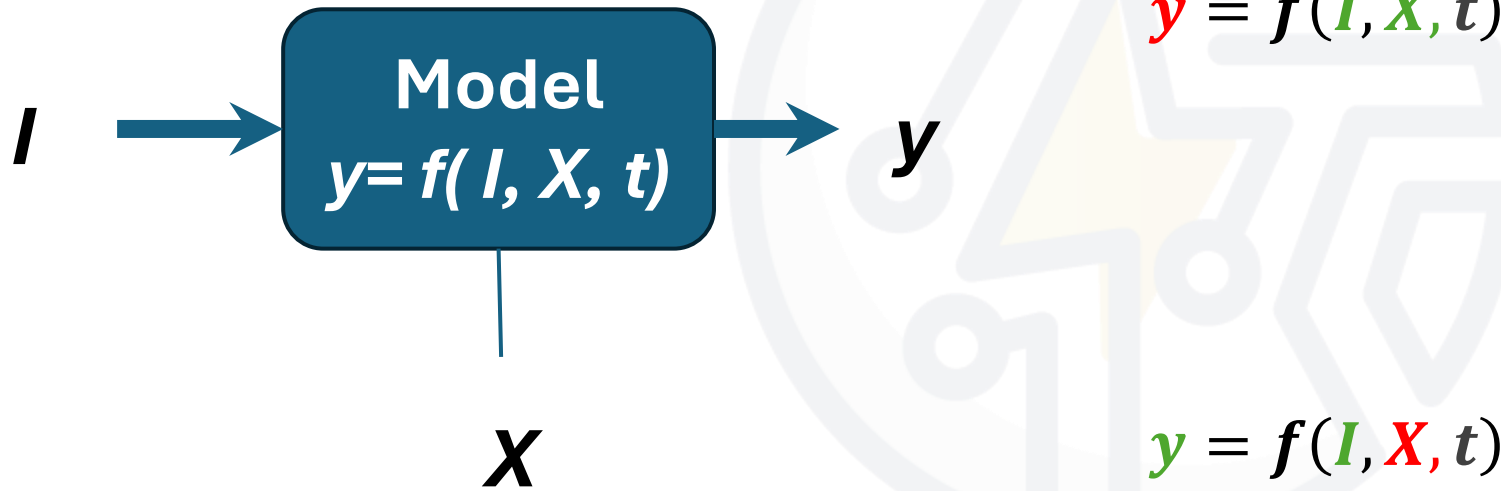
a modell nem tudja kihasználni az adatokat

Ochoa-Tocachi, Cuadros-Adriazola, Arapa, Aste, Ochoa-Tocachi, & Bonnesoeur. (2022). *Guide to Hydrologic Modeling*. Forest Trends Association. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf](https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf)





## Az inverz probléma



Ha ismerjük X-et és a bemeneteket, akkor az outputokat (kimeneteket) szeretnénk meghatározni.

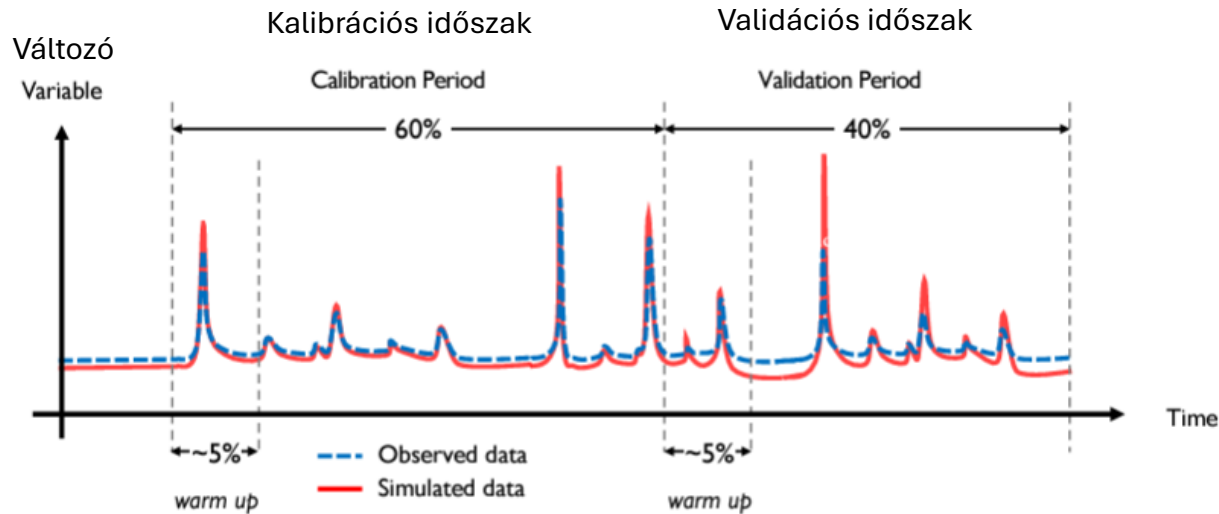
$$y = x_1 I + x_2$$

Ha ismerjük a bemeneteket (I) és a kimeneteket (y), akkor a paraméterekre vagyunk kíváncsiak.

$$y = x_1 I + x_2$$



# Kalibráció, validáció és teljesítményértékelés



Ochoa-Tocachi, Cuadros-Adriazola, Arapa, Aste, Ochoa-Tocachi, & Bonnesoeur. (2022). *Guide to Hydrologic Modeling*. Forest Trends Association. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf](https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf)

Performance metric	Expression
Mean Absolute Error (MAE)	$F_1 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N  y_{s,t} - y_{o,t} $
Mean Square Error (MSE)	$F_2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N  y_{s,t} - y_{o,t} ^2$
Root Mean Square Error (RMSE)	$F_3 = \left[ \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N  y_{s,t} - y_{o,t} ^2 \right]^{1/2}$
Minimax objective function	$F_4 = \frac{1}{N} \max  y_{s,t} - y_{o,t} $
Average Absolute Percentage Error (AAPE)	$F_5 = 100 \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left  \frac{y_{s,t} - y_{o,t}}{y_{o,t}} \right $
Mean Square Relative Error (MSRE)	$F_6 = 100 \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left  \frac{y_{s,t} - y_{o,t}}{y_{o,t}} \right ^2$
Coefficient of determination ( $R^2$ )	$F_7 = \left\{ \frac{\sum_{t=1}^N (y_{o,t} - \bar{y}_o)(y_{s,t} - \bar{y}_s)}{\left[ \sum_{t=1}^N (y_{o,t} - \bar{y}_o)^2 \right]^{0.5} \left[ \sum_{t=1}^N (y_{s,t} - \bar{y}_s)^2 \right]^{0.5}} \right\}^2$
Index of agreement ( $D$ )	$F_8 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (y_{s,t} - y_{o,t})^2}{\sum_{t=1}^N ( y_{s,t} - \bar{y}_o  +  y_{o,t} - \bar{y}_o )^2}$
Nash–Sutcliffe Efficiency coefficient (NSE)	$F_9 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (y_{s,t} - y_{o,t})^2}{\sum_{t=1}^N (y_{o,t} - \bar{y}_o)^2}$

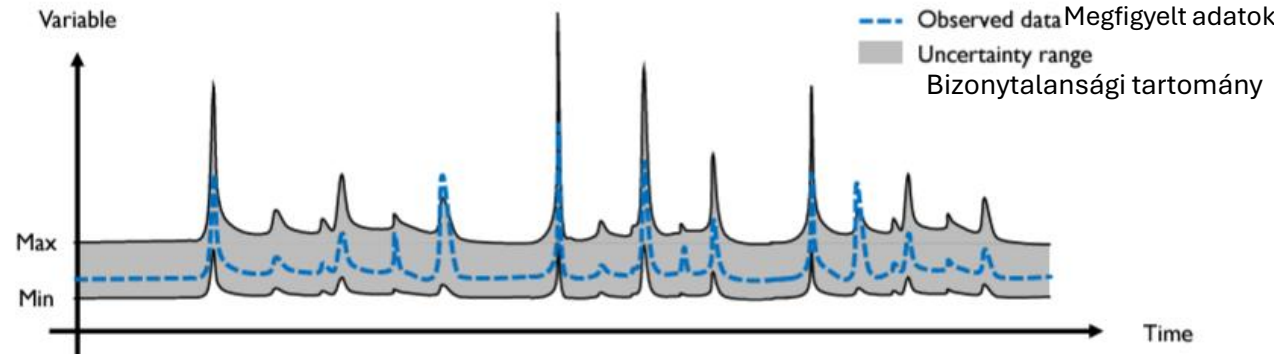
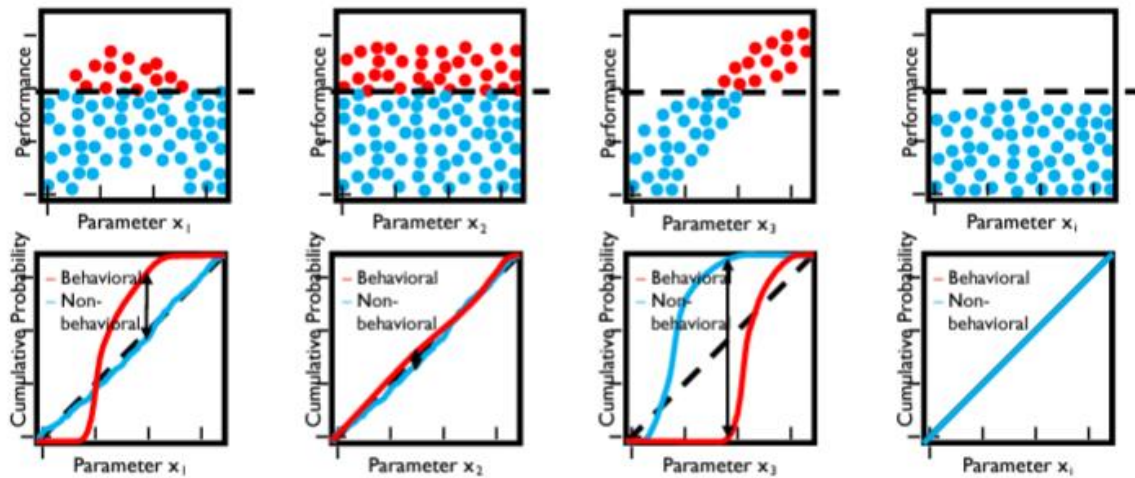
Biondi, D., Freni, G., Iacobellis, V., Mascaro, G., & Montanari, A. (2012). Validation of hydrological models: Conceptual basis, methodological approaches and a proposal for a code of practice. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 42–44, 70–76.

<https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.037>

Modified Kling–Gupta efficiency  $KGE' = 1 - \sqrt{(\gamma - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (r - 1)^2}$



## Érzékenység- és bizonytalanság-elemzés



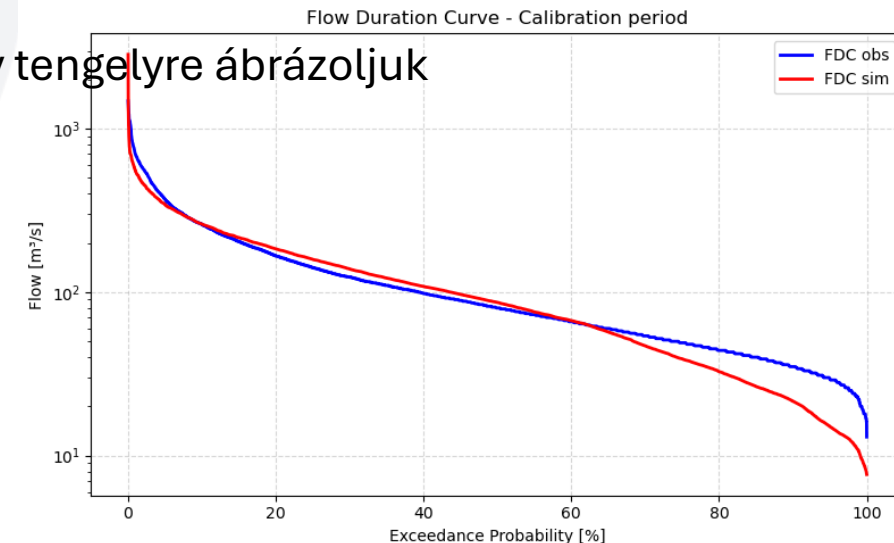
Ochoa-Tocachi, Cuadros-Adriazola, Arapa, Aste, Ochoa-Tocachi, & Bonnesoeur. (2022). *Guide to Hydrologic Modeling*. Forest Trends Association. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefndmkaj/https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf](https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf)



## Hozam-időtartam görbék

Egy kumulatív gyakorisági görbe, amely megmutatja, hogy az adott vízhozam az idő hány százalékában egyenlő vagy nagyobb az adott értéknél.

- A vízhozamokat időrendben rendezzük
- Meghatározzuk a rekordok számát (N)
- Az adatokat csökkenő sorrendbe rendezzük
- Az adatokat rangsoroljuk (m = 1 a legnagyobb értékre, m = N a legkisebbre)
- Kiszámítjuk az előfordulási valószínűséget a képlettel
- A p értéket az x tengelyre, a rendezett vízhozamokat (Q) pedig az y tengelyre ábrázoljuk





## Valószínűségi sűrűségfüggvény illesztése: Gumbel (PDF fitting: Gumbel)

- **Extreme Value Distribution:** Extreme value distributions are widely used in hydrology. Storm rainfalls are most commonly modeled by the **Extreme Value Type I distribution**. Below is the “cumulative” probability distribution version of the function.

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-u}{\alpha}}} \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}s_x}{\pi}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

$$\text{Let } y = \frac{x-u}{\alpha}$$

Szélőérték-eloszlás (Extreme Value Distribution):

A szélőérték-eloszlásokat a hidrológiában széles körben alkalmazzák.

A viharos csapadékeseményeket leggyakrabban az I. típusú szélőérték-eloszlással (Extreme Value Type I) modellezik.

- Correlating “y” with Return Period (T), the Extreme Value Distribution can be simplified to:

$$x_T = u + \alpha y_T$$

$$y_T = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

$$(x-u) / \alpha = -\ln (-\ln (F(x)))$$

$$x = -\ln (-\ln (F(x))) \cdot \alpha + u$$

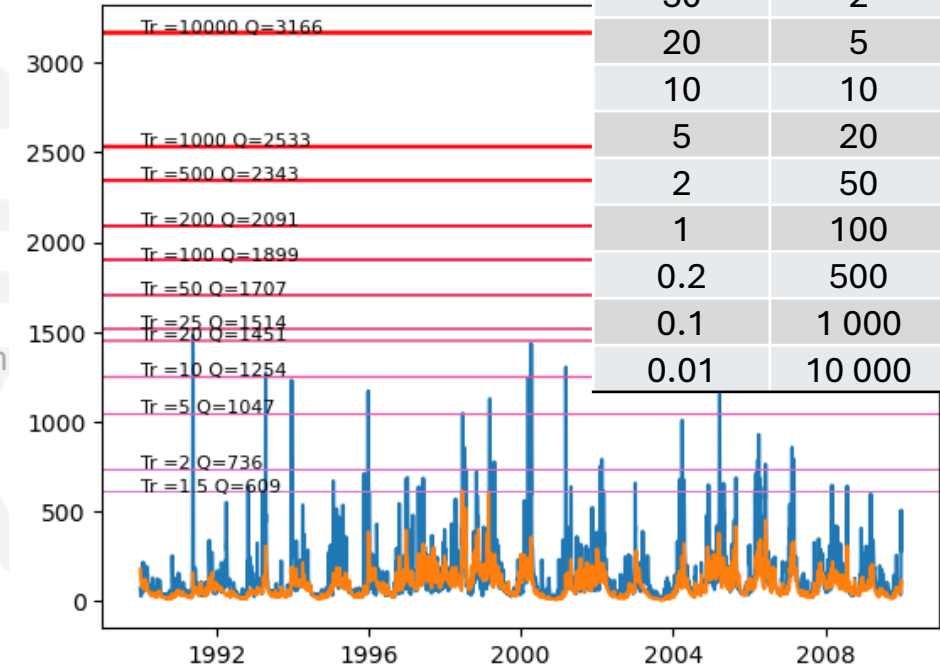
$$\mu_y = 0,5772; \sigma_y = 1,2825$$

$$\alpha = s_x / \sigma_y$$

$$u = \bar{x} - \mu_y \cdot \alpha$$

$$Pr = 1/Tr$$

Pr	Tr
[%]	[Years]
66.67	1.5
50	2
20	5
10	10
5	20
2	50
1	100
0.2	500
0.1	1 000
0.01	10 000





## Ensemble előrejelzés



### Ensembles

Kezdeti feltételek bizonytalansága

Initial condition uncertainty

Analysis Elemzés

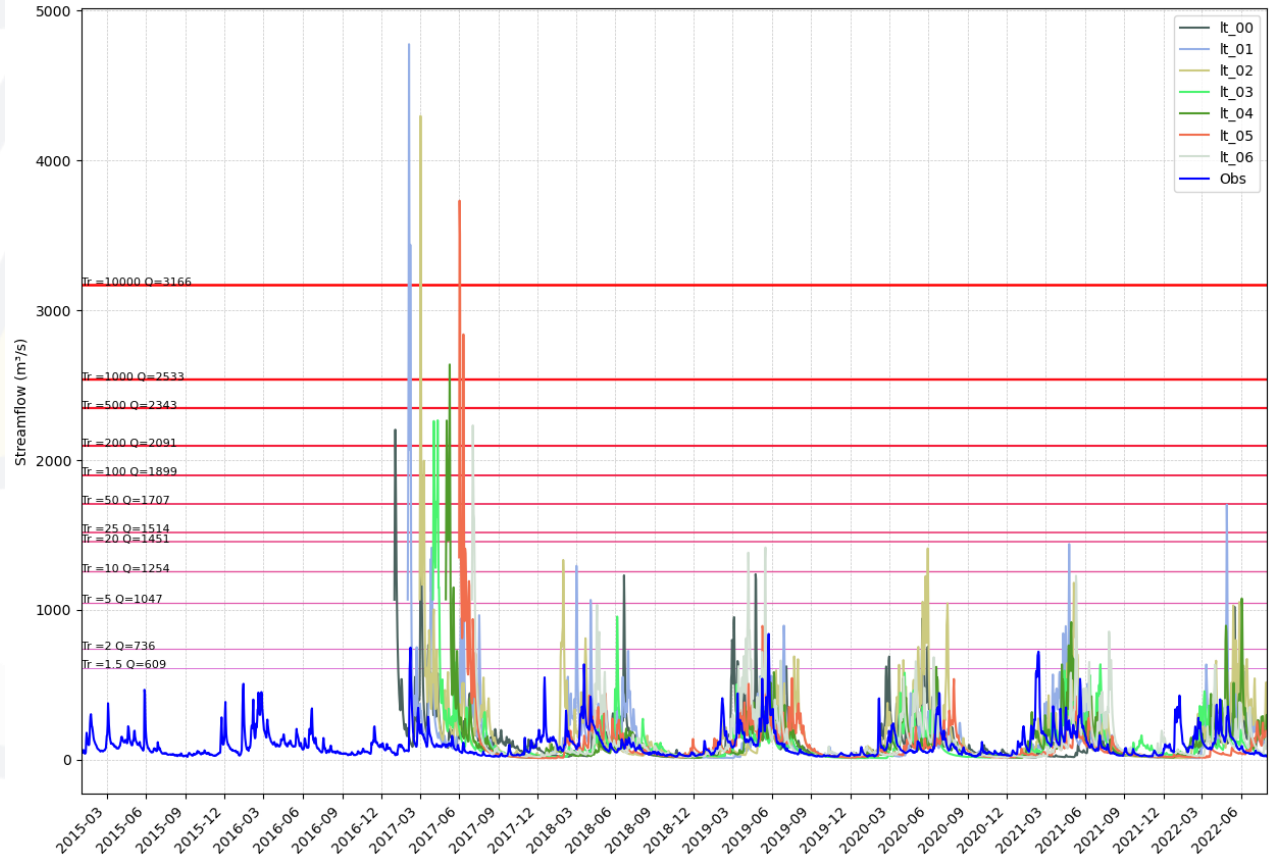
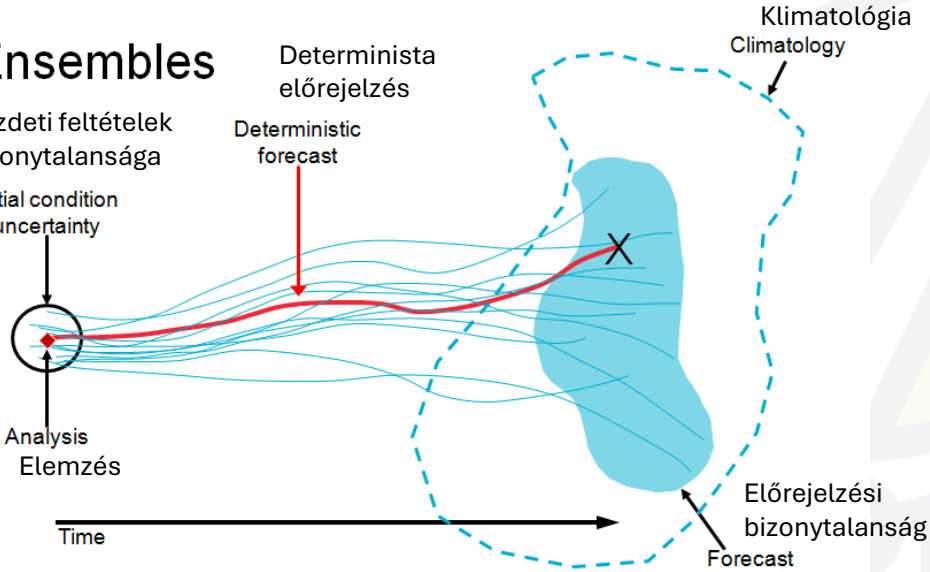
Time

Determinista előrejelzés

Deterministic forecast

Klimatológia Climatology

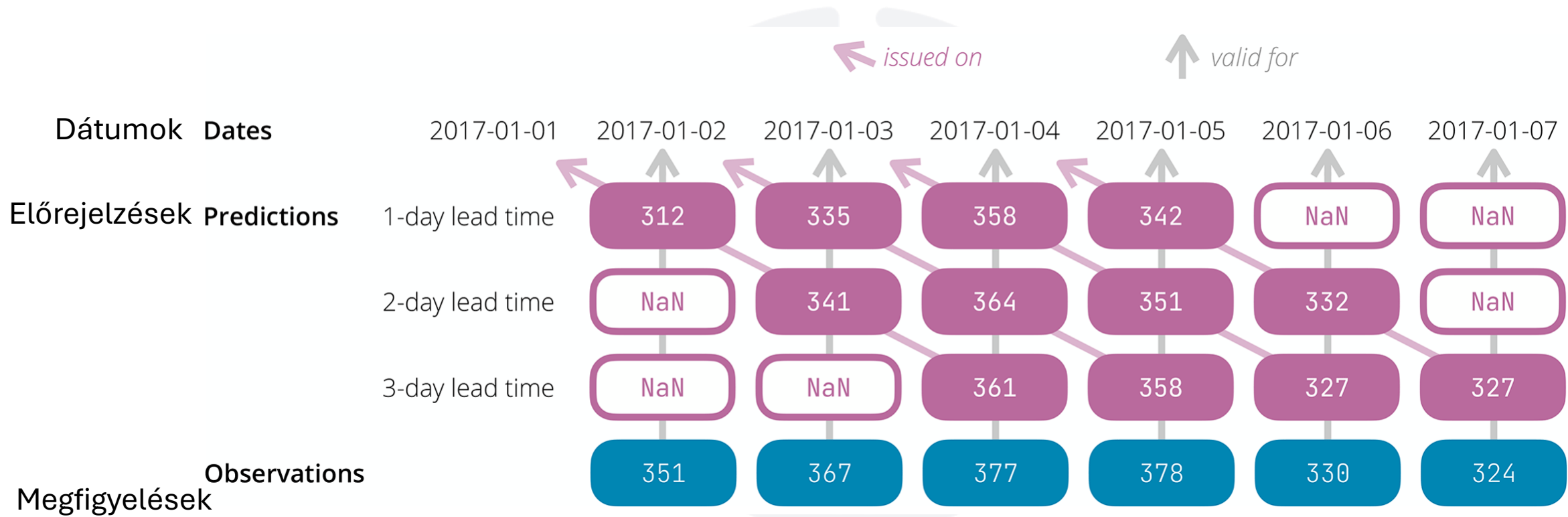
Előrejelzési bizonytalanság Forecast uncertainty



