

Vodní stres ve světě a v Česku: Jaké jsou možnosti řešení?



Prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie

PřF MU, Geografický ústav, 22.2. 2023



Water means Life - L'aua es vita - Wasser heisst Leben -
No hay vida sin agua - Voda znamená život

2 miliardy lidí v 80 státech světa trpí chronickým nedostatkem vody

1,2 miliardy lidí nemá přístup k pitné vodě (WMO)

2,5 miliardy lidí (36 %) není napojeno na čistírny odpadních vod

2/3 světové populace trpí chorobami vlivem nedostatku nebo
špatné kvality vody (WHO)

Co může způsobit rostoucí tlak na vodní zdroje ?

- Sociální nestabilita
- Migrace ze suchých regionů
 - Války o vodu ?

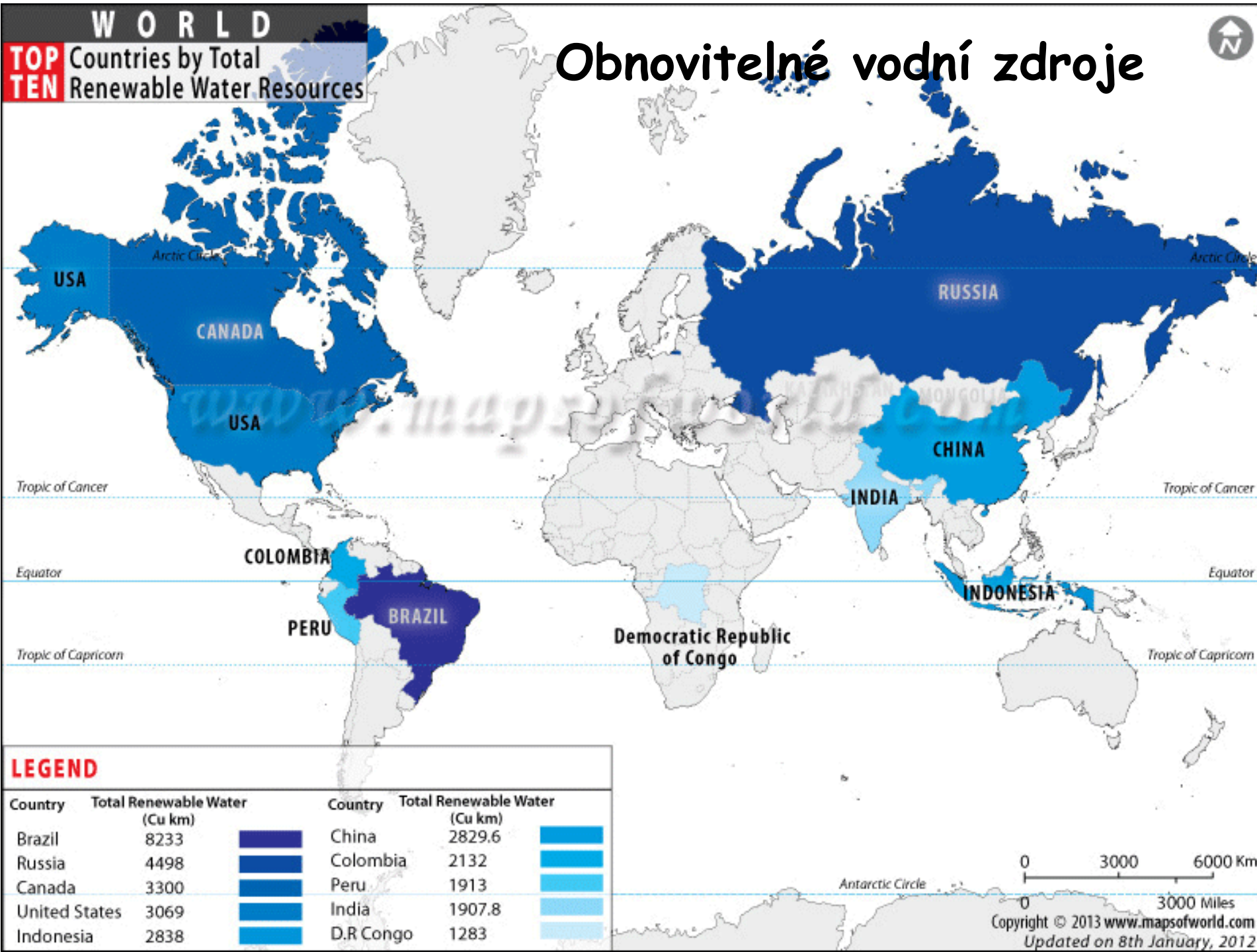
Rozdílné přírodní poměry: různá **odtoková výška** na kontinentech