<https://www.rmets.org/metmatters/ensemble-how-forecast-comes-together>



## Az előrejelzési időhorizont megértése



Hallouin, T., Bourgin, F., Perrin, C., Ramos, M.-H., & Andréassian, V. (2024). EvalHyd v0.1.2: A polyglot tool for the evaluation of deterministic and probabilistic streamflow predictions. *Geoscientific Model Development*, 17(11), 4561–4578. <https://doi.org/10.5194/gmd-17-4561-2024>

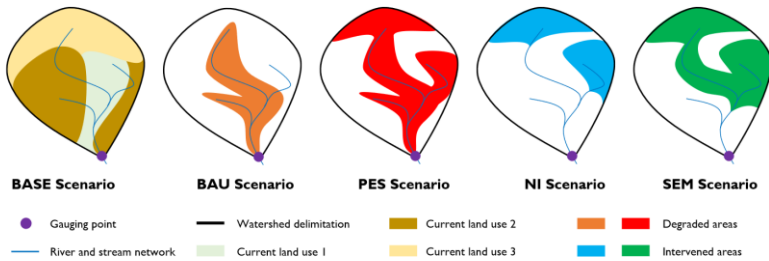
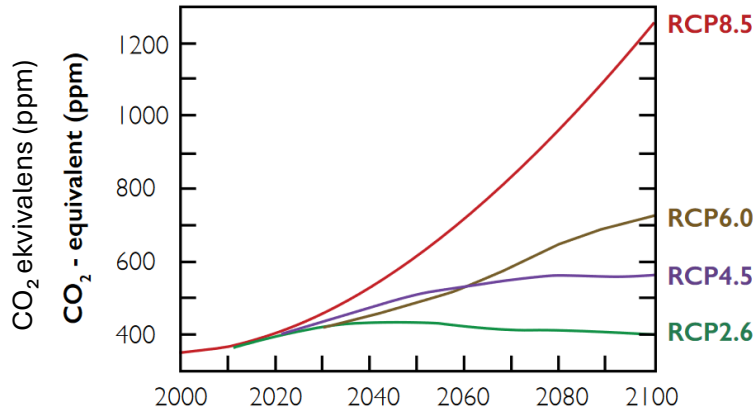


## Eredmények elemzése

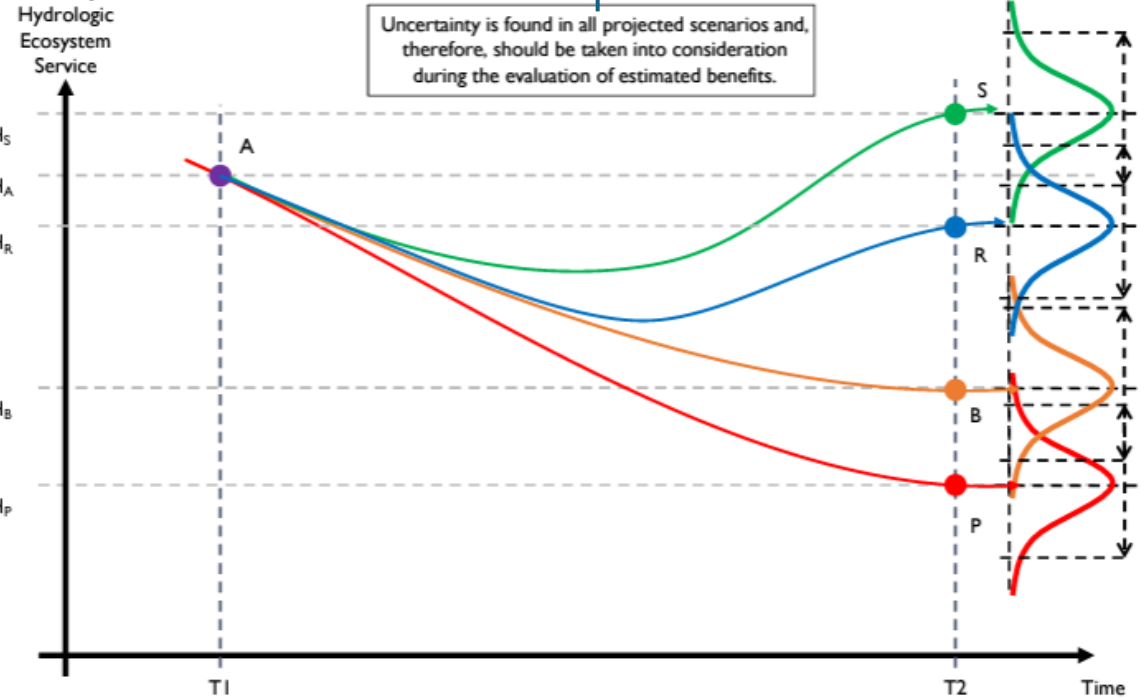
A bizonytalanság minden előrejelzési forgatókönyvben jelen van, ezért az értékelések során mindig figyelembe kell venni az előrejelzett hasznok becslésének bizonytalanságát.

Mi lenne, ha...

IPCC reprezentatív koncentrációs pályák  
IPCC Representative Concentration Pathways



Hidrológiai ökoszisztéma-szolgáltatások



Ochoa-Tocachi, Cuadros-Adriazola, Arapa, Aste, Ochoa-Tocachi, & Bonnesoeur. (2022). *Guide to Hydrologic Modeling*. Forest Trends Association. [chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf](https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf)



## Teljesítménymutatók az ensemble előrejelzésekhez

**Brier Score (BS) Brier-pontszám**

$$BS = \overline{(p - o)^2}$$

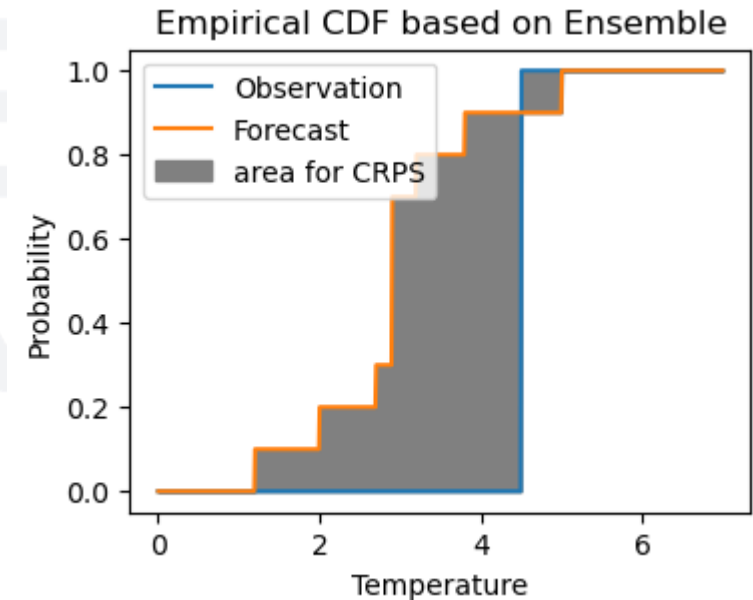
**Brier Skill Score (BSS)-Brier-képességpontszám**

**Rank Probability Scores (RPS)-Rangsorolt valószínűségi pontszám**

**Continuous Ranked Probability Scores (CRPS) –Folytonos rangsorolt valószínűségi pontszám**

**Continuous Ranked Probability Skill Score (CRPSS)-Folytonos rangsorolt valószínűségi képességpontszám**

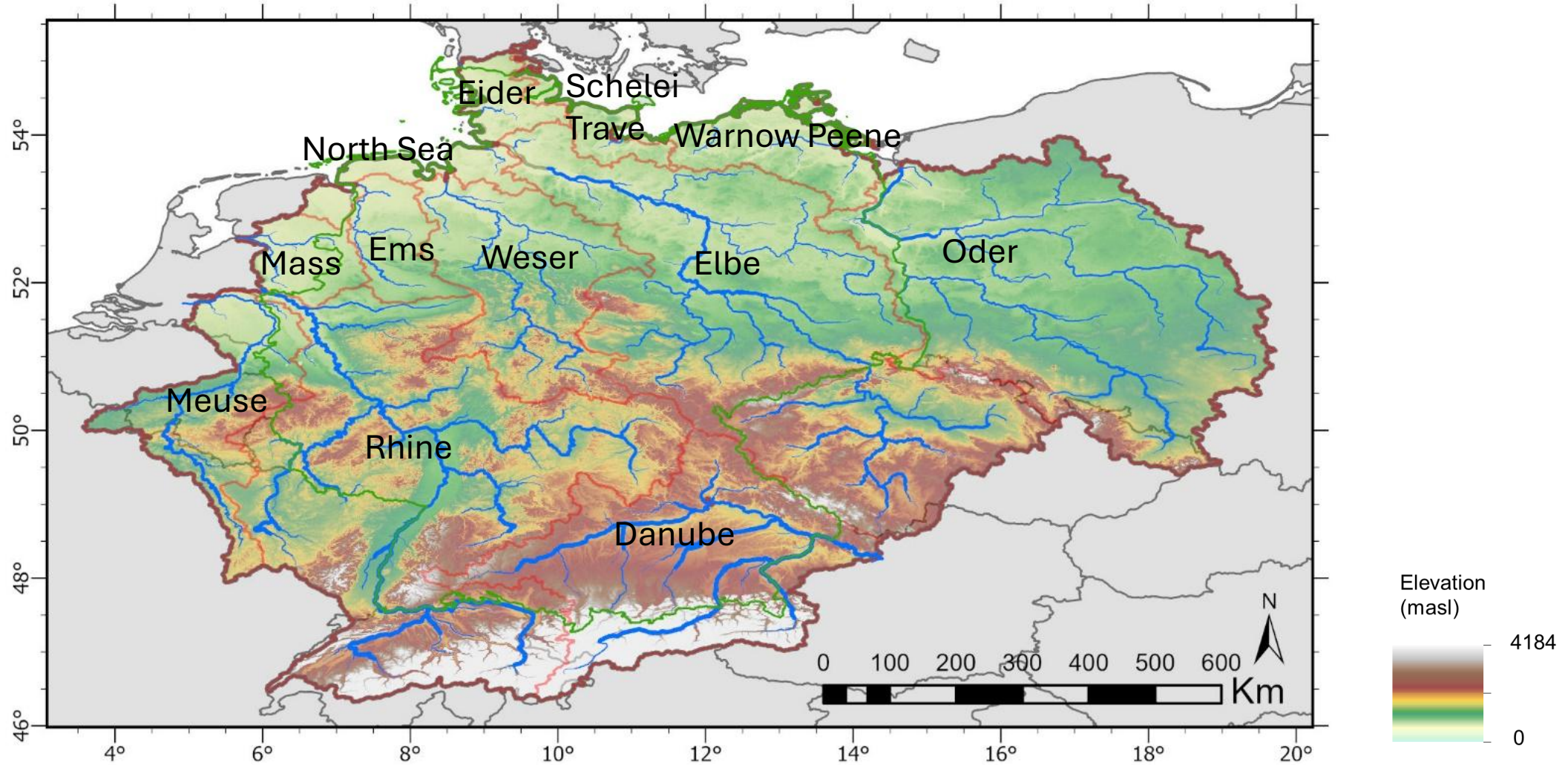
Empirikus eloszlásfüggvény (CDF) az ensemble alapján



<https://confluence.ecmwf.int/display/FUG/Section+12.B+Statistical+Concepts+-+Probabilistic+Data>

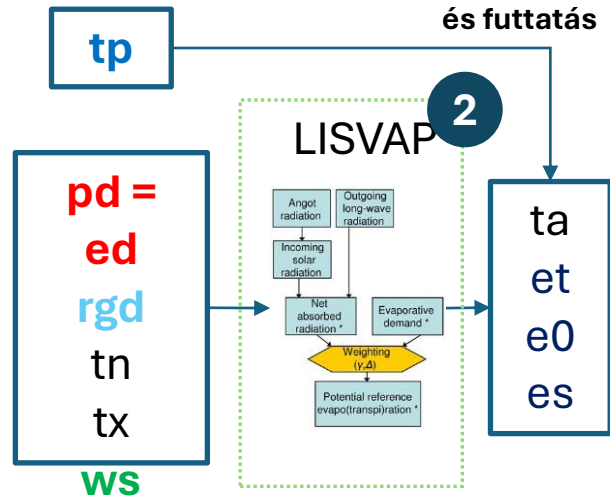


# 3. Példa – DAKI-FWS



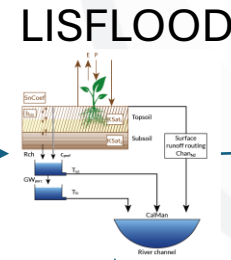
## Módszertan

1 **Bemenetek előkészítése: Meteorológiai kényszerek (meteorological forcings) pd, rgd, tn, tx, ws, ta**



1arcmin-daily  
1990 - 2021  
1 ívperc felbontású napi adatok

1 **Bemenetek előkészítése: Statikus térképek**



3 **Beállítás és futtatás**

**Bemenetek előkészítése: Hidrológiai megfigyelések**  
Vízhozam  
Állomásinformáció



Mért vízhozamértékek  
• [GRCD](http://grcd.org)  
• <https://www.pegelportal.de/>



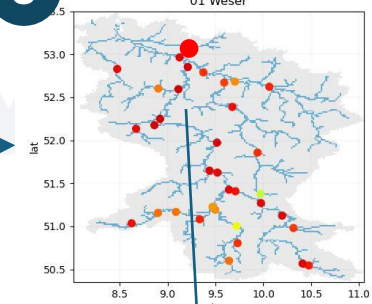
Qobs

Qsim

4 **Kalibráció**

Kalibrált paraméterek(x14)

5 **"Pseudo-megfigyelések számítása"**



1arcmin-daily  
1990 - 2021

**Bemenetek előkészítése: Szezonális előrejelzési újrafutások**



1deg-daily  
1994 - 2015  
1 fokos napi adatok

**Szezonális előrejelzés + Mesterséges intelligencia (AI) leskálzás, torzításkorrekció**

1arc-daily  
1994 - 2015

6 **Hidrológiai szezonális előrejelzés**

7 **Teljesítményértékelés**

8 **Térképezés**



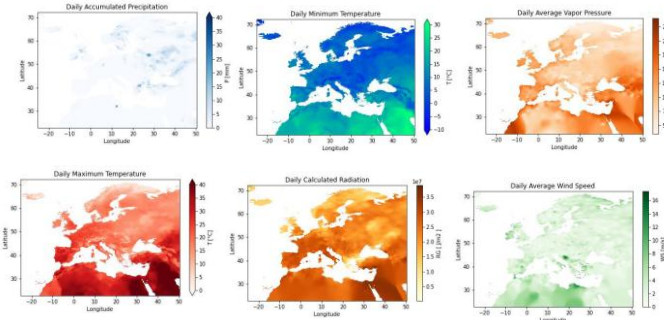
## Meteorológiai kényszerek

## Hidrológiai adatok

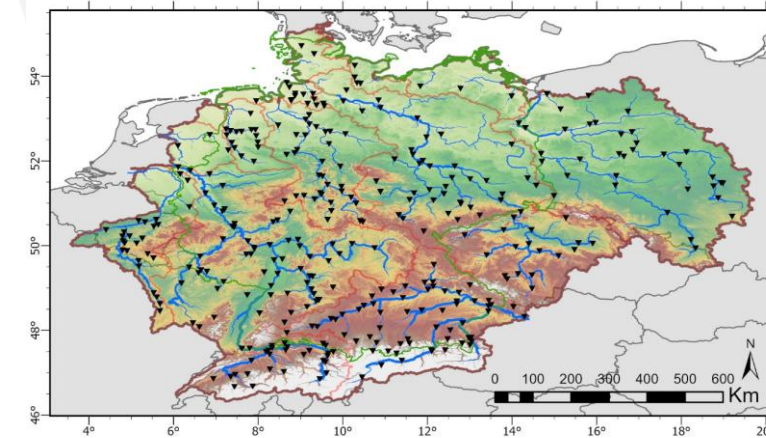
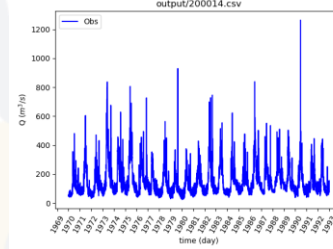
## Morfológiai, fizikai, talaj- és földhasználati jellemzők

### Megfigyelések

### EFAS

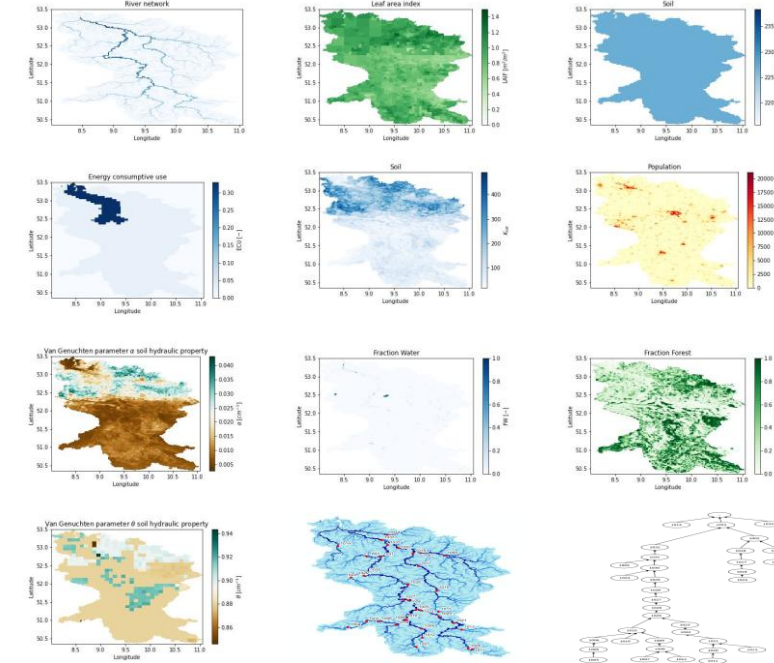
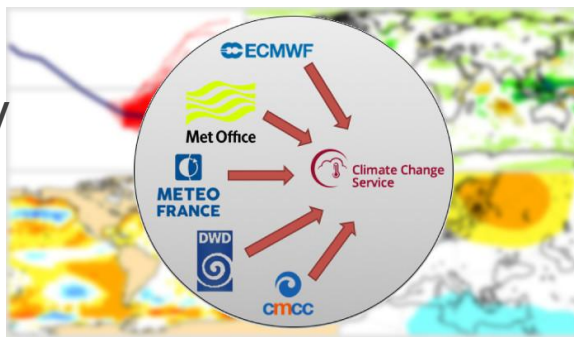


### Pegelportal



EMO – 1  
 Térbeli felbontás: 1 ívperc (1 arcmin)  
 Időbeli felbontás: napi  
 Időszak: 1990–2021

### Szezonális előrejelzés / újlefutás



### EFAS

Francesca Moschini; Margarita Choulga; Cinzia Mazzetti; Disperati, Juliana; Grimaldi, Stefania; Salamon, Peter; Prudhomme, Christel (2023): LISFLOOD static and parameter maps for Europe. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/f572c443-7466-4adf-87aa-c0847a169f23>



## Előfeldolgozó LISVAL

LISVAP telepítve és tesztelve a Levante HPC-n

1. Installing/initializing git for large file 1. Git telepítése és inicializálása nagy fájlhoz

```
git lfs install
```

2. clone LISVAP from the repository 2. LISVAP klónozása a repositóriumból

```
git clone https://github.com/ec-jrc/lisflood-lisvap.git
```

```
cd lisflood-lisvap
```

3. Creating a conda environment for lisvap 3. Conda környezet létrehozása a LISVAP-hoz

```
conda create --name lisvap python=3.8 --no-default-packages
```

```
source activate lisvap
```

4. Installing and checking lisvap 4. LISVAP telepítése és ellenőrzése

```
pip install -r requirements.txt
```

5. Installing and checking pcraster 5. PCRaster telepítése és ellenőrzése

```
conda install -c conda-forge pcraster
```

6. Running LISVAP from src folder 6. LISVAP futtatása a src mappából

```
python lisvap1.py /my_system/lisflood-lisvap/tests/data/tests_efas.xml -v -t
```

```
#####
##      ##### ##      #####
##      ## ## ##      ## ## ##
##      ## ## ## ##      ## ## ##
##      ## ## ## ##      ## ## ##
##      ## ## ## ##      ## ## ##
#####

#####

TIP:
You can use $(ProjectDir) or $(ProjectPath) as built-in variable to use in this XML settings, to refer Lisvap project folder (in cas
You can use $(SettingsDir) or $(SettingsPath) to refer directory containing the XML settings.
-->

<lfsettings>
  <lfuser>
    <group>
      <comment>
        *****
        TIME-RELATED CONSTANTS
        *****
      </comment>
      <textvar name="CalendarDayStart" value="01/01/1995 00:00">
        <comment>
          calendar day number of 1st day in model run
          e.g. 1st of January: 1; 1st of June: 151 (or 152 in leap year)
        </comment>
      </textvar>
      <textvar name="DtSec" value="86400">
        <comment>
          time step [seconds] ALWAYS USE 86400!!
        </comment>
      </textvar>
      <textvar name="StepStart" value="01/01/1995 06:00">
        <comment>
          Number of first time step in simulation
        </comment>
      </textvar>
      <textvar name="StepEnd" value="31/12/1995 06:00">
        <comment>
          Number of last time step
        </comment>
      </textvar>
      <textvar name="ReportSteps" value="1..14">
        <comment>
          *****

```



## Hidrológiai modell: LISFLOOD

LISFLOOD, LISFLOOD-Utilities és LISFLOOD-Calibration eszközök telepítve és tesztelve a Levante HPC-n.

(Működés sorosan és párhuzamosan)

```
# 2023-05-05 Installing Lisflood Calibration tool
# installation for solving the multiprocessing problems attemp 1

module load python3
module load git

conda create --name lisflood_calibration_2 python=3.7 -c conda-forge

git clone --single-branch https://github.com/ec-jrc/lisflood-calibration.git

source activate lisflood_calibration_2
conda install -c conda-forge pcraster gdal
pip install lisflood-model==4.1.2

# pip show lisflood-model # allows you to know where is the source code of lisflo
# ./work/bb1245/hydromodelling/conda_venvs/lisflood_calibration_2/lib/python3.7/si
# After installing lisflood compile the cython module kinematic_wave_parallel_to
# To compile this Cython module to enable OpenMP multithreading (parallel kinemat
# Delete the files *.so (if any) in directory hydrological-modules
# Inside the hydrological_modules folder, execute "python compile_kinematic_wave_

# For get rid of the errors in related with hdf5
conda remove hdf5
conda install -c conda-forge hdf5==1.12.1

# other tools
pip install pandas
pip install numpy
pip install matplotlib
pip install netCDF4
pip install deap
conda install -c conda-forge deap

pip install -r requirements.txt # run it in the lisflood_code folder
pip install . # run it in the lisflood_calibration folder

pip install tbb # For parallelization
```

```
#####
##      ##      ##      ##      ##      ##      ##      ##
##      ##      ##      ##      ##      ##      ##      ##
##      ##      ##      ##      ##      ##      ##      ##
##      ##      ##      ##      ##      ##      ##      ##
#####

<lfsettings>

<lfoptions>
#-----
# modelling and reporting options
#-----
<setoption choice="0" name="TemperatureInKelvin"/>
<setoption choice="1" name="gridSizeUserDefined"/>

# options to turn hydrological modules on/off
<setoption choice="0" name="cropsEPIC"/>

<setoption choice="1" name="wateruse"/>
<setoption choice="1" name="TransientWaterDemandChange"/>
<setoption choice="0" name="useWaterDemandAveYear"/>
<setoption choice="1" name="wateruseRegion"/>

<setoption choice="0" name="groundwaterSmooth"/>
<setoption choice="1" name="wateruseRegion"/>
<setoption choice="1" name="drainedIrrigation"/>
<setoption choice="1" name="riceIrrigation"/>
<setoption choice="0" name="indicator"/>

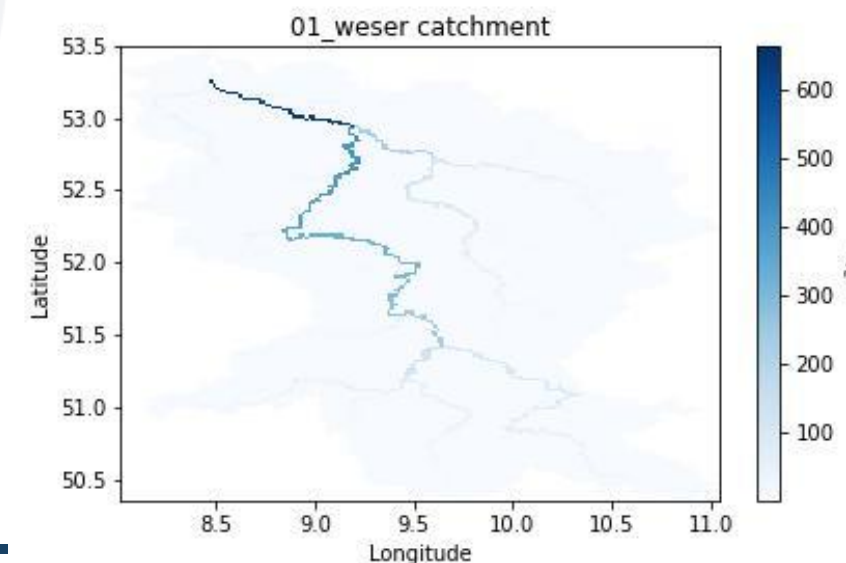
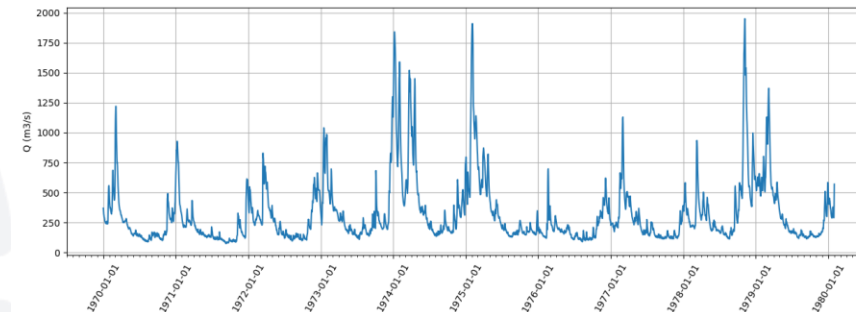
<setoption choice="1" name="openwaterevapo"/>
<setoption choice="0" name="simulateLakes"/>
<setoption choice="0" name="simulateReservoirs"/>

<setoption choice="0" name="simulateReservoirs"/>

<setoption choice="1" name="SplitRouting"/>

# use inflow data
<setoption choice="0" name="inflow"/>

# option to initialize Lisflood
<setoption choice="0" name="InitLisflood"/>
```





## Kalibráció – Validáció

### Nem-domináلت rendezésű genetikus algoritmus II (NSGA-II)

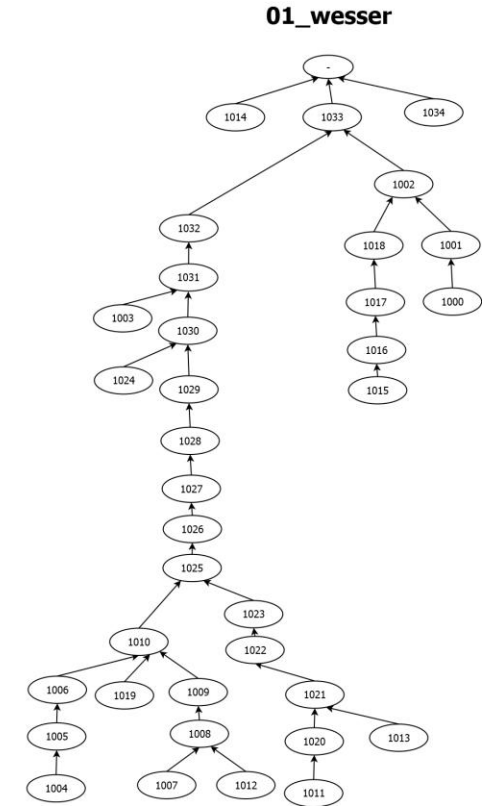
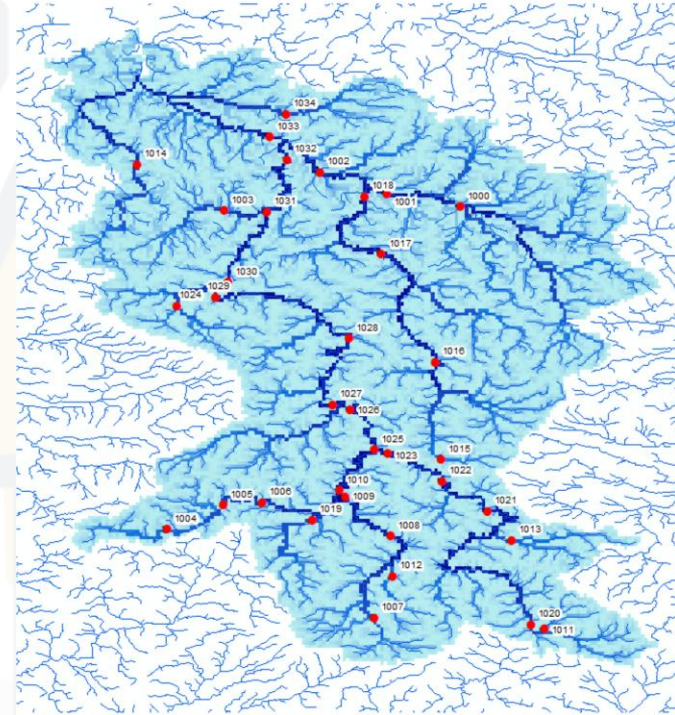
### Modified Kling-Gupta Efficiency Módosított Kling-Gupta-hatékonyság

$$KGE' = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\gamma - 1)^2}$$

$$r_{xy} = \frac{\sum_i x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\sum_i x_i^2 - n \bar{x}^2} \sqrt{\sum_i y_i^2 - n \bar{y}^2}}$$

$$\beta = \frac{\mu_s}{\mu_o} \quad \gamma = \frac{\sigma_s / \mu_s}{\sigma_o / \mu_o}$$

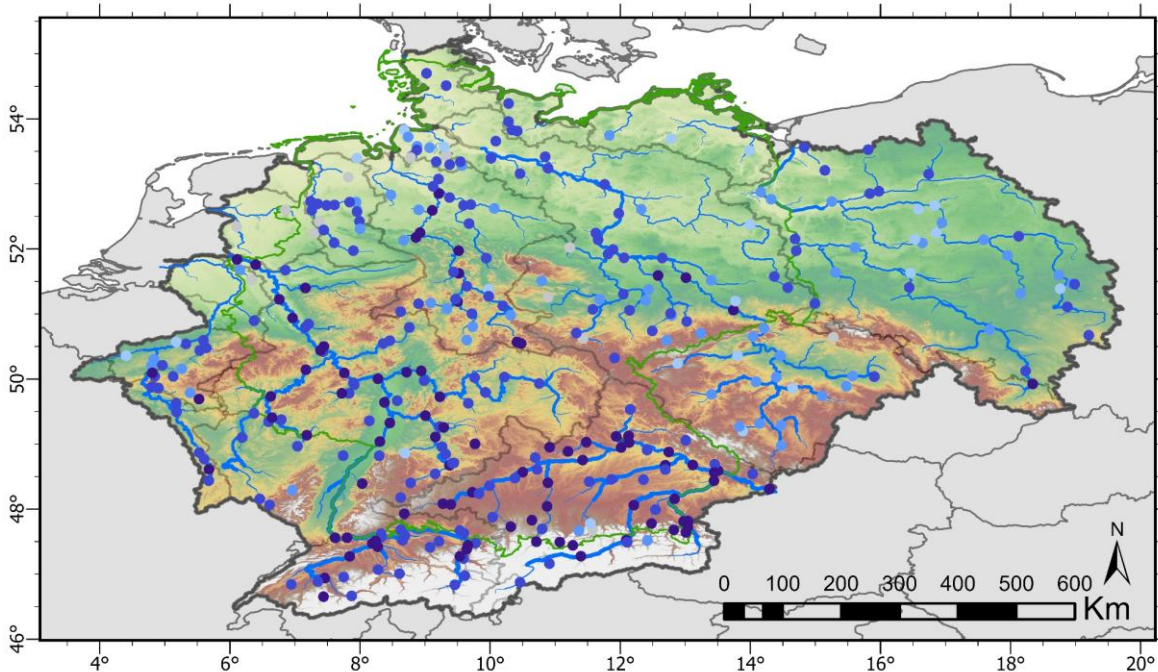
KGE'	Description
1.0 - 0.8	Very good Nagyon jó
0.8 - 0.6	Good Jó
0.6 - 0.4	Medium Közepes
0.4 - 0.2	Poor Gyenge
< 0.2	Bad Rossz



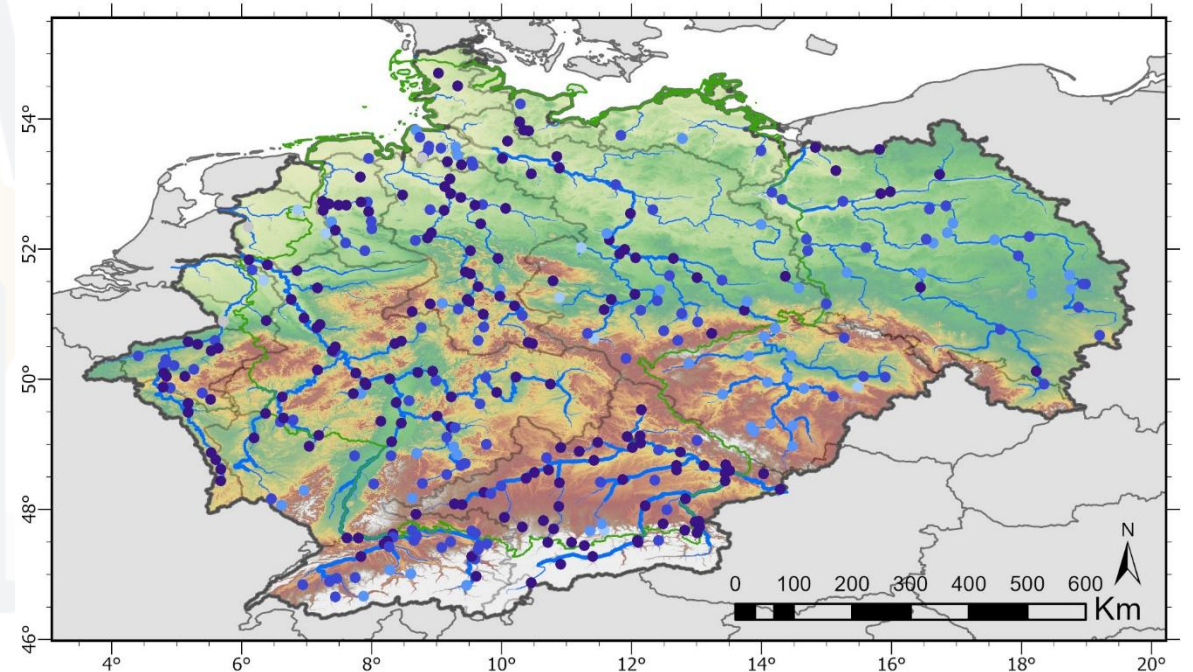


## Kalibráció – Validáció

### Kalibráció



### Validáció

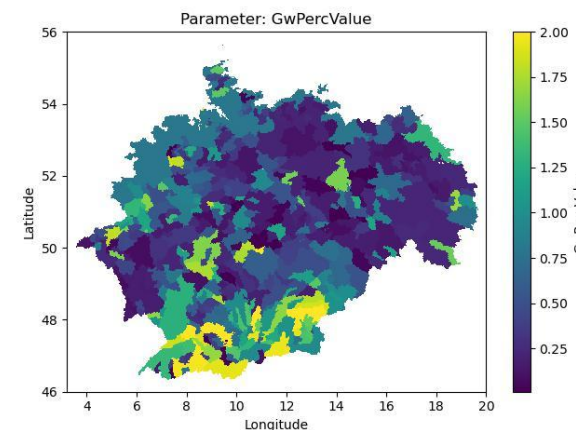
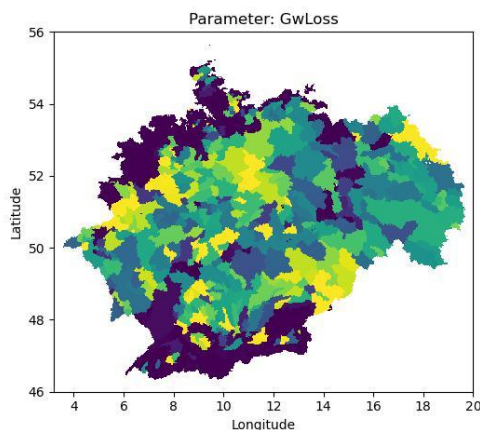
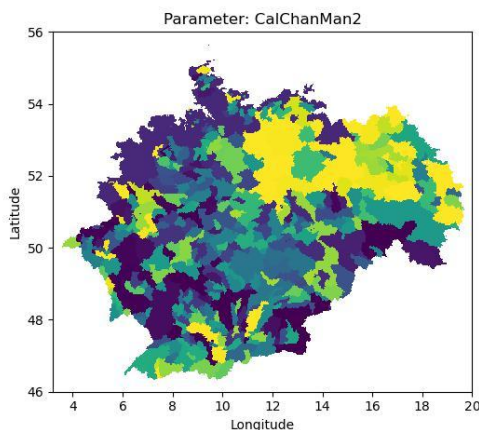
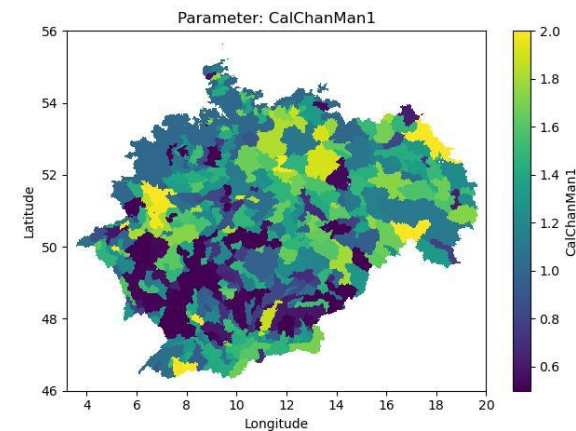
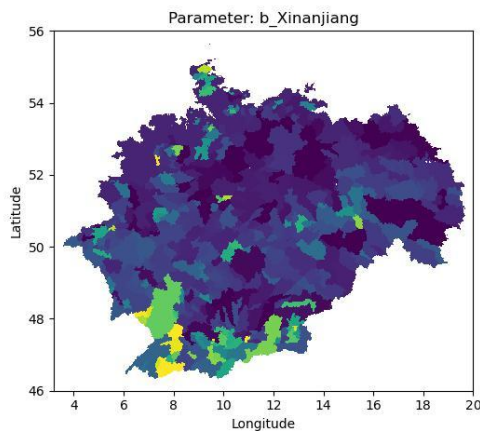
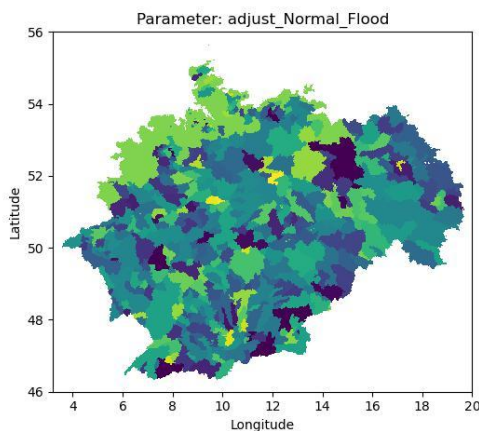


KGE'	Description	
1.0 - 0.8	Excellent	Kiváló
0.8 - 0.6	Good	Jó
0.6 - 0.4	Acceptable	Elfogadható
0.4 - 0.2	Low	Alacsony
< 0.2	very low	Nagyon alacsony



## Paramétertérképek a vizsgálati területre

... Összesen 14 térkép



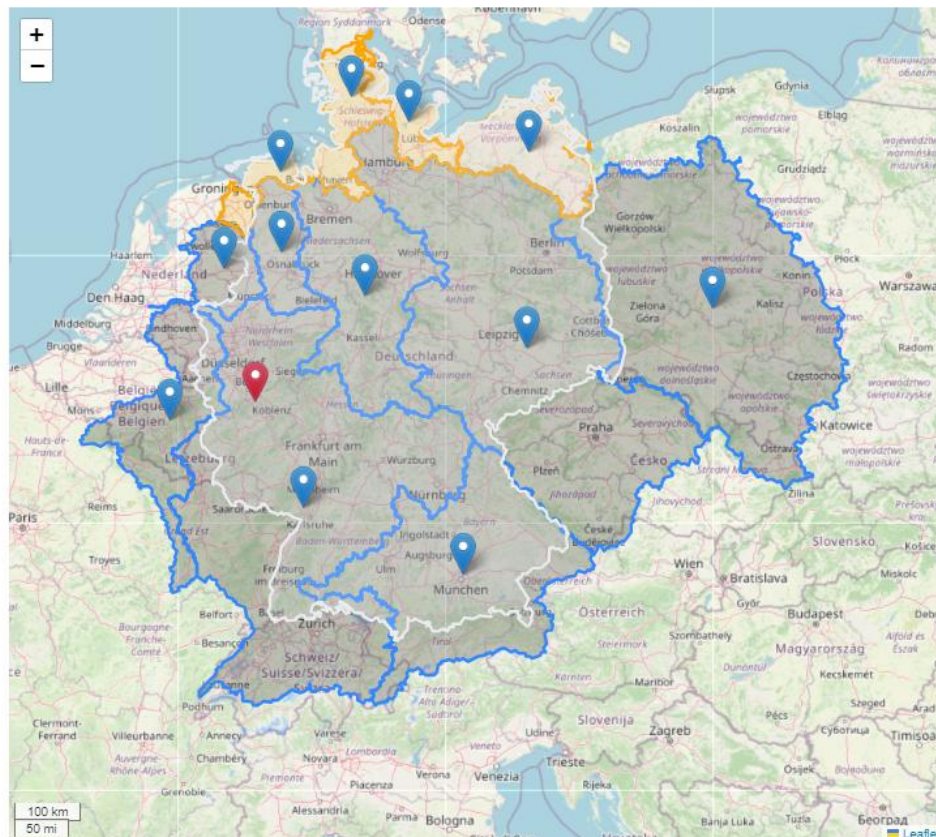


## Dashboard

Vizsgált vízgyűjtők  
Catchments of interest

List of catchments Vízgyűjtők listája

Select...