Oceánie	1560 mm
Jižní Amerika	658
Severní Amerika	324
Asie	312
Evropa	271
Antarktida	165
Afrika	136
Austrálie	37
ZEMĚ	314 mm

WORLD

TOP TEN Countries by Total Renewable Water Resources

Obnovitelné vodní zdroje



LEGEND

Country	Total Renewable Water (Cu km)	Color	Country	Total Renewable Water (Cu km)	Color
Brazil	8233	Dark Blue	China	2829.6	Light Blue
Russia	4498	Dark Blue	Colombia	2132	Light Blue
Canada	3300	Dark Blue	Peru	1913	Light Blue
United States	3069	Dark Blue	India	1907.8	Light Blue
Indonesia	2838	Light Blue	D.R Congo	1283	Lightest Blue

Rio Amazonas – největší řeka naší planety

Délka:

7 062 km

Plocha povodí:

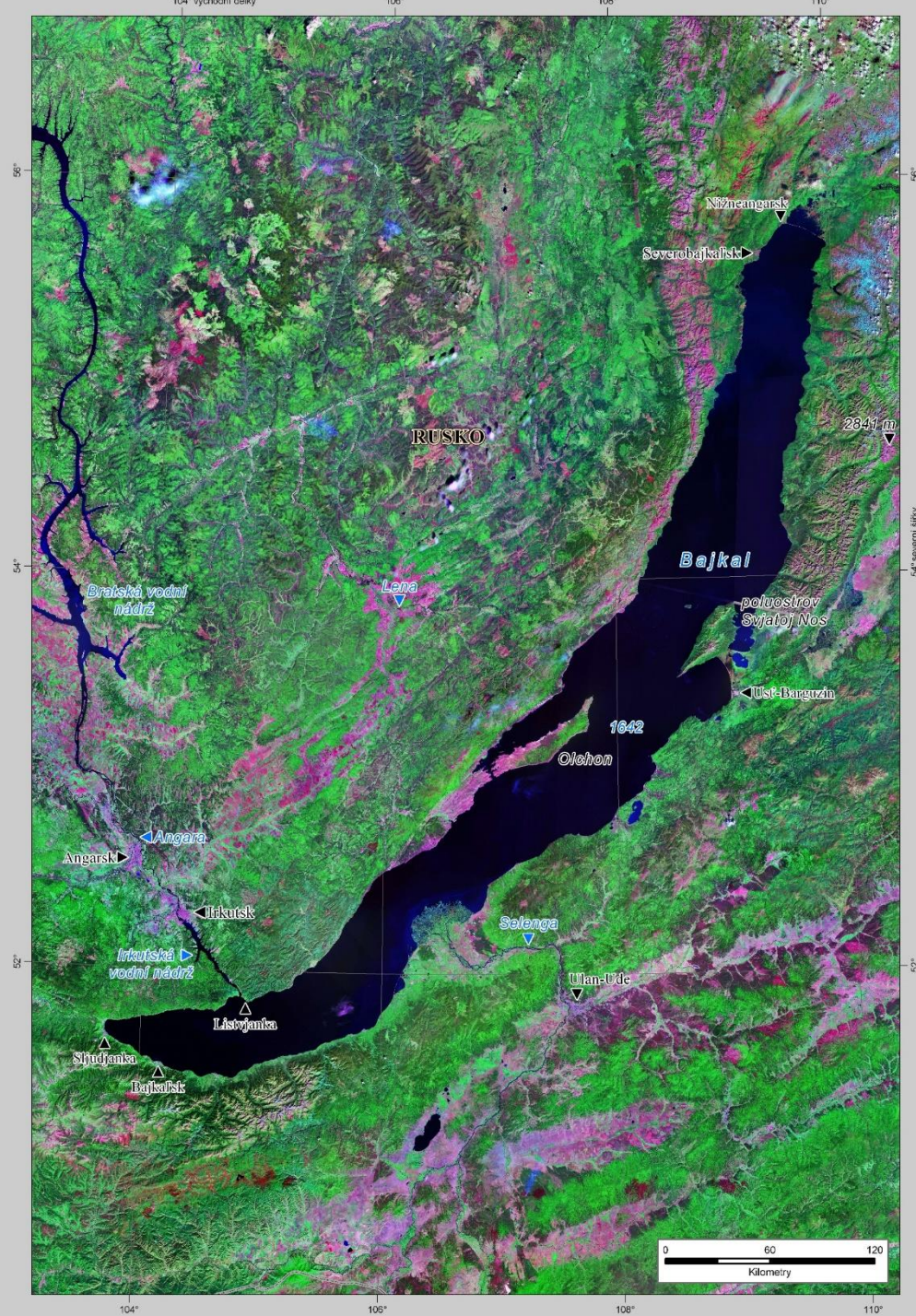
7 mil. km²

Střední průtok:

220 000 m³/s

20 % světového přítoku do oceánu





Plocha – 31 432 km²

Max. hl. – 1637 m

Kryptodeprese:

(1181 m)

Stř. hloubka 731 m

Objem – 23 015 km³

**18% světových zásob
sladké vody**

plocha povodí:

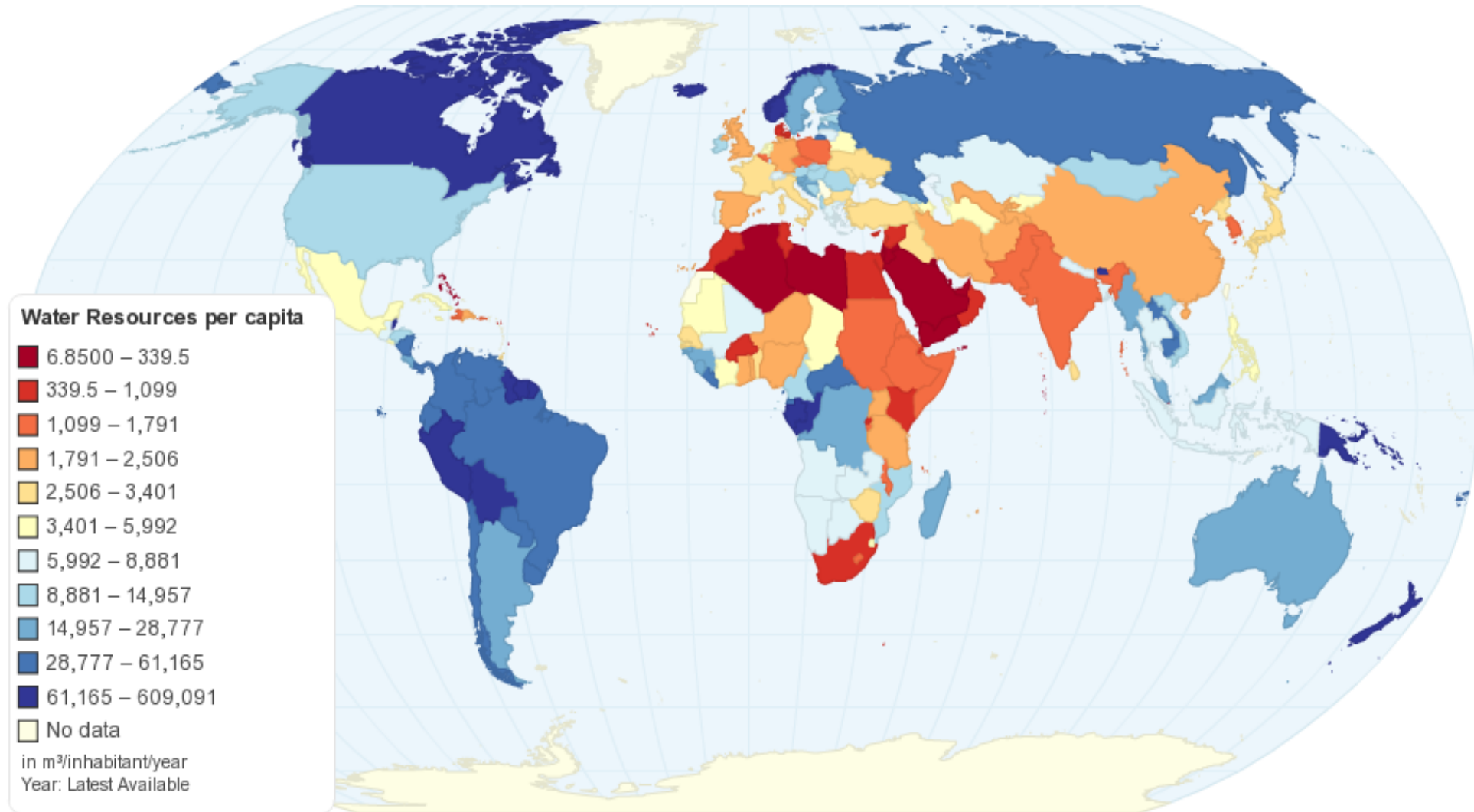
540 000 km²

Přítoky: 366

vytéká Angara:

Qa: 1940 m³/s

Vodní zdroje na obyvatele ve státech



Zobrazeno v tis. m³/obyv. /rok

Státy s nejmenšími zásobami obnovitelné vody na Zemi



Rozdíly v zásobách vody mezi státy

Na každého obyvatele **Islandu** připadá přes 674 000 m³ vody.

Vynikající podmínky mají Guyana, Fr. Guyana, DR Kongo, Kanada , Bhútán, Nový Zéland, Norsko (112 000 m³), Švédsko a Finsko (23 000)

V **Česku** asi **1500 m³** vody/obyv., na **Slovensku** **9200 m³**/obyv.).

Podobně jako ČR je na tom Polsko, hůře Německo (1300 m³/obyv.) a Maďarsko (600 m³/obyv.)

Postsovětská Střední Asie: Kyrgyzstán (8550), Tádžikistán (7700), Uzbekistán (540), Turkmenistán (270)

X

Kuwait a Katar nemají prakticky žádnou sladkou vodu...

Globální spotřeba vody ve světě

- Od r. 1950 stoupla spotřeba vody asi 3,5krát.
- Na území bývalého Československa stoupla spotřeba vody mezi léty 1950 a 1990 přibližně **4krát!** (z 5,5 km³ na 21 km³)
- Dříve se velikost spotřeby dávala do souvislosti s hospodářskou vyspělostí zemí.
- Dnes však nejvyspělejší země spotřebu vody omezují vlivem **recyklace** i vyspělých technologií (např. **Izrael 75%**, USA, Japonsko asi 60% spotřebované vody, Švýcarsko, Rakousko přes 30%)

Specifická spotřeba vody:

- USA - cca 2160 m³/obyv./rok
- kolem 500 m³/obyv./rok (Maroko, Honduras, Srí Lanka)
- pod 20 m³/obyv./rok (Guinea-Bissau, Mali, Mauritánie)

Struktura spotřeby vody ve světě

SVĚT: 70 % zemědělské závlahy

20 % průmysl

10 % pitná voda.