Clicked Point 7.184211526660529, 50.54654466503386

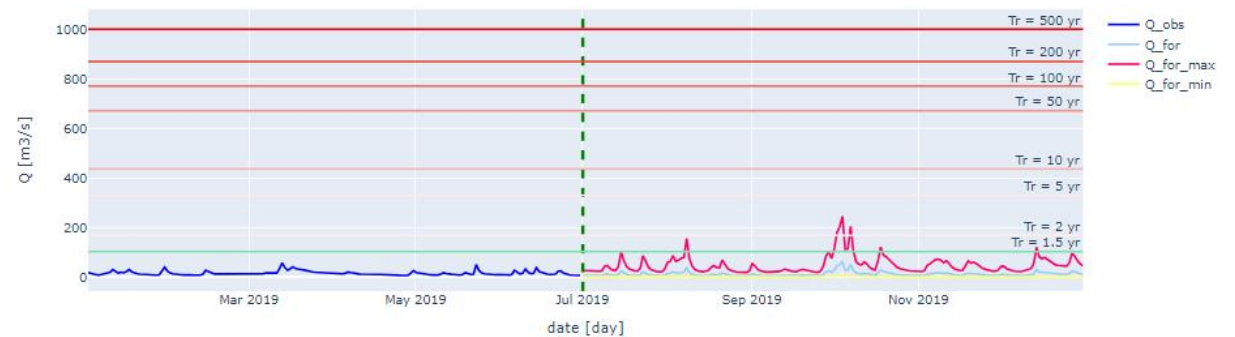
Selected catchment: None

Information about the calibration

## Hidrológiai szezonális előrejelzés Hydrological seasonal forecast

DAKI-FWS

Hydrograph  
Hidrogram

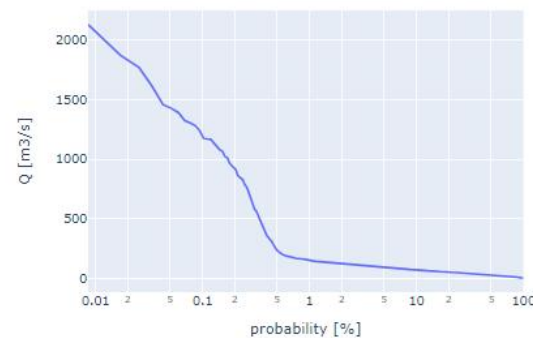


Hozam-időtartam görbe

Flow duration curve

Observed period

Megfigyelési időszak



(12.47, 65.30) means  $pr(Q > 65.30 \text{ m}^3/\text{s}) = 12.78 \%$

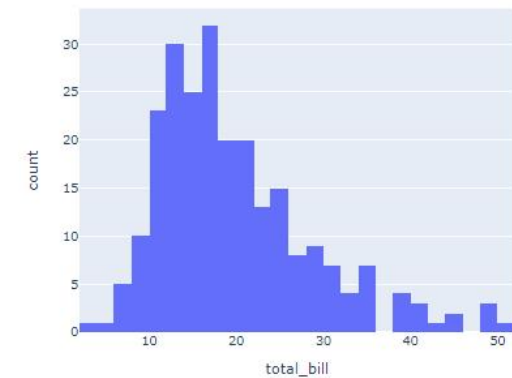
(p, q) means  $pr(Q > q) = p$

Meghaladási valószínűség

Probability of exceedance

Forecast period

Előrejelzési időszak



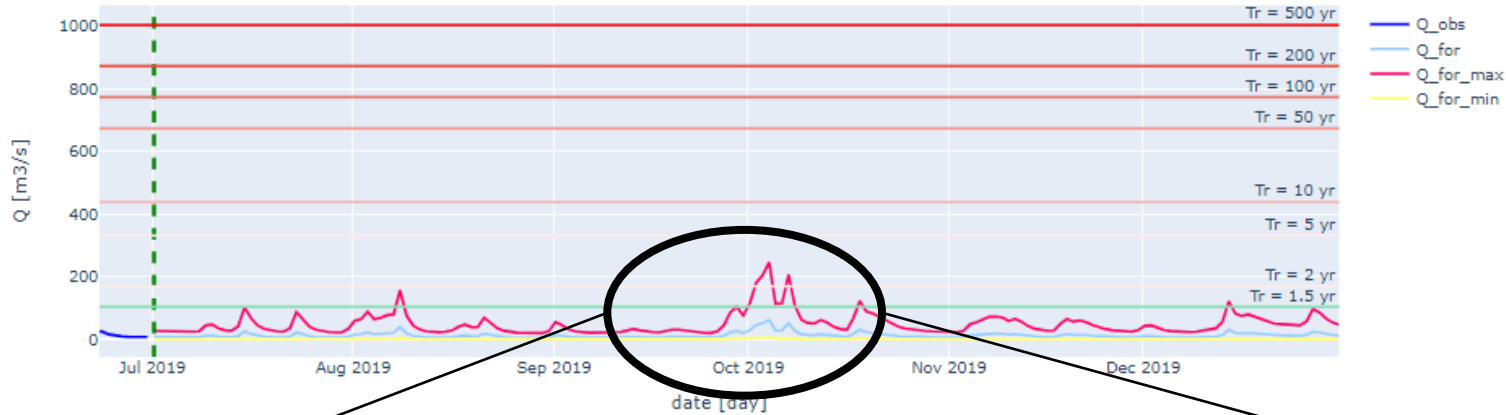


SCEWERO

# 3. Példa – DAKI-FWS

Lon = 10.063°

Lat = 52.622°



113m<sup>3</sup>/s

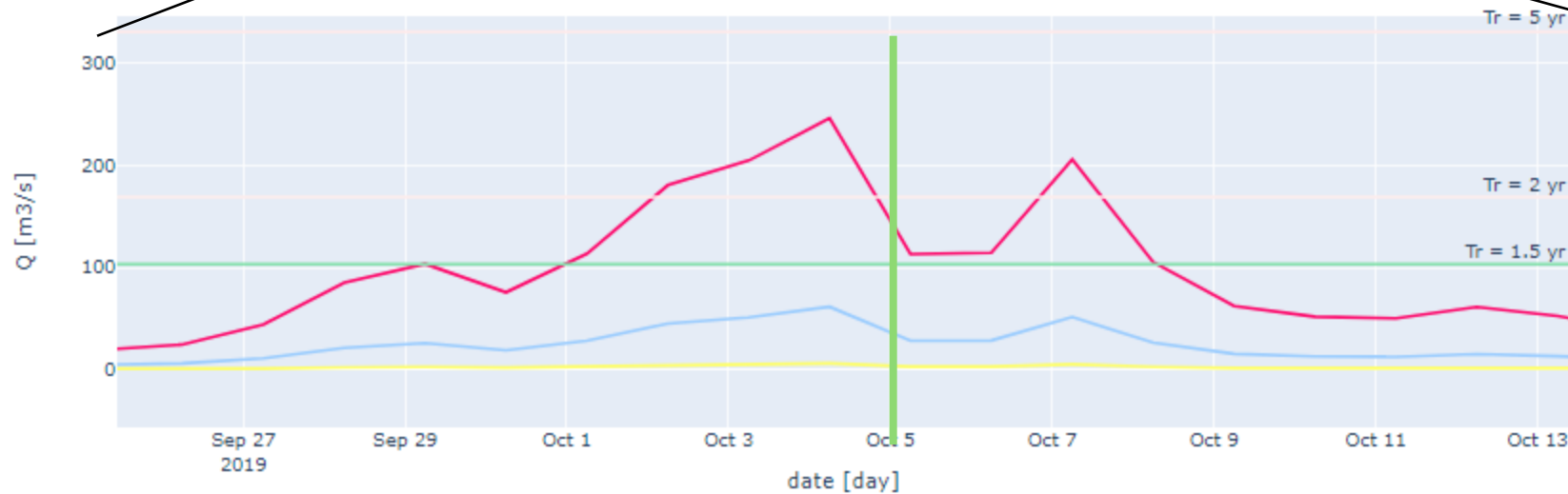
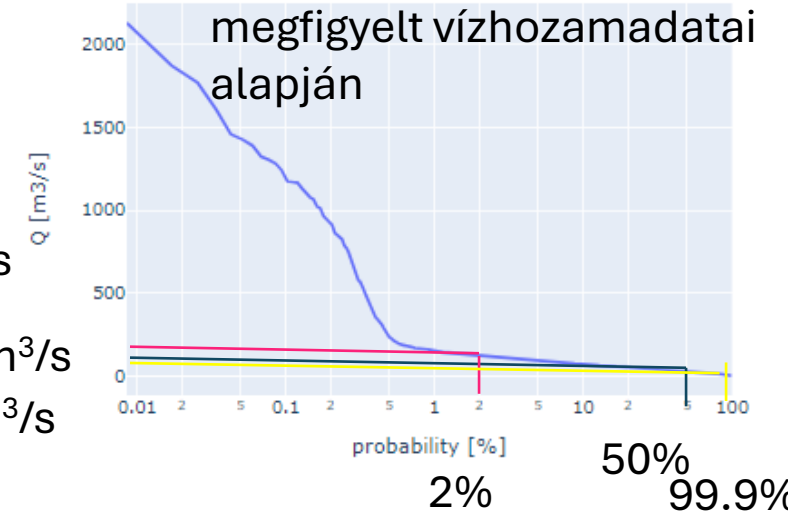
28.31 m<sup>3</sup>/s

2.8 m<sup>3</sup>/s

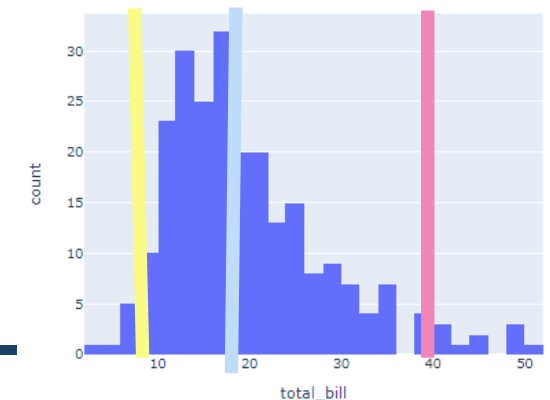
STRENGTHENING THE RESEARCH CAPACITIES FOR EXTREME WEATHER EVENTS IN ROMANIA

Valószínűség 20 év

megfigyelt vízhozamadatai alapján



- Q<sub>max</sub> = 113m<sup>3</sup>/s
- Q<sub>mean</sub> = 28.31 m<sup>3</sup>/s
- Q<sub>min</sub> = 2.83 m<sup>3</sup>/s



UNIVERSITATEA BABEŞ-BOLYAI

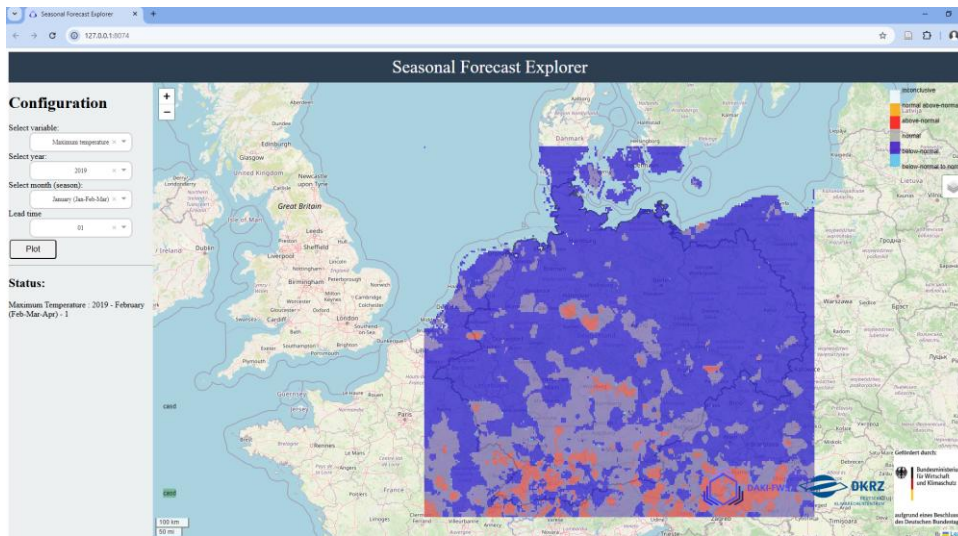


Universiteit Antwerpen

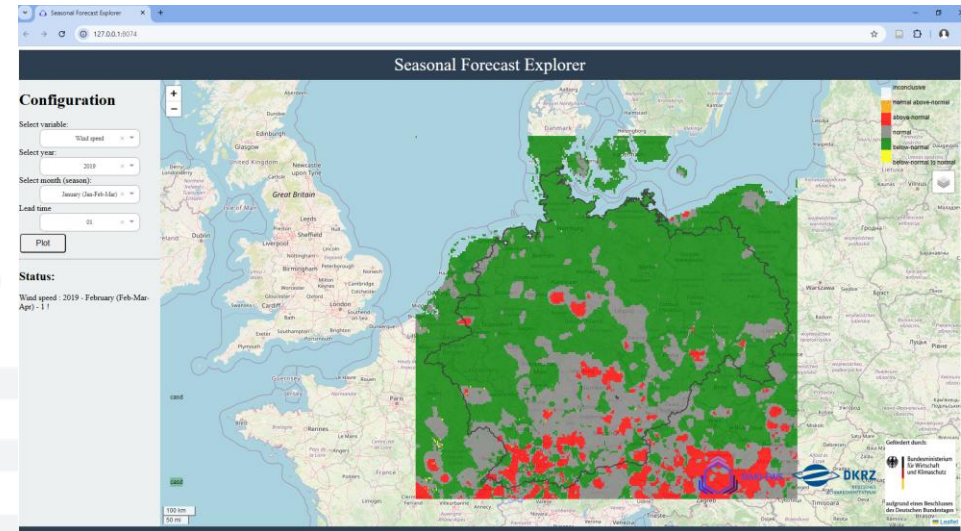




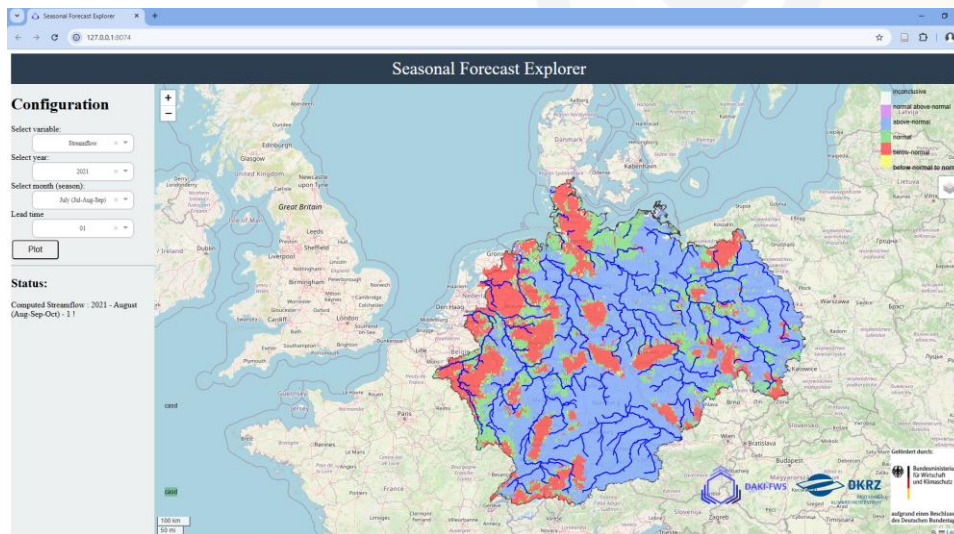
Hőmérséklet



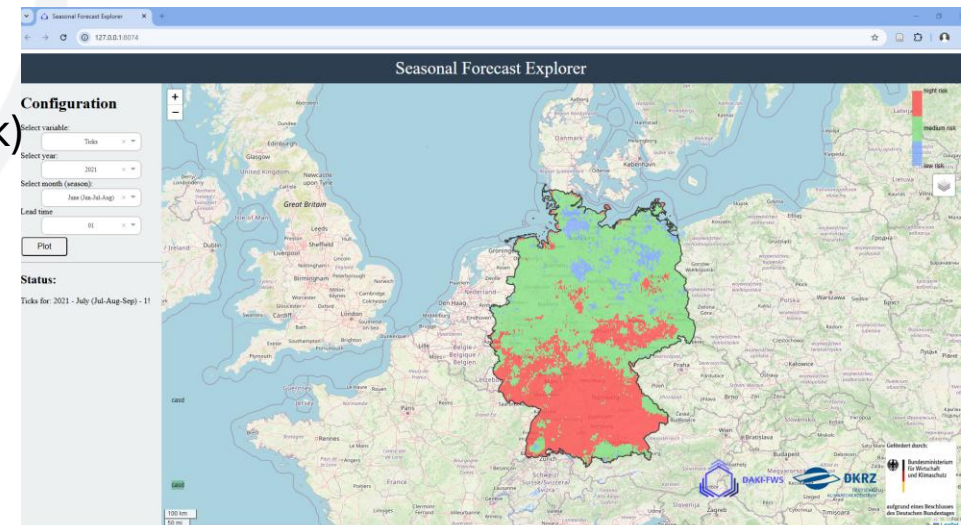
Szélsebesség



Vízhozamok



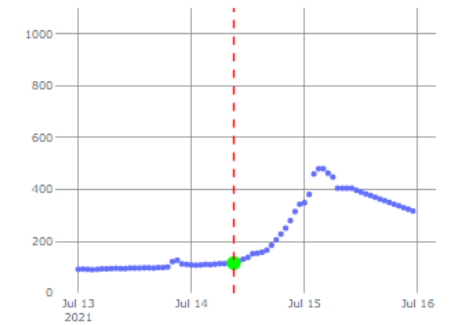
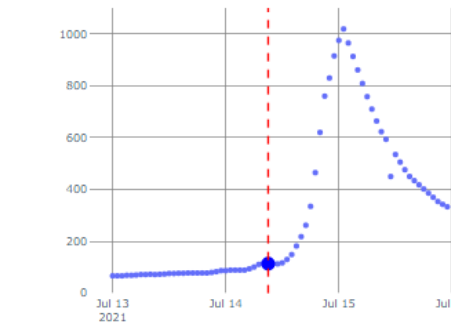
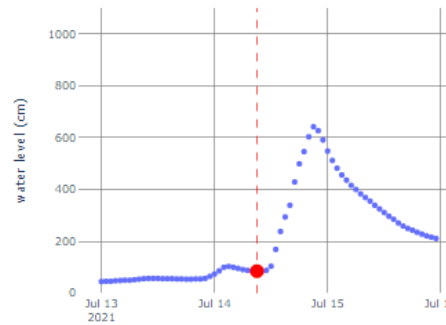
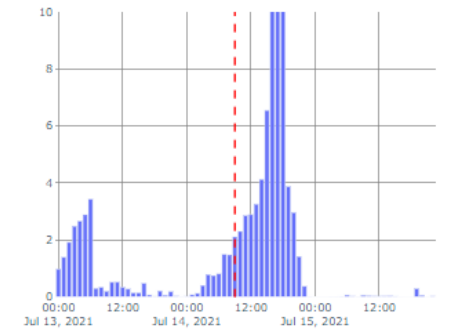
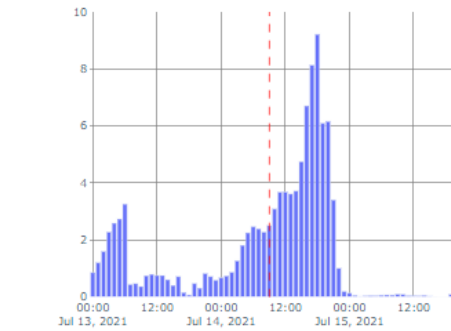
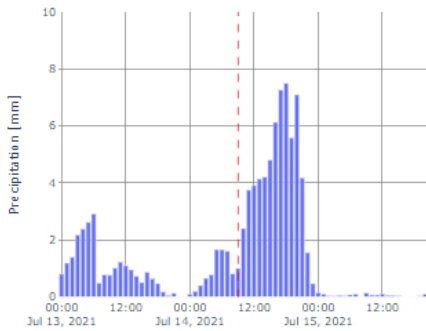
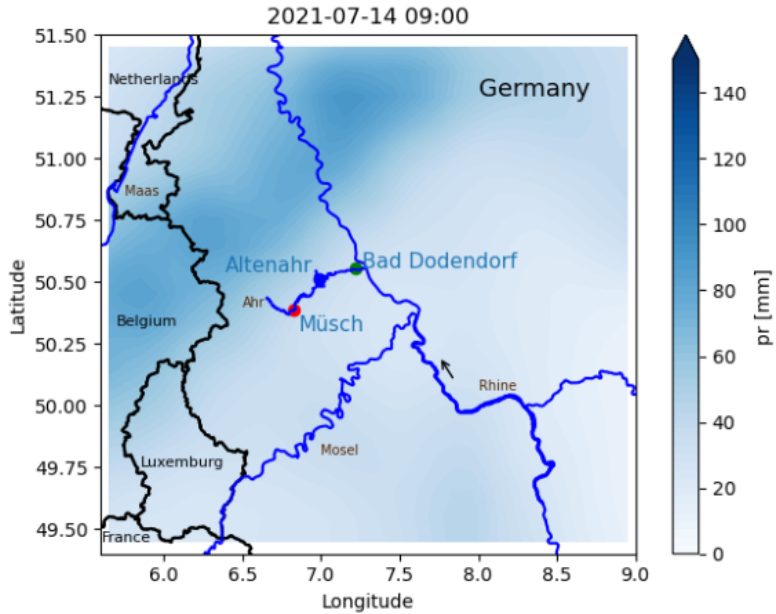
Ticks (Kullancsok)



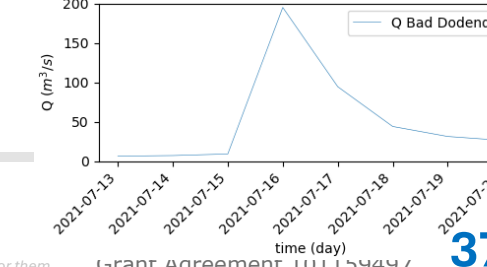
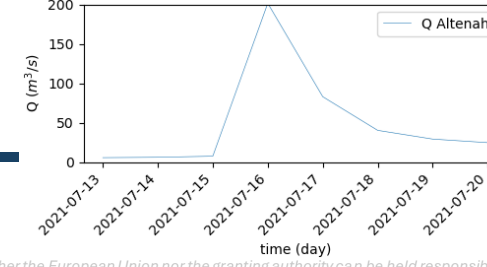
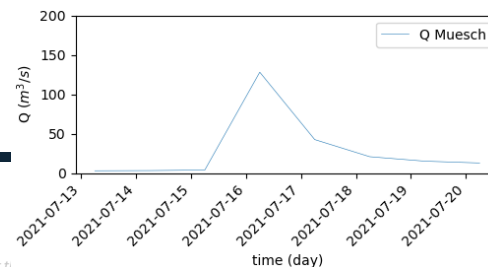


Propagation of the Ahrtal flood in 2021 Az Ahrtal-i árvíz (2021) lefolyásának terjedése

Cumulative rainfall in the region: A térség kumulatív csapadéka Müsch Altenahr Bad Dodendorf



## Megfigyelt csapadék és vízszint



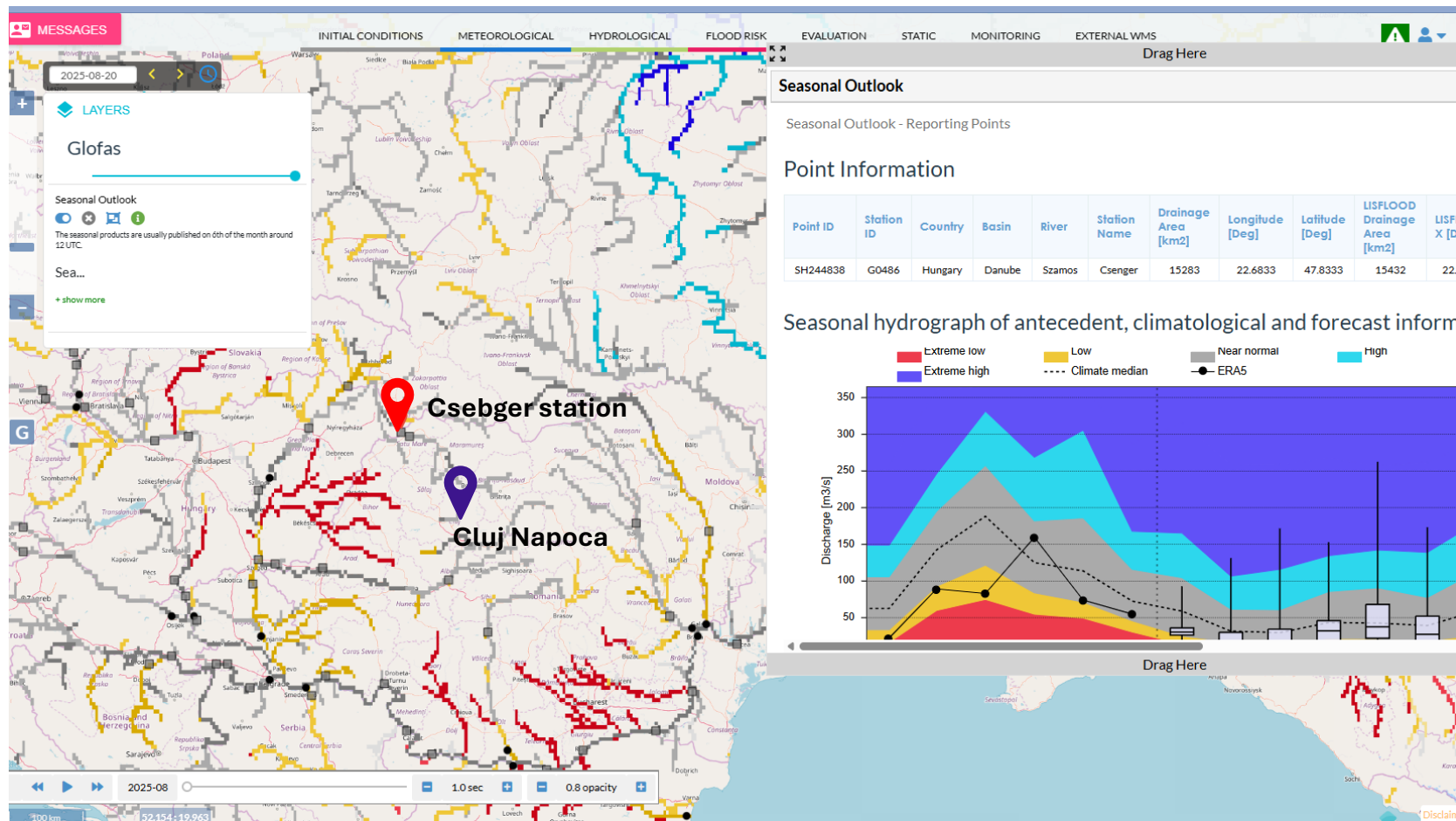


## Globális Árvíz-előrejelző Rendszer – GLOFAS (Global Flood Awareness System)

<https://global-flood.emergency.copernicus.eu/>

## Európai Árvíz-előrejelző Rendszer – EFAS (European Flood Awareness System)

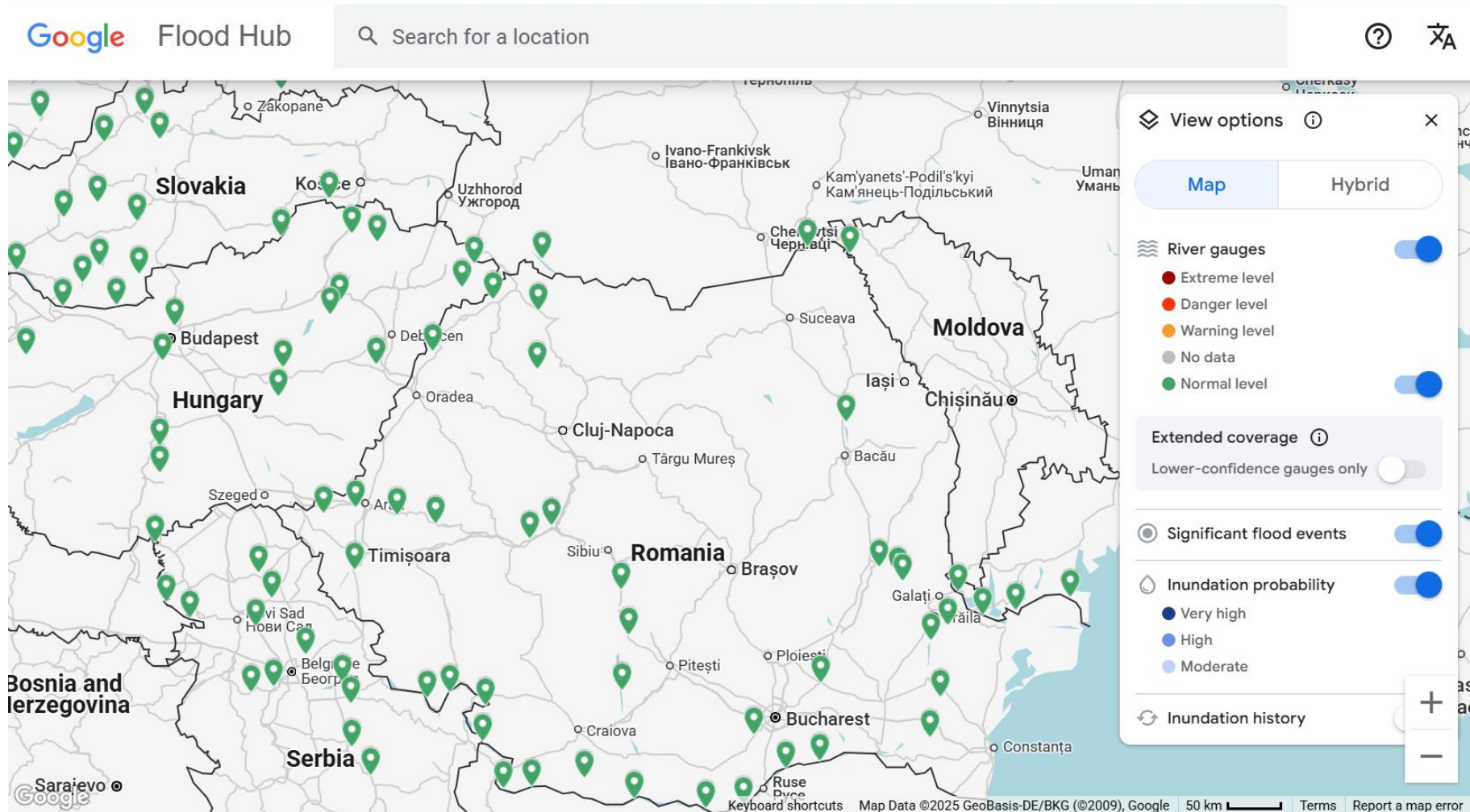
<https://european-flood.emergency.copernicus.eu/en>





## AI – Mesterséges intelligencia – Google Flood Hub

<https://g.co/floodhub>



Nearing, G., Cohen, D., Dube, V. *et al.* Global prediction of extreme floods in ungauged watersheds. *Nature* **627**, 559–563 (2024).  
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07145-1>





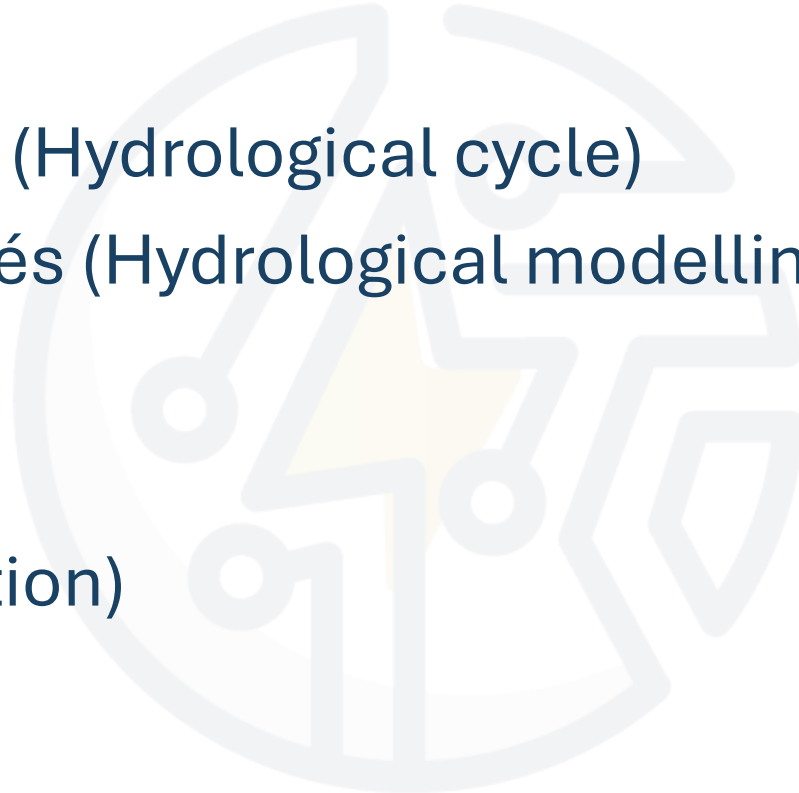
Hidrológiai körforgás (Hydrological cycle)

Hidrológiai modellezés (Hydrological modelling)

Modellek (Models)

Protokoll (Protocol)

Alkalmazás (Application)



Köszönöm!

Kérdések?



Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. A. M. T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 6(2), 182-197.

Kratzert, Frederik, Daniel Klotz, Sepp Hochreiter, and Grey S. Nearing. “A Note on Leveraging Synergy in Multiple Meteorological Data Sets with Deep Learning for Rainfall–Runoff Modeling.” *Hydrology and Earth System Sciences* 25, no. 5 (May 20, 2021): 2685–2703. <https://doi.org/10.5194/hess-25-2685-2021>.

Yang, Shuyu, Dawen Yang, Jinsong Chen, Jerasorn Santisirisomboon, Weiwei Lu, and Baoxu Zhao. “A Physical Process and Machine Learning Combined Hydrological Model for Daily Streamflow Simulations of Large Watersheds with Limited Observation Data.” *Journal of Hydrology* 590 (November 2020): 125206. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125206>.

Besaw, Lance E., Donna M. Rizzo, Paul R. Bierman, and William R. Hackett. “Advances in Ungauged Streamflow Prediction Using Artificial Neural Networks.” *Journal of Hydrology* 386, no. 1–4 (May 2010): 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.02.037>.

Lees, Thomas, Marcus Buechel, Bailey Anderson, Louise Slater, Steven Reece, Gemma Coxon, and Simon J. Dadson. “Benchmarking Data-Driven Rainfall–Runoff Models in Great Britain: A Comparison of Long Short-Term Memory (LSTM)-Based Models with Four Lumped Conceptual Models.” *Hydrology and Earth System Sciences* 25, no. 10 (October 21, 2021): 5517–34. <https://doi.org/10.5194/hess-25-5517-2021>.

Kratzert, Frederik, Daniel Klotz, Claire Brenner, Karsten Schulz, and Mathew Herrnegger. “Rainfall–Runoff Modelling Using Long Short-Term Memory (LSTM) Networks.” *Hydrology and Earth System Sciences* 22, no. 11 (November 22, 2018): 6005–22. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6005-2018>.

Hu, Youchuan, Le Yan, Tingting Hang, and Jun Feng. “Stream-Flow Forecasting of Small Rivers Based on LSTM,” 2020. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2001.05681>.

Ochoa-Tocachi, Cuadros-Adriazola, Arapa, Aste, Ochoa-Tocachi, & Bonnesoeur. (2022). Guide to Hydrologic Modeling. Forest Trends Association. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/08/Guide-to-Hydrologic-Modeling-of-NI.pdf>

Biondi, D., Freni, G., Iacobellis, V., Mascaro, G., & Montanari, A. (2012). Validation of hydrological models: Conceptual basis, methodological approaches and a proposal for a code of practice. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 42–44, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.037>

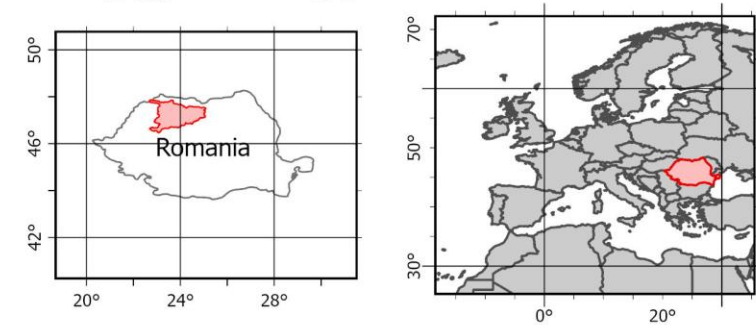
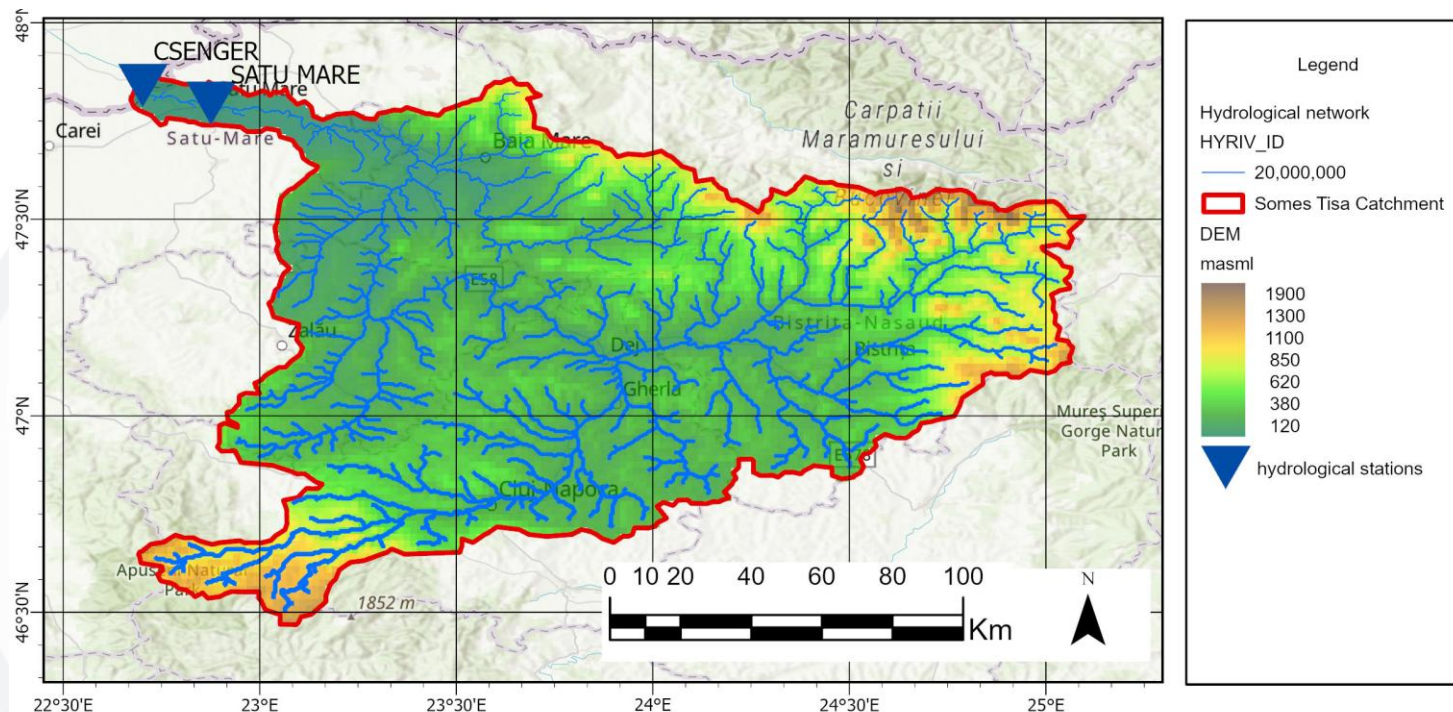
# Gyakorlati rész: Hidrológiai modellezés



## Szamos–Tisza vízgyűjtő terület

A Szamos–Tisza vízgyűjtő terület az ország északi és északnyugati részén helyezkedik el, északon a Tisza folyó (mint természetes határ) mentén 61 km hosszan határos Ukrajnával, nyugaton a Magyar Köztársasággal, az országon belül pedig keleti irányban a Szeret vízgyűjtőjével, délről a Maros vízgyűjtővel, délnyugatról a Körösök vízgyűjtőjével határos.

<https://inundatii.ro/en/river-basins/somes-tisa-watershed-area/>





## Árvízi adatsorok

A legnagyobb csapadékmennyiségek tavasszal és nyáron fordulnak elő, különösen március–június között, valamint augusztusban. Számos jelentős történelmi csapadékmaximum ismert, amelyek súlyos árvizekhez vezettek a teljes vízgyűjtőben, például 1970 májusában (24 óra alatt több mint 150 mm, helyenként 200 mm csapadék Baia Sprie-nél).

A súlyos árvizek jellemzően nagy területre kiterjedő esőzésekből, vagy kevert forrásból (eső + hóolvadás) származnak. Az elmúlt 50–60 év legnagyobb történelmi árvize az 1970-es, amely kevert forrásból származott. Az elmúlt 50 év árvízszorozatainak elemzése alapján a legjelentősebb árvizek az alábbi években fordultak elő: 1970, 1974, 1975, 1978, 1979, 1980, 1981, 1989, 1993, 1995, 1998, 2000, 2001, 2005, 2008.

Az 1970-es év első felét katasztrofális árvizek jellemezték. A legsúlyosabbak a Szamos, Tisza, Tur, Vișeu, Iza, Lăpuș, Șieu, Crasna, Almaș, Kis-Szamos folyókon és mellékágaikon történtek. A 1%-os biztosítási szintet meghaladó vízhozamokat mértek a Szamos (Dej alatt) és Vișeu folyókon, más vízfolyásokon 5–10% közötti biztosítású hozamokat jegyeztek fel. A Szamos és Tur folyókon (Szatmár megye) gátáttörések történtek, amelyek számos városi és falusi települést elárasztottak. Az árvizeket hosszan tartó, intenzív esőzések és hóolvadás okozták, amelyek miatt a folyók meghaladták az árvízszintet a legtöbb helyen a Szamos–Tisza vízgyűjtőn. Érintett városok: Nășăud, Beclean, Gherla, Dej, Zalău, Jibou, Șimleu, Satu Mare, valamint több mint 200 falusi település.

<https://inundatii.ro/en/river-basins/somes-tisa-watershed-area/>



## 2. Modellek megvalósítása, validálása és elemzése

### Árvizek

Meteorológiai kényszerek (forcings)

[https://jeodpp.jrc.ec.europa.eu/ftp/jrc-opendata/CEMS-EFAS/meteorological\\_forcings/EMO-1arcmin/](https://jeodpp.jrc.ec.europa.eu/ftp/jrc-opendata/CEMS-EFAS/meteorological_forcings/EMO-1arcmin/)

Vízhozam (Discharge)

<https://portal.grdc.bafg.de/applications/public.html?publicuser=PublicUser#dataDownload/Stations>

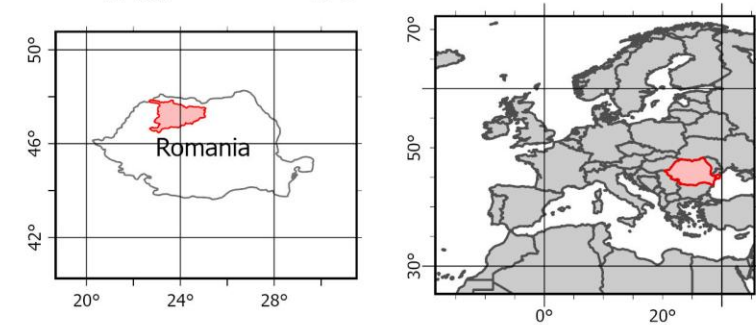
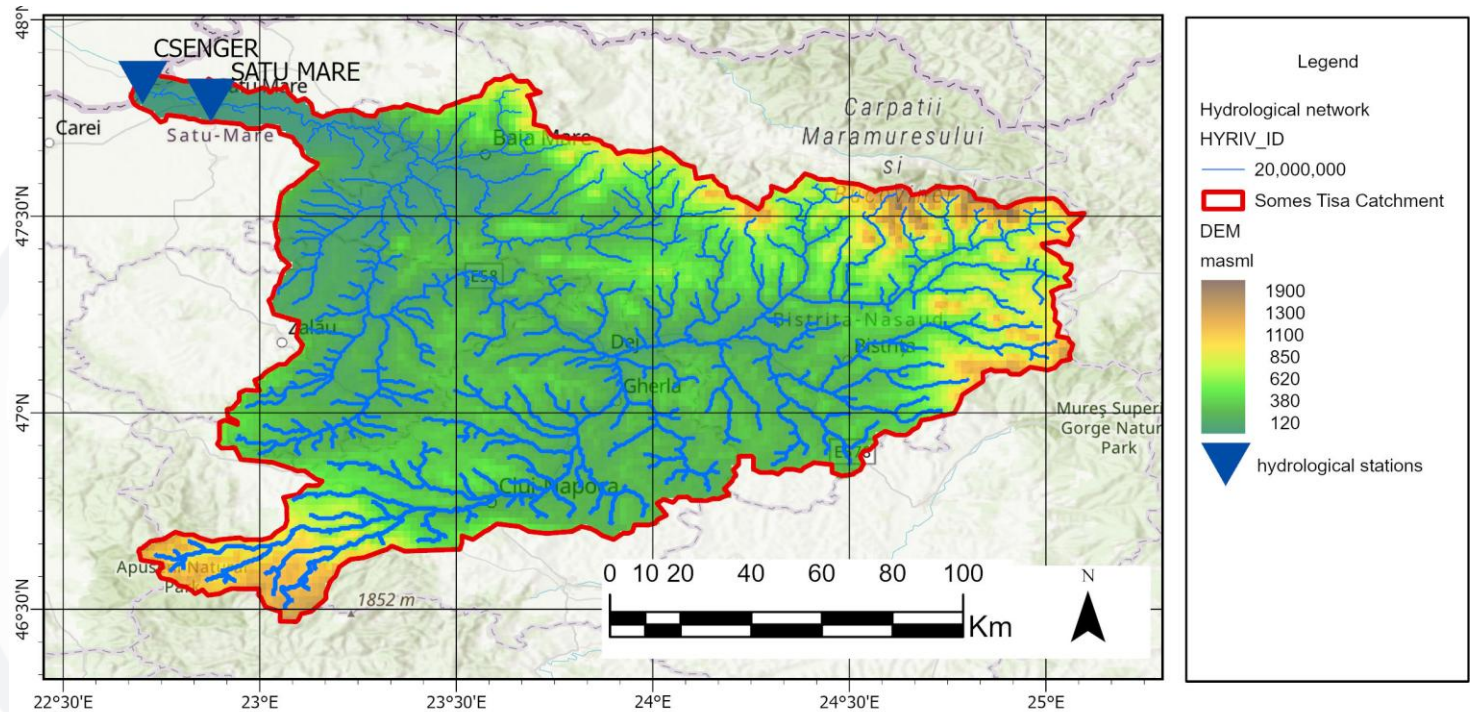
Földrajzi információk

DEM – digitális domborzatmodell, 30 méteres felbontással

1 ívperc EFAS

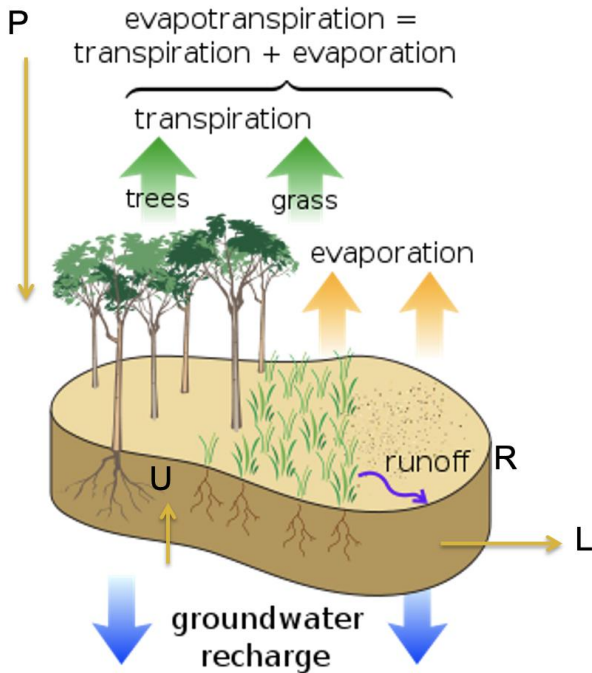
[https://jeodpp.jrc.ec.europa.eu/ftp/jrc-opendata/CEMS-EFAS/LISFLOOD\\_static\\_and\\_parameter\\_maps\\_for\\_EFAS/](https://jeodpp.jrc.ec.europa.eu/ftp/jrc-opendata/CEMS-EFAS/LISFLOOD_static_and_parameter_maps_for_EFAS/)

<https://inundatii.ro/en/river-basins/somes-tisa-watershed-a>

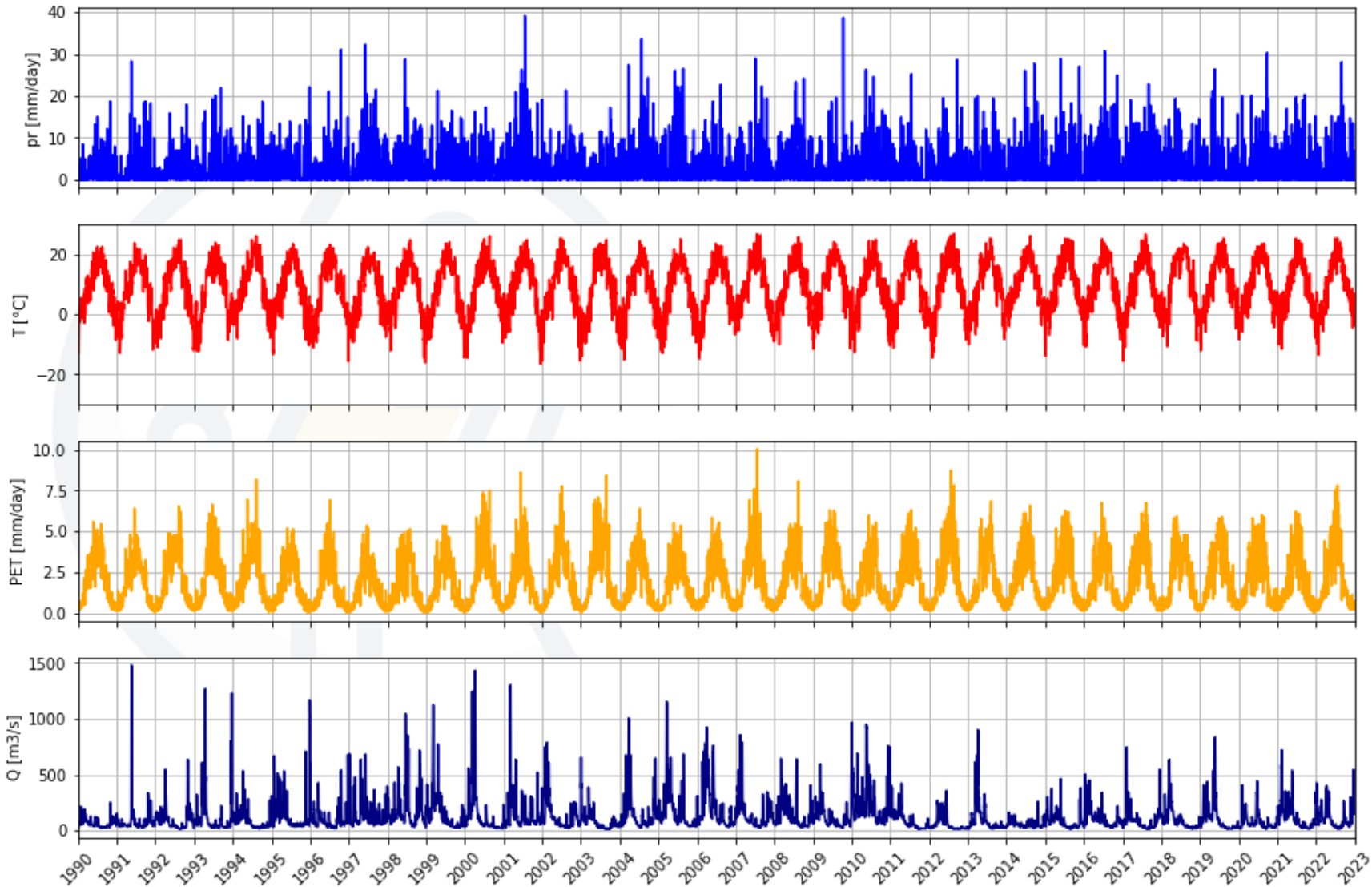




## 01\_data\_preparation\_example



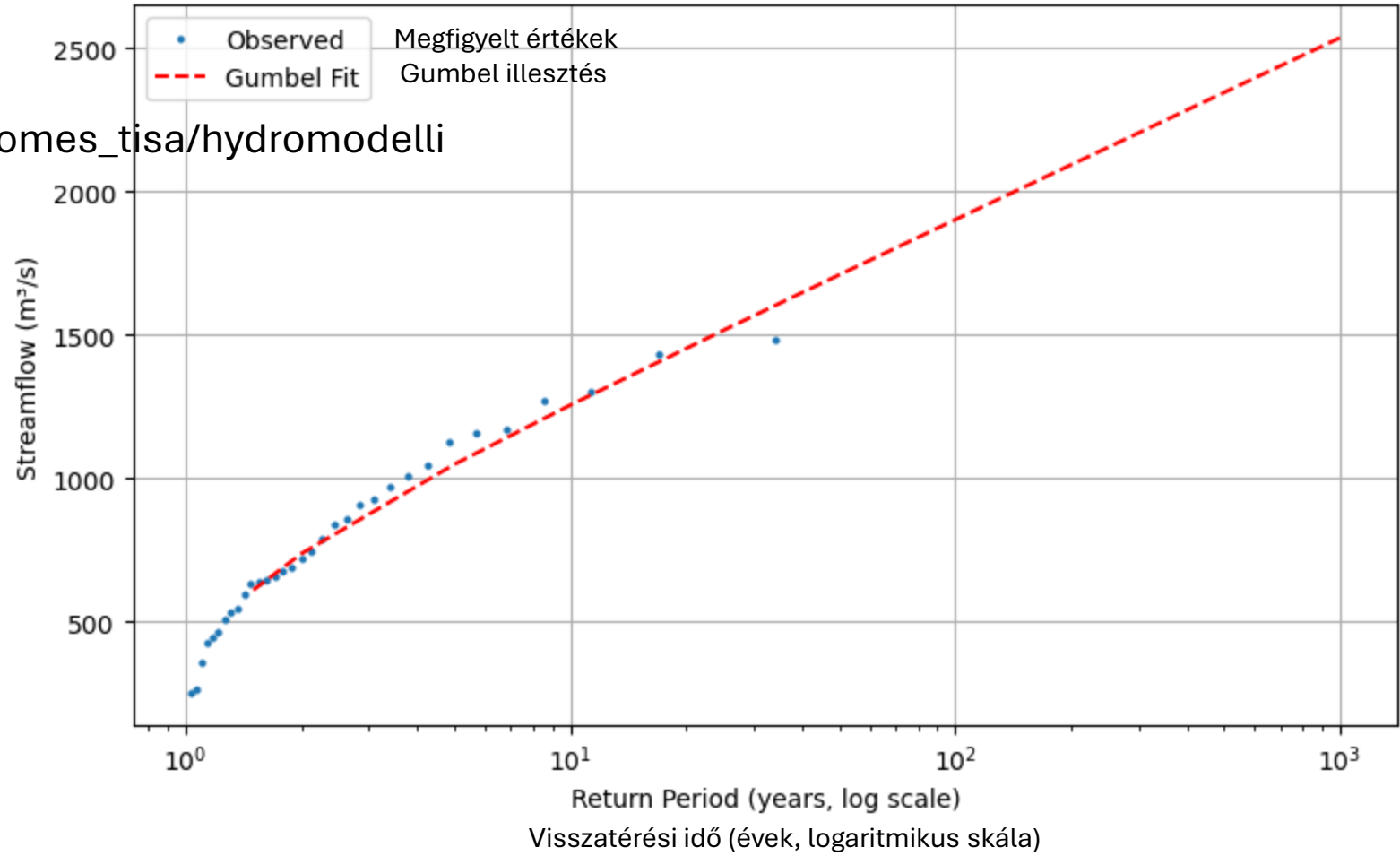
<https://aquaticiceodynamics.github.io/hydrology-workbook/E5.html>



# Szélsőséges események

/work/bb1480/b381840/scewero/somes\_tisa/hydromodelli  
ng/somes\_tisa\_extrems.ipynb

Visszatérési idő elemzése Gumbel-eloszlás használatával  
Return Period Analysis using Gumbel Distribution



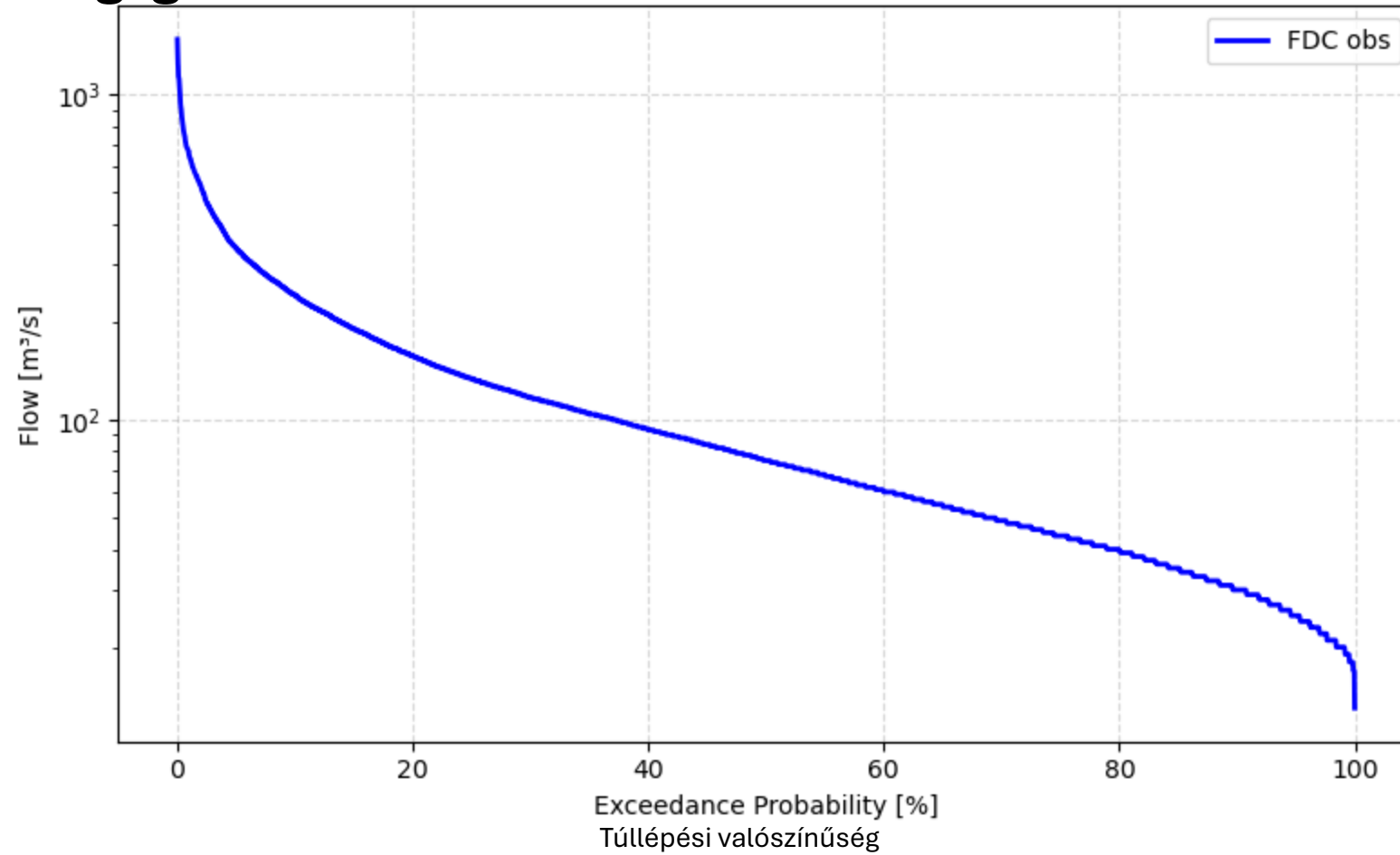
## Gumbel-eloszlás

Visszatérési idő **Tr** [Years]      Vízhozam **Q** [m<sup>3</sup>/s]

1.5	610
2	736
5	1048
10	1254
25	1515
50	1708
100	1900
200	2091
500	2343
1000	2534

# Vízhozam-tartóssági görbék

Vízhozam-tartóssági görbe - Teljes adathalmaz  
Flow Duration Curve - All data set



# Hidrológiai modell

## GR4J

Si  $P_k \geq E$ , alors  $P_n = P_k - E$  et  $E_n = 0$ ,  
 Si  $P_k < E$ , alors  $P_n = 0$  et  $E_n = E - P_k$

$$P_s = \frac{x_1 \left(1 - \left(\frac{S_k}{x_1}\right)^2\right) \tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}{1 + \frac{S_k}{x_1} \tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)} \text{ et } E_s = \frac{S_k \left(2 - \frac{S_k}{x_1}\right) \tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}{1 + \left(1 - \frac{S_k}{x_1}\right) \tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}$$

$$S' = S_k + P_s - E_s,$$

$$Perc = S' \left\{ 1 - \left[ 1 + \left( \frac{4}{9} \cdot \frac{S'}{x_1} \right)^4 \right]^{-1} \right\}, S_{k+1} = S' - Perc$$

$$Perc + (P_n - P_s)$$

$$\text{Si } 0 \leq j \leq X_4, SH1(j) = \left(\frac{j}{X_4}\right)^{\frac{1}{2}}; \text{ Si } j > X_4, SH1(j) = 1$$

$$\text{Si } 0 \leq j \leq X_4, SH2(j) = \frac{1}{2} \left(\frac{j}{X_4}\right)^{\frac{1}{2}};$$

$$\text{Si } X_4 \leq j \leq 2X_4, SH2(j) = 1 - \frac{1}{2} \left(2 - \frac{j}{X_4}\right)^{\frac{1}{2}};$$

$$\text{Si } j > 2X_4, SH2(j) = 1$$

$$UH1(j) = SH1(j) - SH1(j-1)$$

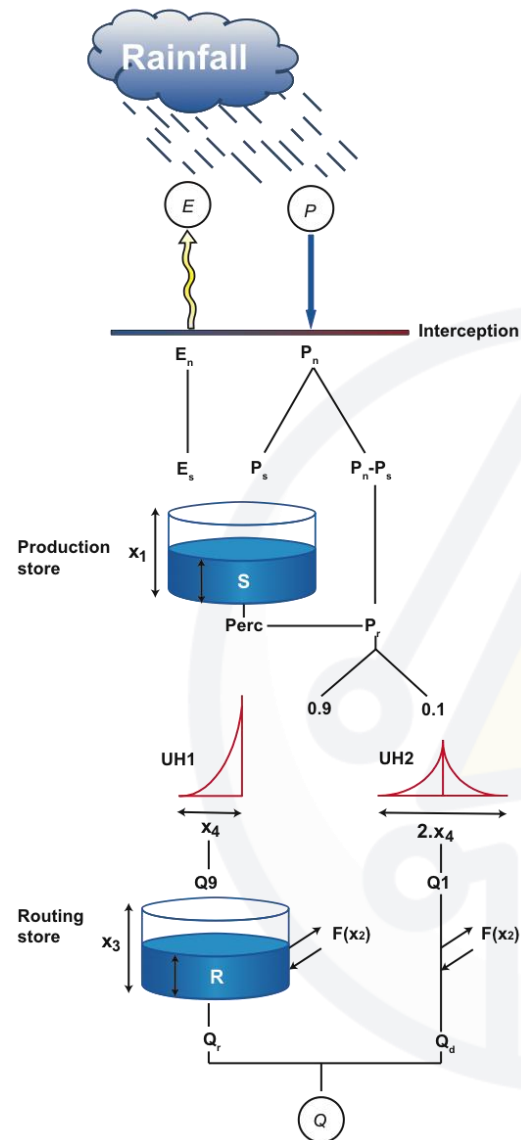
$$UH2(j) = SH2(j) - SH2(j-1)$$

$$Q9(k) = 0.9 \cdot \sum_{j=1}^k UH1(j) \cdot Pr(k-j+1),$$

$$Q1(k) = 0.1 \cdot \sum_{j=1}^m UH2(j) \cdot Pr(k-j+1)$$

$$F = X_2 \cdot \left(\frac{R_k}{X_3}\right)^{\frac{1}{2}}; R' = \max(0; R_k + Q9(k) + F)$$

$$(DP) \begin{cases} Q_r = R' \cdot \left\{ 1 - \left[ 1 + \left( \frac{R'}{X_3} \right)^4 \right]^{-1} \right\}; R_{k+1} = R' - Q_r \\ Q_d = \max(0; Q1(k) + F); \\ Q(k) = Q_r + Q_d \end{cases}$$



Perrin, C., Michel, C., & Andréassian, V. (2003). Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *Journal of Hydrology*, 279(1-4), 275-289. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00225-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00225-7)

## Implementálás Pythonban

```
import numpy as np
...
This class modelate a process rainfall-runoff
Perrin, C., C. Michel, et al. (2003). "Improvement of a parsimonious model for streamflow simul
http://www.cemagref.fr/webgr/Modelesgb/gr4j/fonctionnement_gr4jgb.htm
...

class GR4J:
    'Class hydrological model GR4J'

    def __init__(self, PEQ, A, X, S0, R0):
        self.set_PEQ(PEQ)
        self.a = np.copy(A) # Area of basin in km2
        n = PEQ.shape[0] # Get the lenght of data series
        self.X = np.copy(X) # Parameters of model
        self.Pn = np.zeros((n))
        self.En = np.zeros((n))
        self.R_ = np.copy(R0)
        self.S_ = np.copy(S0)

    # Define the inputs
    def set_PEQ(self, PEQ):
        self.P = np.copy(PEQ[:,1])
        self.E = np.copy(PEQ[:,2])
        self.Q = np.copy(PEQ[:,3])
```

<https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/seasonal-original-single-levels?tab=overview>

## Meteorológiai kényszerek

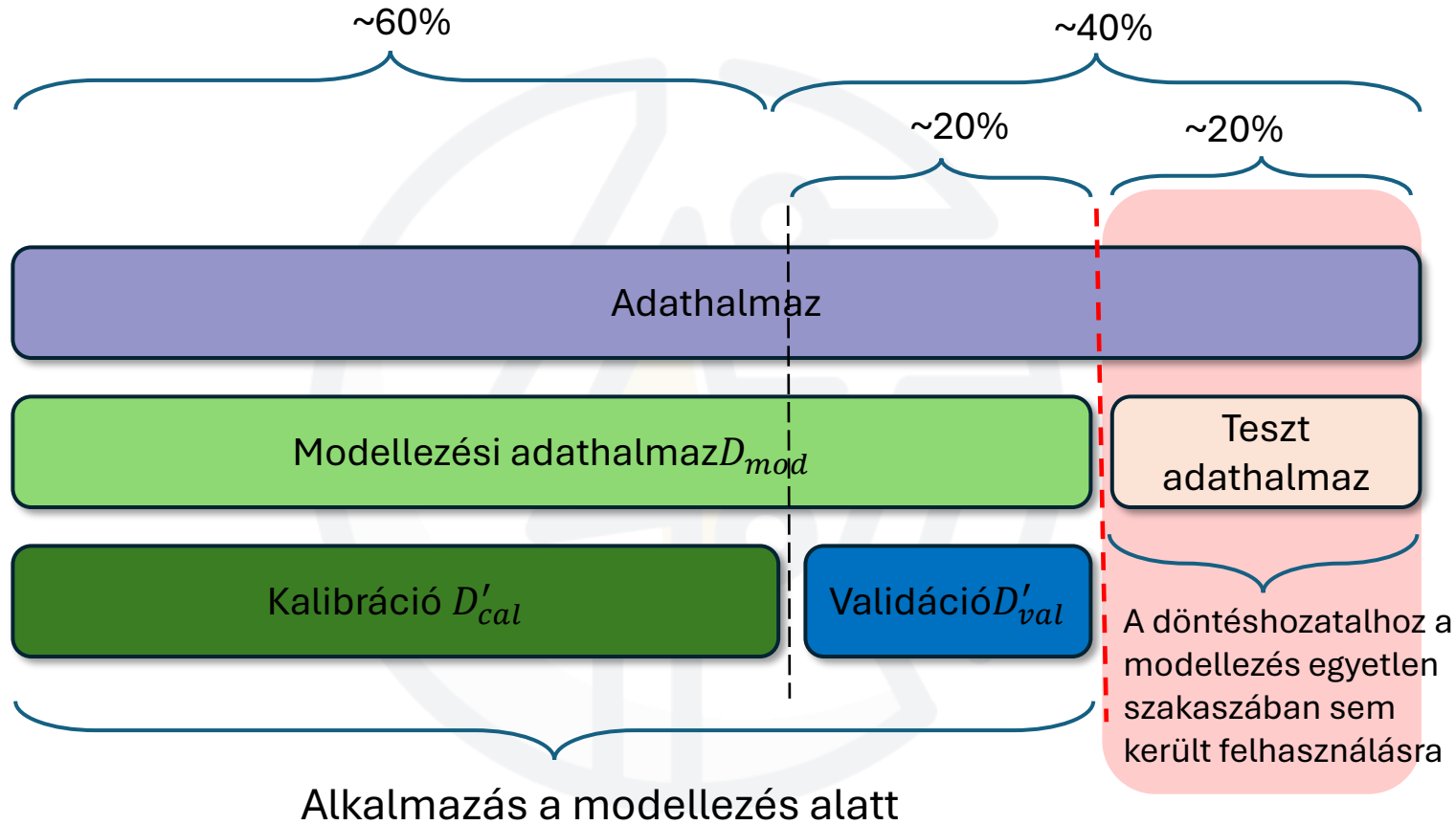


The screenshot shows the Copernicus Climate Data Store interface. At the top, there are logos for the European Union, Copernicus, and ECMWF. The main navigation bar includes 'Climate Data Store', 'Datasets', 'Applications', 'User guide', and 'Live'. A user profile for 'Edgar Espitia' is visible in the top right. Below the navigation, there is a banner for a forum announcement dated 26 Sep 2024. The main content area displays the dataset title 'Szezonális előrejelzési adatok (napi és alnapi idősorok) egyes szinteken' and its English translation 'Seasonal forecast daily and subdaily data on single levels'. A navigation bar below the title has tabs for 'Overview', 'Download', 'Quality', and 'Documentation'. The 'Overview' tab is active, showing a description of the data and a diagram of data sources. To the right, there is a 'Quality Assurance' sidebar with expandable sections for 'Data Management', 'Data records', 'Metadata', and 'Documentation'. A small red circular icon is visible in the bottom right corner of the page.

# Modellkalibráció

Az adathalmaz hányada

Az adathalmaz célja



% A modellező tapasztalatai alapján

Based on: Shen, H., Tolson, B. A., & Mai, J. (2022). Time to Update the Split-Sample Approach in Hydrological Model Calibration. *Water Resources Research*, 58(3), e2021WR031523. <https://doi.org/10.1029/2021WR031523>

# Modellkalibráció

$$KGE^c = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\gamma - 1)^2}$$

$$r_{OS} = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}) (S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}}$$

bias ratio  
Torzítási arány

$$\beta = \frac{\mu_s}{\mu_o}$$

Variability ratio  
Variabilitási arány

$$\gamma = \frac{\sigma_s / \mu_s}{\sigma_o / \mu_o}$$

	KGE'	Description	
	0.8 - 1.0	Excellent	Kiváló
	0.6 - 0.8	Good	Jó
	0.4 - 0.6	Acceptable	Elfogadható
	0.2 - 0.4	Low	Gyenge
	< 0.2	Very low	Nagyon gyenge

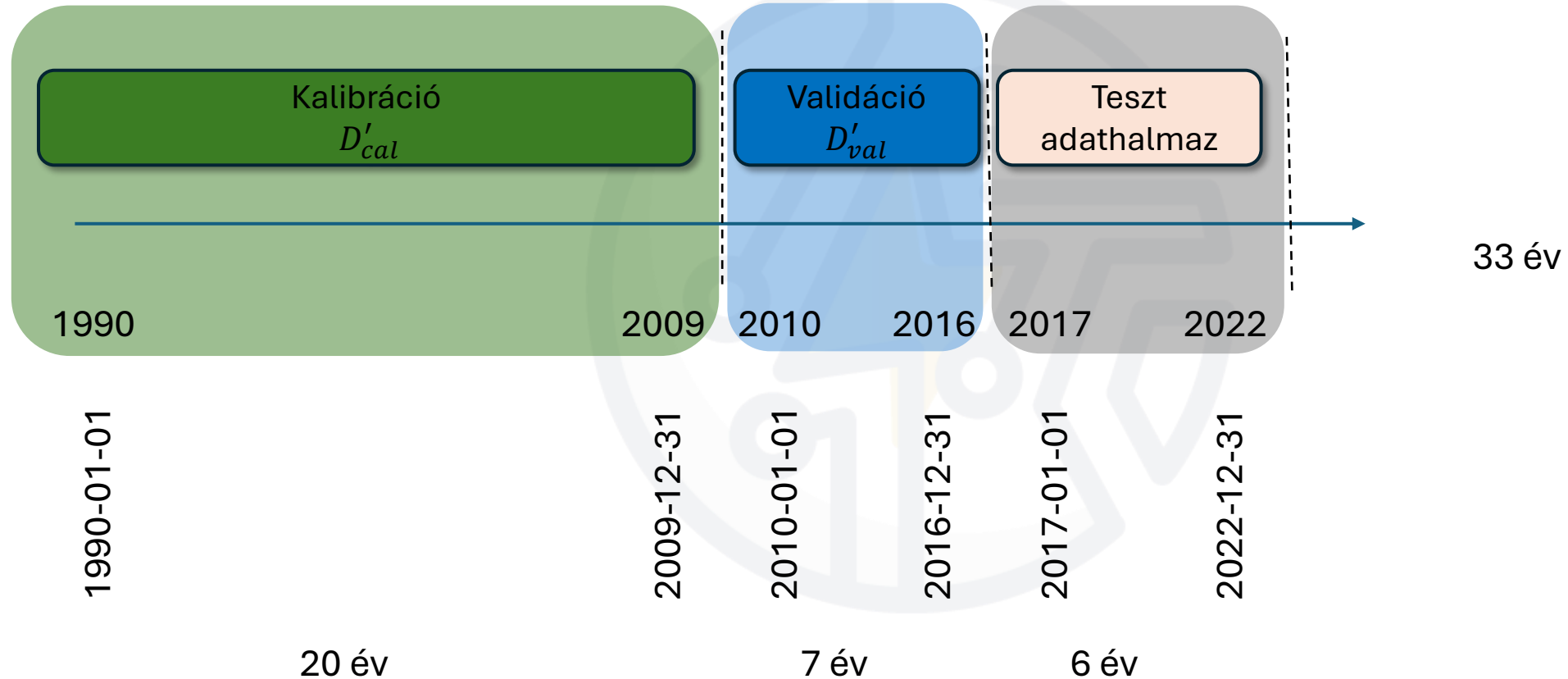
	r
	0.8 - 1.0
	0.6 - 0.8
	0.4 - 0.6
	0.2 - 0.4
	< 0.2

	bias ratio β
	> 1.5
	1.3 - 1.5
	1.1 - 1.3
	0.9 - 1.1
	0.7 - 0.9
	0.5 - 0.7
	< 0.5

	variability ratio γ
	> 1.5
	1.3 - 1.5
	1.1 - 1.3
	0.9 - 1.1
	0.7 - 0.9
	0.5 - 0.7
	< 0.5

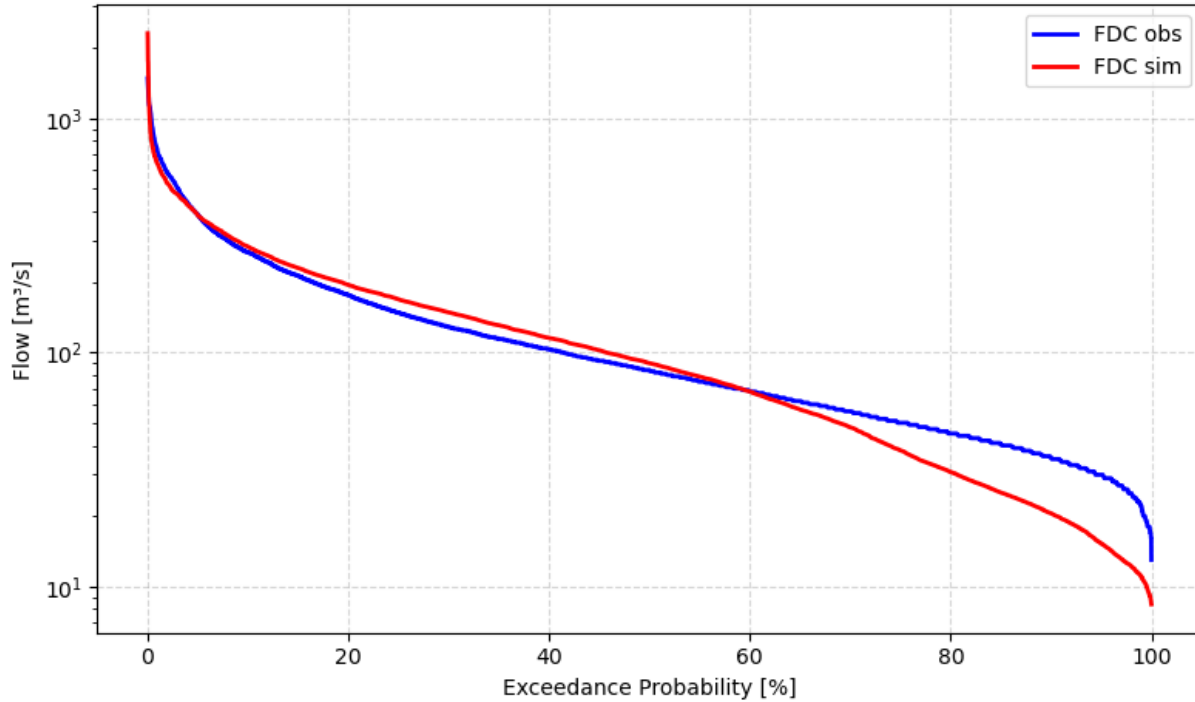
## Modellkalibráció

[/work/bb1480/b381840/scewero/somes\\_tisa/hydromodelling/somes\\_tisa\\_hydromodelling.ipynb](/work/bb1480/b381840/scewero/somes_tisa/hydromodelling/somes_tisa_hydromodelling.ipynb)

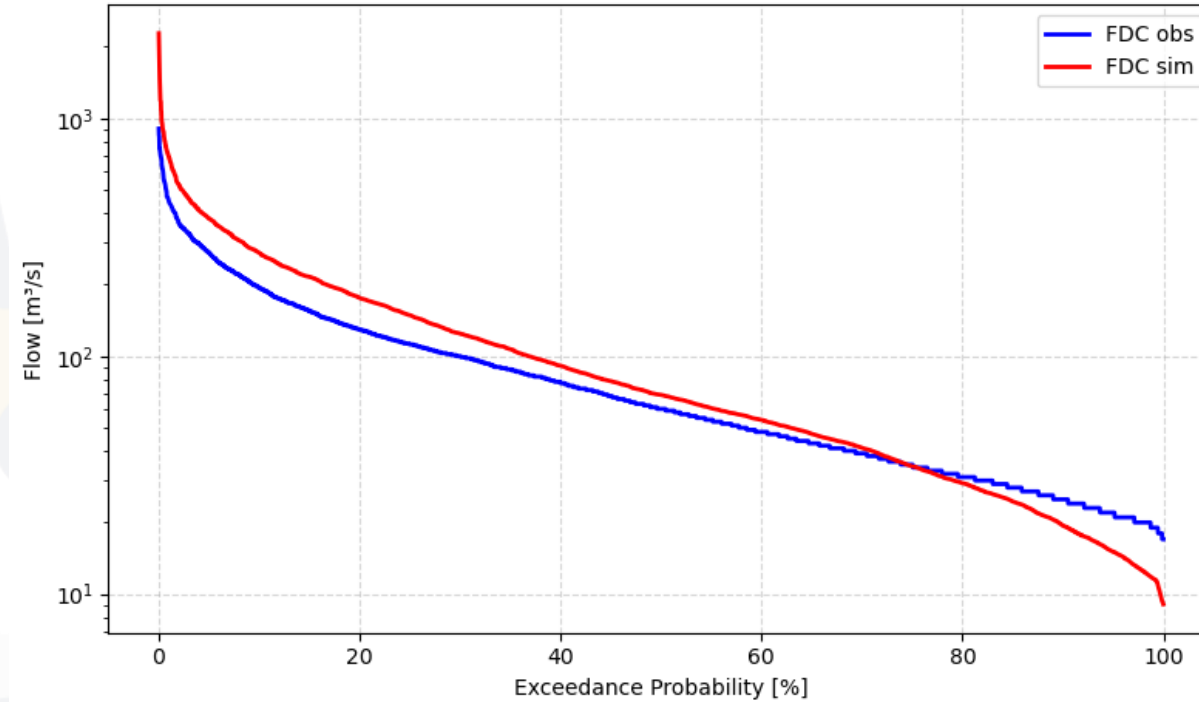


# Vízhozam-tartóssági görbék

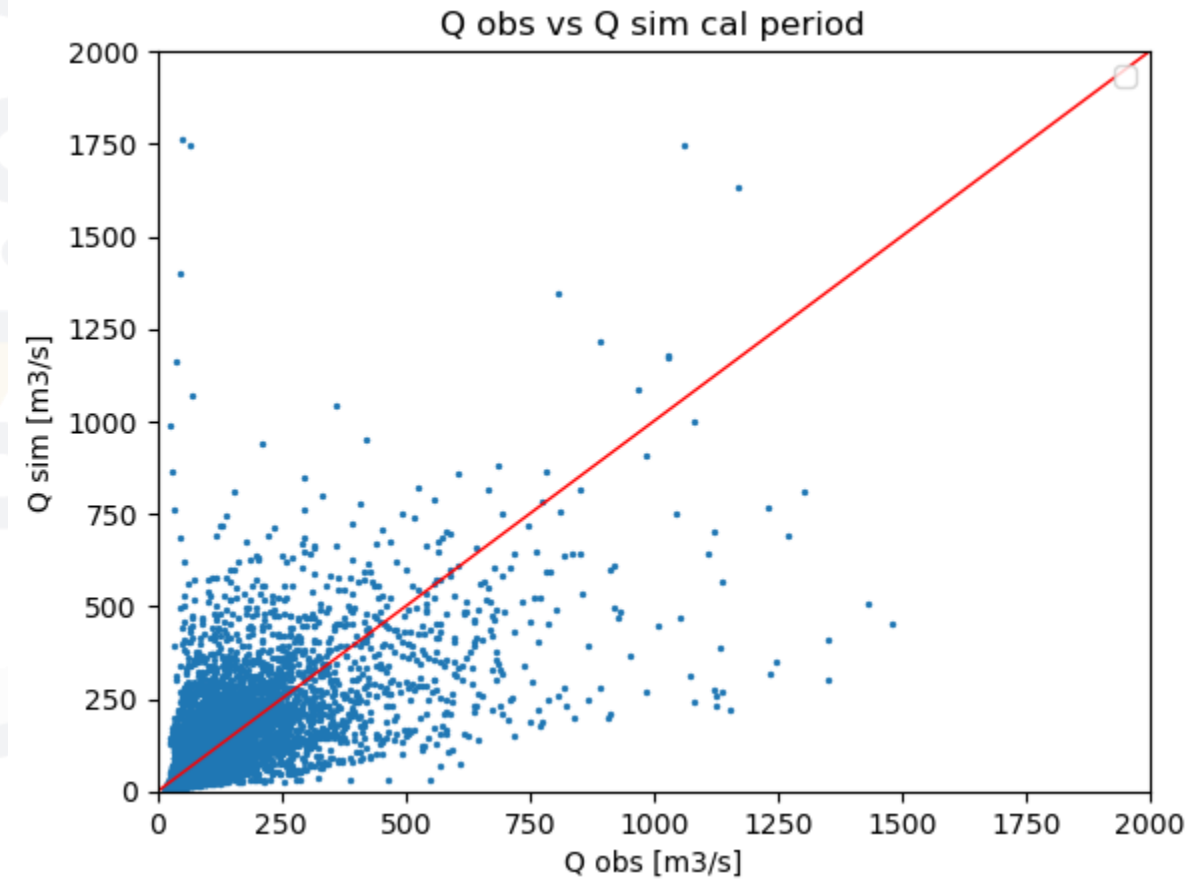
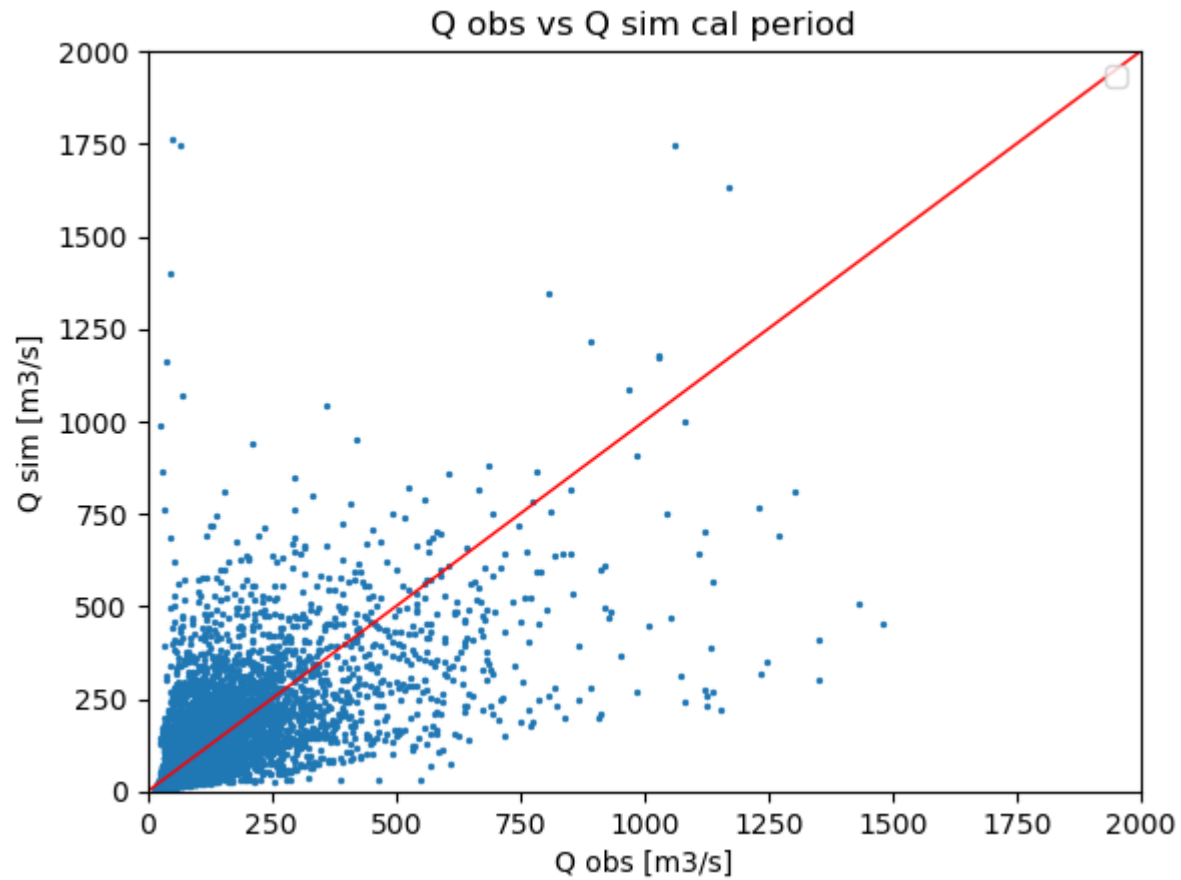
Vízhozam-tartóssági görbék – kalibrációs időszak  
Flow Duration Curve - Calibration period



Vízhozam-tartóssági görbék – validációs időszak  
Flow Duration Curve Validation period



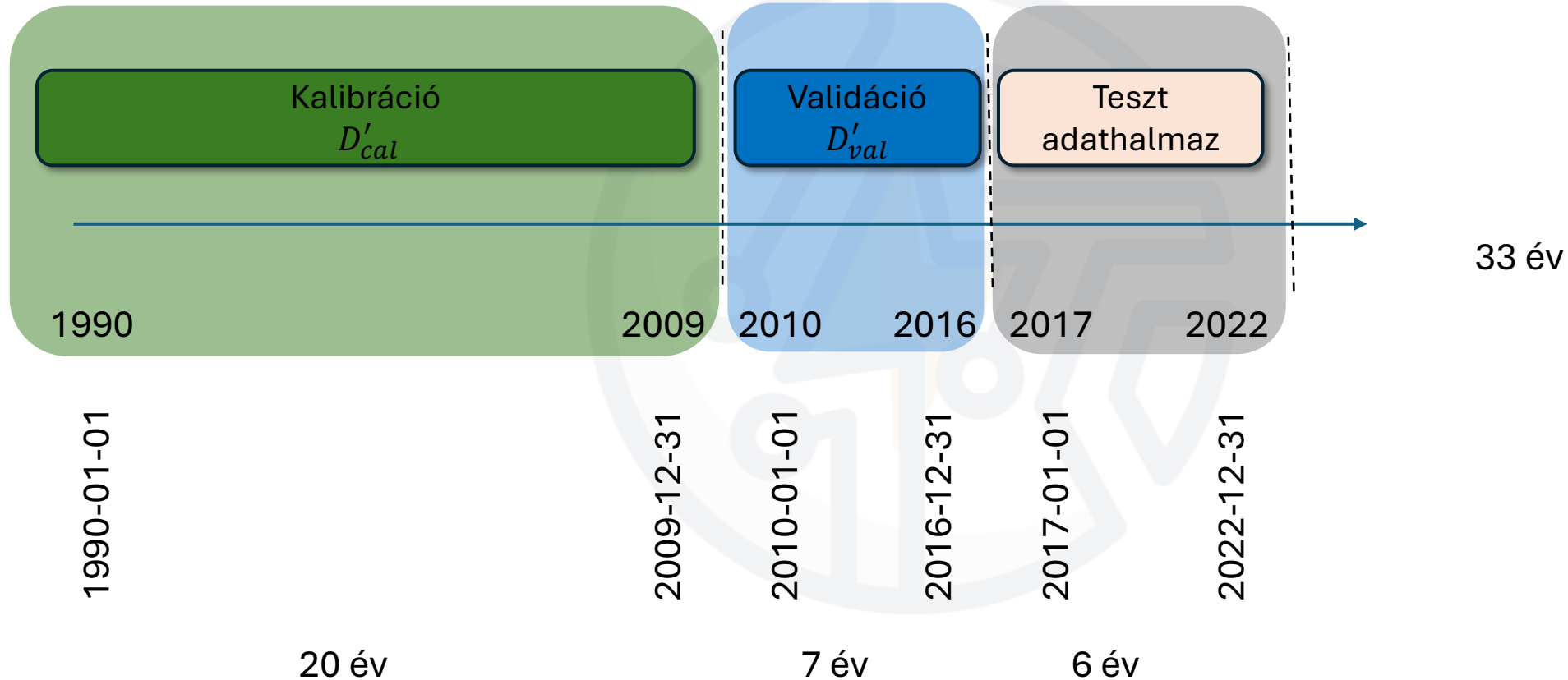
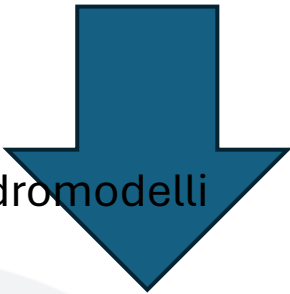
## Szórásdiagramok (Scatter plots)





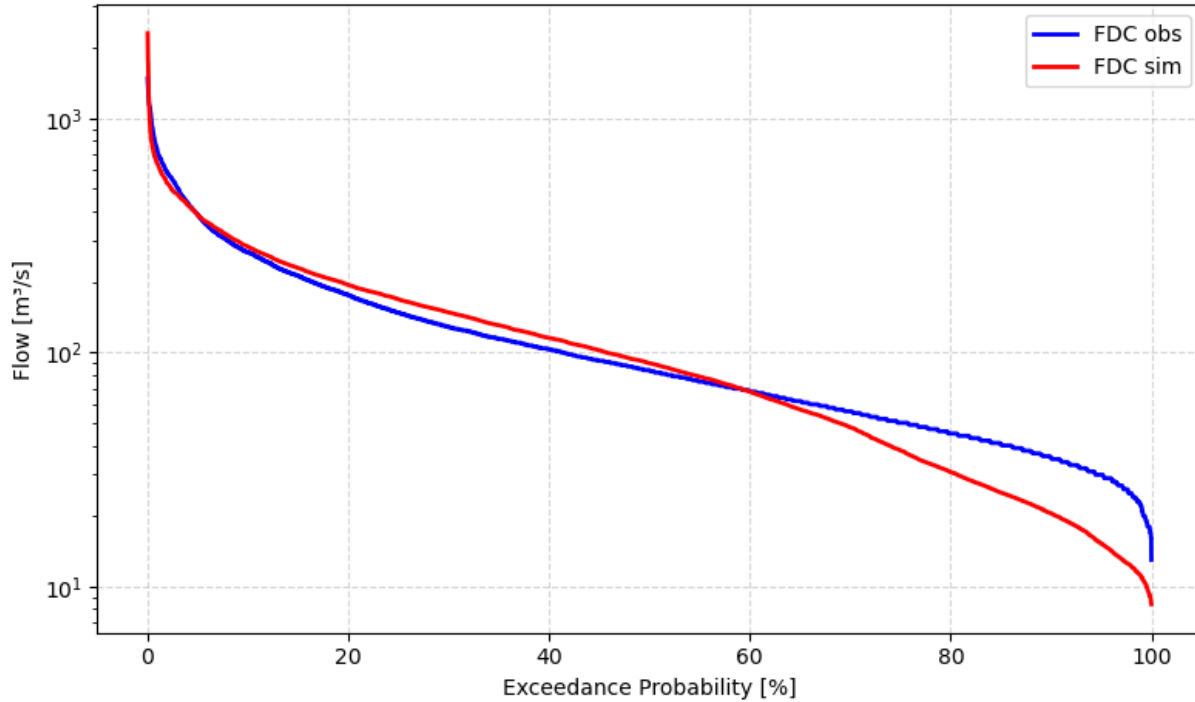
Tesztelés

/work/bb1480/b381840/scewero/somes\_tisa/hydrmodelleng/somes\_tisa\_generate\_Q.ipynb

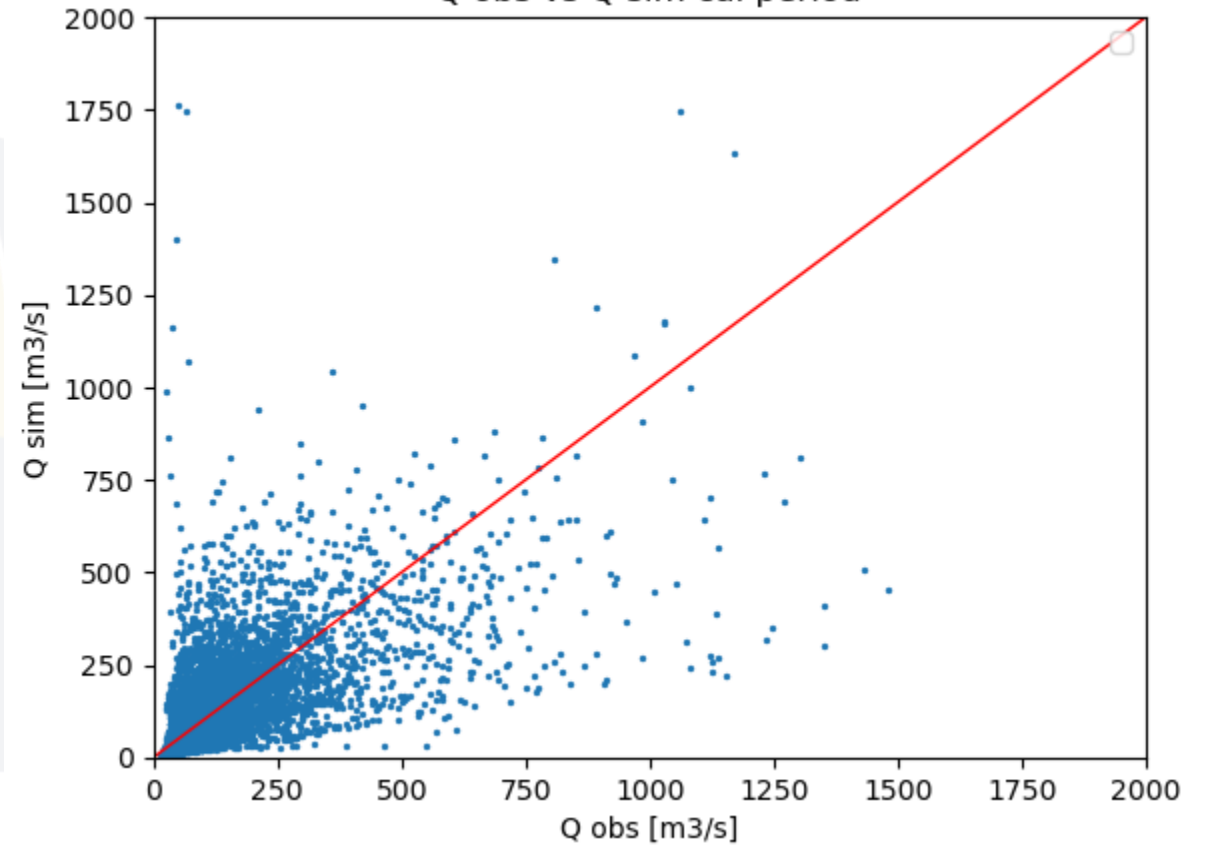


## Tesztelés

Flow Duration Curve - Calibration period

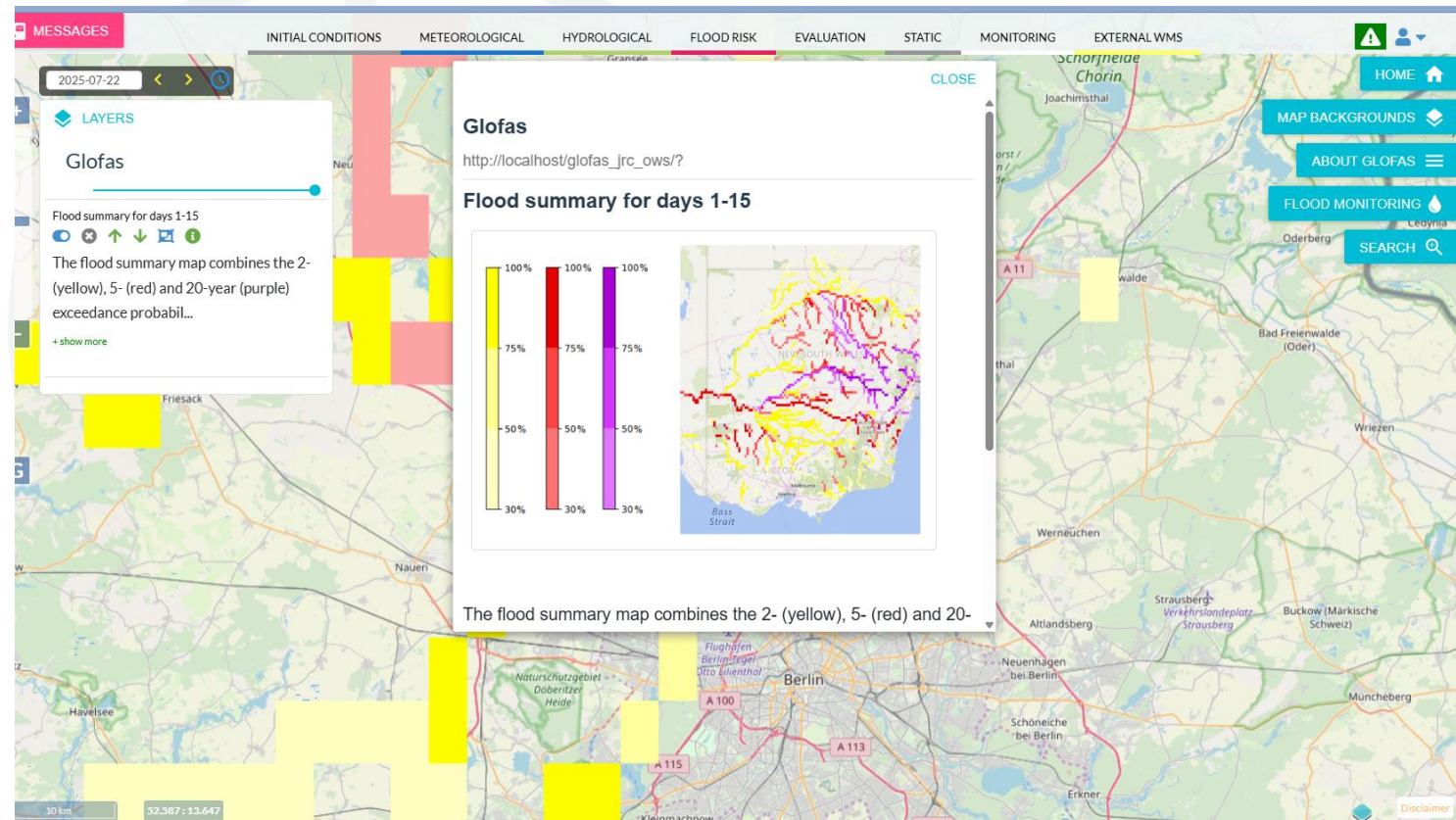


Q obs vs Q sim cal period

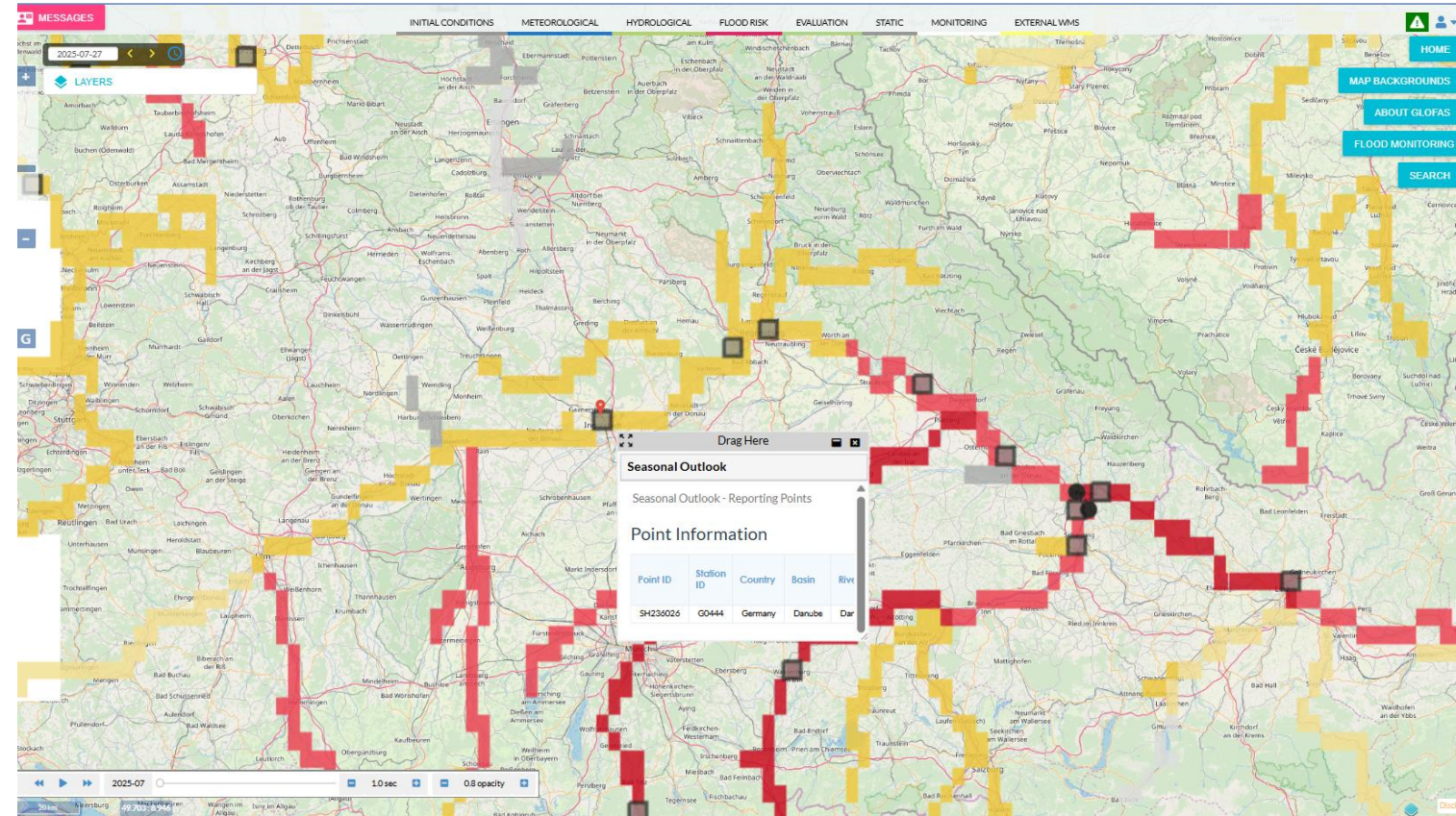


## Rövid távú árvíz-összefoglaló

<https://global-flood.emergency.copernicus.eu/>



## Szezonális előrejelzés



# Szezonális előrejelzés

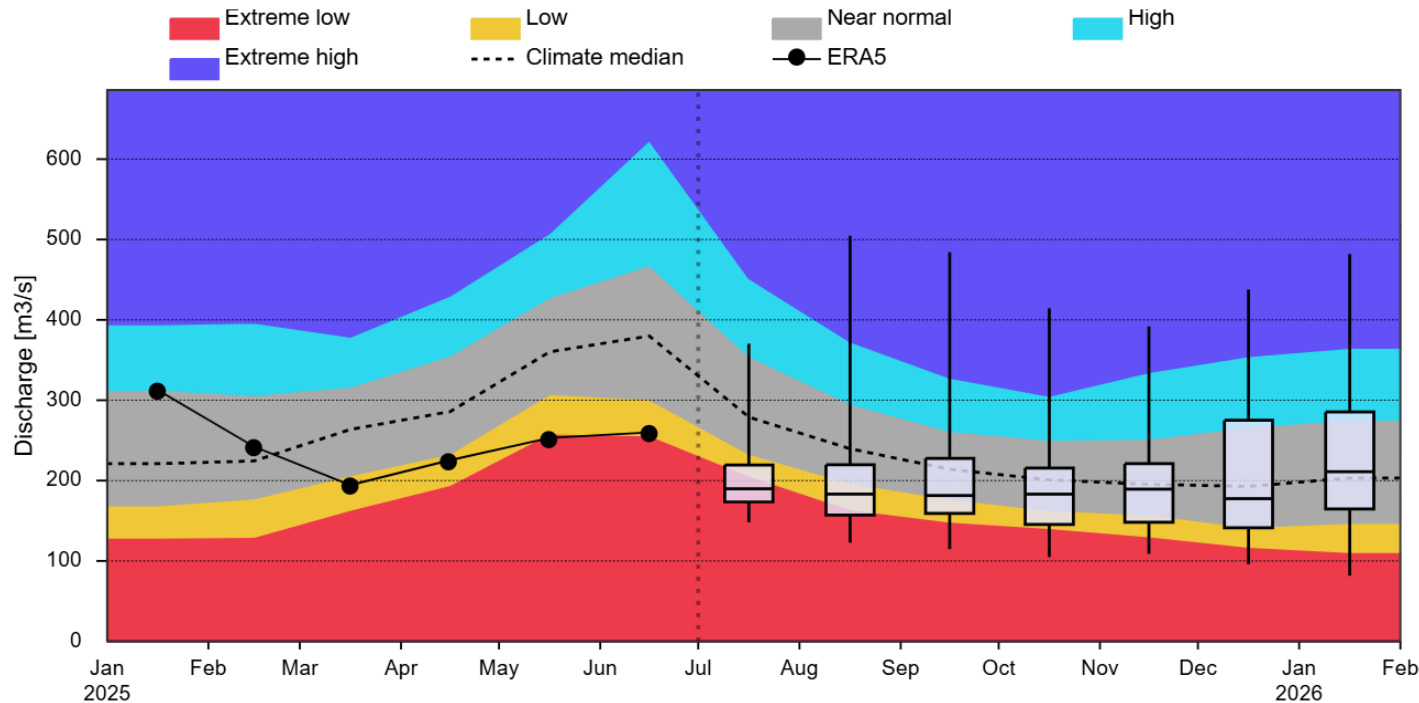
Seasonal Outlook - Reporting Points

Point Information

Point ID	Station ID	Country	Basin	River	Station Name	Drainage Area [km <sup>2</sup> ]	Longitude [Deg]	Latitude [Deg]	USFLOOD Drainage Area [km <sup>2</sup> ]	USFLOOD X [Deg]	USFLOOD Y [Deg]
SH236026	G0444	Germany	Danube	Danube	Ingolstadt	20001	11.4220	48.7540	20419	11.4250	48.7750

Szezonális hidrogram az előzetes, klimatológiai és előrejelzett információk alapján

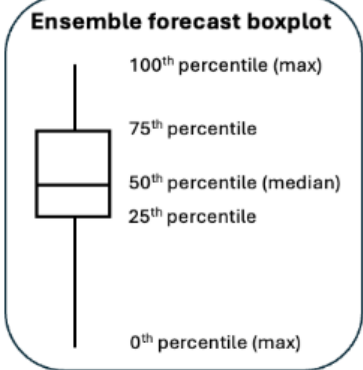
Seasonal hydrograph of antecedent, climatological and forecast information



Klimatológiai küszöbértékek: az extrém alacsonytól az extrém magasig (piros → kék), a tartományfüggő modell-klimatológiákból levezetve

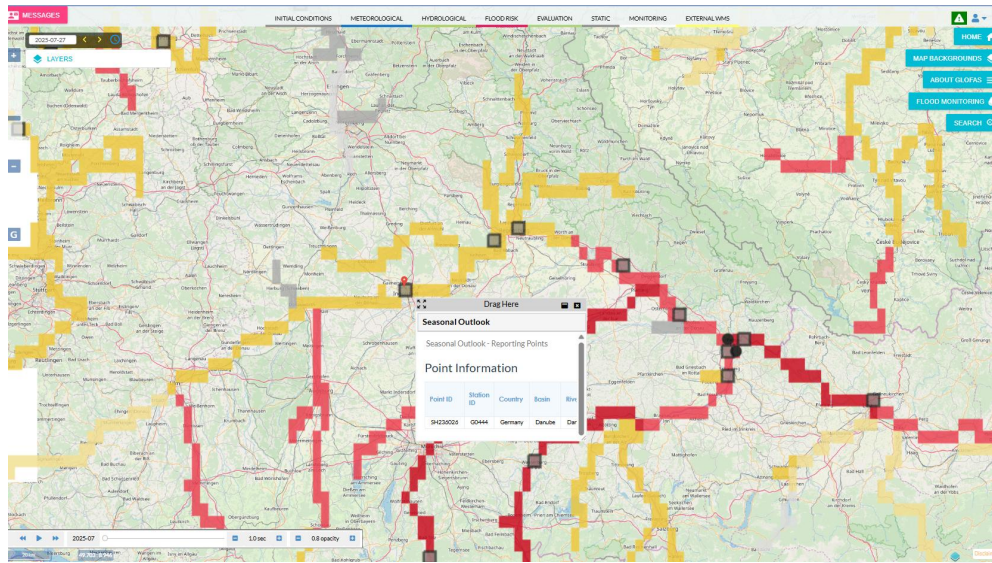
**Climatological thresholds**  
 From extreme low to extreme high (red to blue), derived from range-dependent model climatologies

Ensemble (többtagú) előrejelzés dobozdiagramja (boxplot)



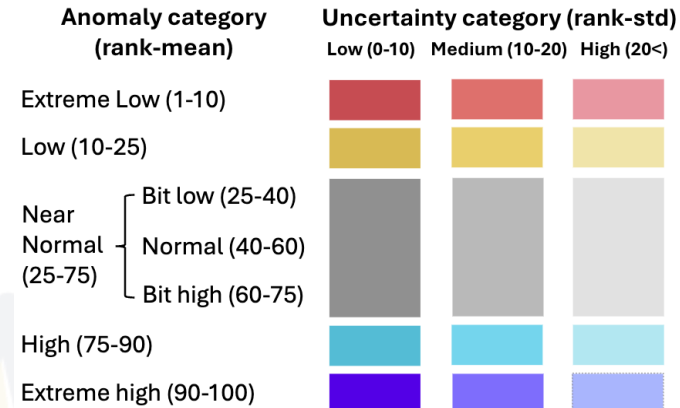
Anomaly category	Rank	Description	
Extreme low	1-10	Bottom 10% of the climatological distribution	
Low	10-25	15% from the 1 <sup>st</sup> decile to the 1 <sup>st</sup> quartile	
Bit low	Near normal (25-75)	25-40	15% from the 1 <sup>st</sup> quartile to the 2 <sup>nd</sup> quintile
Normal		40-60	20% from the 2 <sup>nd</sup> quintile to the 3 <sup>rd</sup> quintile
Bit high		60-75	15% from the 3 <sup>rd</sup> quintile to the 3 <sup>rd</sup> quartile
High	75-90	15% from the 3 <sup>rd</sup> quartile to the 9 <sup>th</sup> decile	
Extreme high	90-100	Top 10% of the climatological distribution	

# Szezonális előrejelzés



Seasonal forecast probability (numbers) and expected anomaly category (coloured cells) [2025-07-01]

	July 2025					August 2025					September 2025					October 2025					November 2025					December 2025					January 2026																		
	EL	L	BL	N	BH	H	EH	EL	L	BL	N	BH	H	EH	EL	L	BL	N	BH	H	EH	EL	L	BL	N	BH	H	EH	EL	L	BL	N	BH	H	EH	EL	L	BL	N	BH	H	EH	EL	L	BL	N	BH	H	EH
July 2025	65	27	4	0	2	2	0	33	31	12	10	8	4	2	16	29	16	15	8	8	8	23	10	18	23	12	12	2	10	19	16	27	12	14	2	14	16	17	12	10	23	8	12	10	16	21	12	23	6
June 2025	22	21	14	21	14	2	6	14	31	19	16	10	6	4	12	14	18	17	16	17	6	17	14	14	19	14	12	10	16	17	12	23	14	6	12	8	19	12	19	20	14	8							
May 2025	12	23	16	21	20	8	0	12	21	14	21	10	16	6	6	14	14	33	17	10	6	18	16	17	21	14	8	6	16	14	14	10	19	25	2														
April 2025	12	12	19	14	21	12	10	8	12	16	14	21	19	10	6	19	18	23	8	10	16	12	15	21	14	12	14	12																					
March 2025	6	21	14	12	19	20	8	6	14	21	20	16	19	4	4	21	16	27	12	16	4																												
February 2025	10	15	14	25	14	16	6	6	12	14	27	19	6	16																																			
January 2025	8	12	18	14	25	17	6																																										



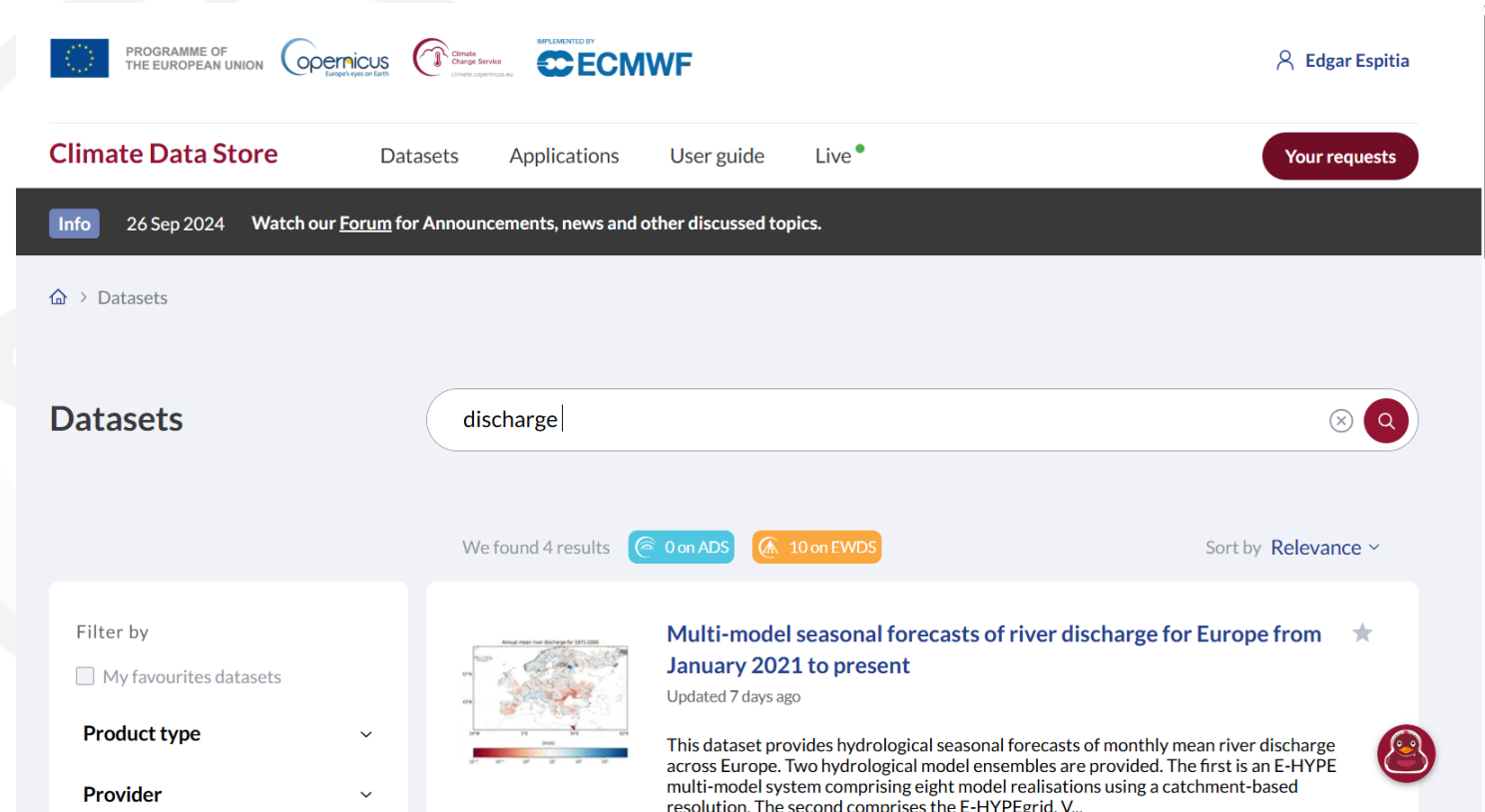
Uncertainty category	Rank STD	Description
Low uncertainty	<10	The standard deviation of the ensemble member ranks is less than 10
Medium uncertainty	10-20	The standard deviation of the ensemble member ranks is between 10 and 20
High uncertainty	20<	The standard deviation of the ensemble member ranks is higher than 20

### Bizonytalansági kategóriák:

- Alacsony bizonytalanság: az ensemble-tagok rangjainak szórása < 10
- Közepes bizonytalanság: a szórás 10 és 20 között
- Magas bizonytalanság: a szórás > 20

## Szezonális előrejelzés letöltése

<https://cds.climate.copernicus.eu/datasets>



The screenshot shows the Copernicus Climate Data Store (ADS) interface. At the top, there are logos for the European Union, Copernicus, Climate Change Service, and ECMWF. The user 'Edgar Espitia' is logged in. The main navigation includes 'Climate Data Store', 'Datasets', 'Applications', 'User guide', and 'Live'. A 'Your requests' button is visible in the top right. Below the navigation, there is an 'Info' section dated 26 Sep 2024 with a link to the forum. The main content area is titled 'Datasets' and features a search bar with the query 'discharge'. Below the search bar, it indicates 'We found 4 results' with '0 on ADS' and '10 on EWDS'. A filter sidebar on the left allows filtering by 'My favourites datasets', 'Product type', and 'Provider'. The first search result is 'Multi-model seasonal forecasts of river discharge for Europe from January 2021 to present', updated 7 days ago. It includes a map of Europe showing discharge forecasts and a description: 'This dataset provides hydrological seasonal forecasts of monthly mean river discharge across Europe. Two hydrological model ensembles are provided. The first is an E-HYPE multi-model system comprising eight model realisations using a catchment-based resolution. The second comprises the E-HYPEgrid, V...'

Köszönöm a figyelmet!!

Kérdések?