Indie - na závlahy až 93% spotřebované vody

USA - průmysl a energetika cca 50% z celkové spotřeby

Česko: vysoký podíl spotřebované pitné vody ve srovnání s vyspělými zeměmi

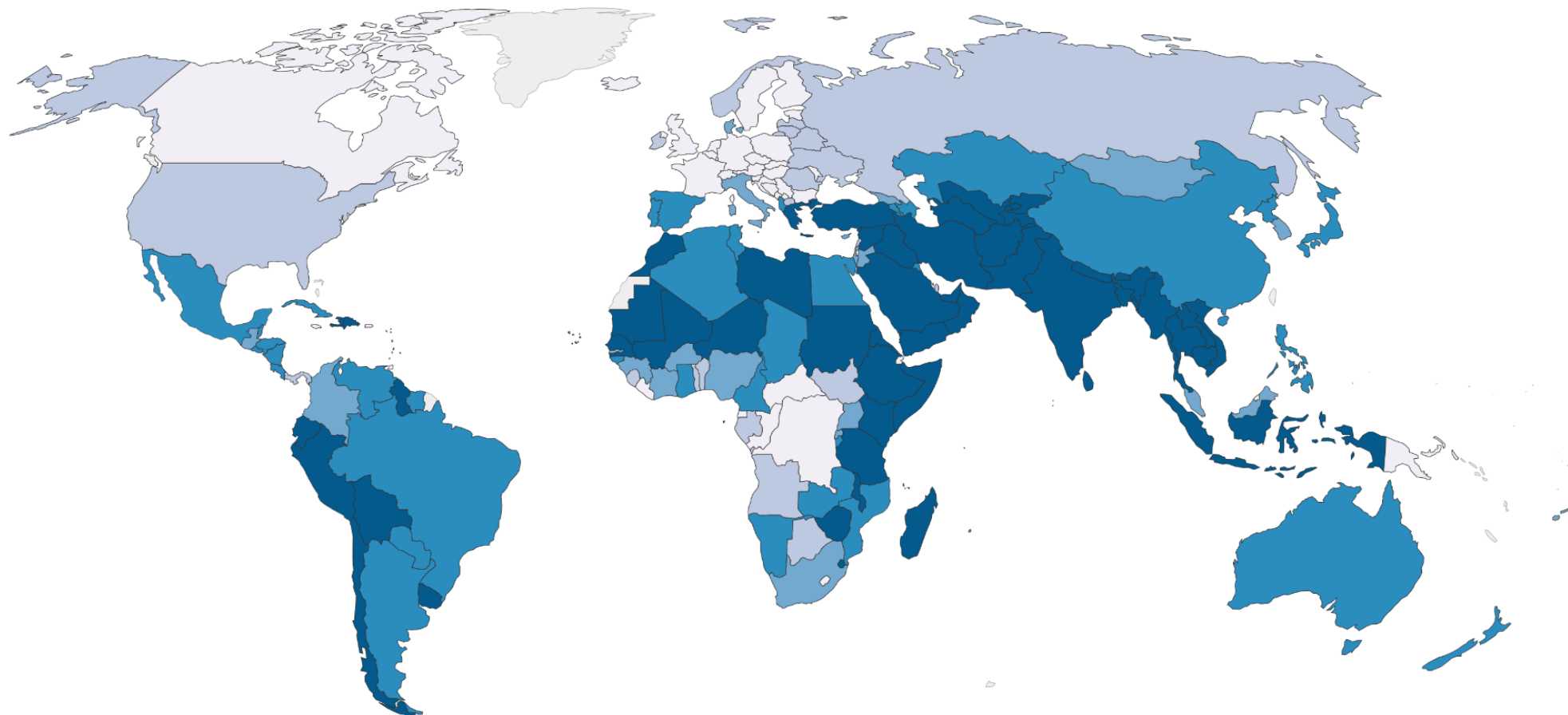
38 % pitná voda

32 % průmysl a služby

26 % energetika

4 % zemědělství

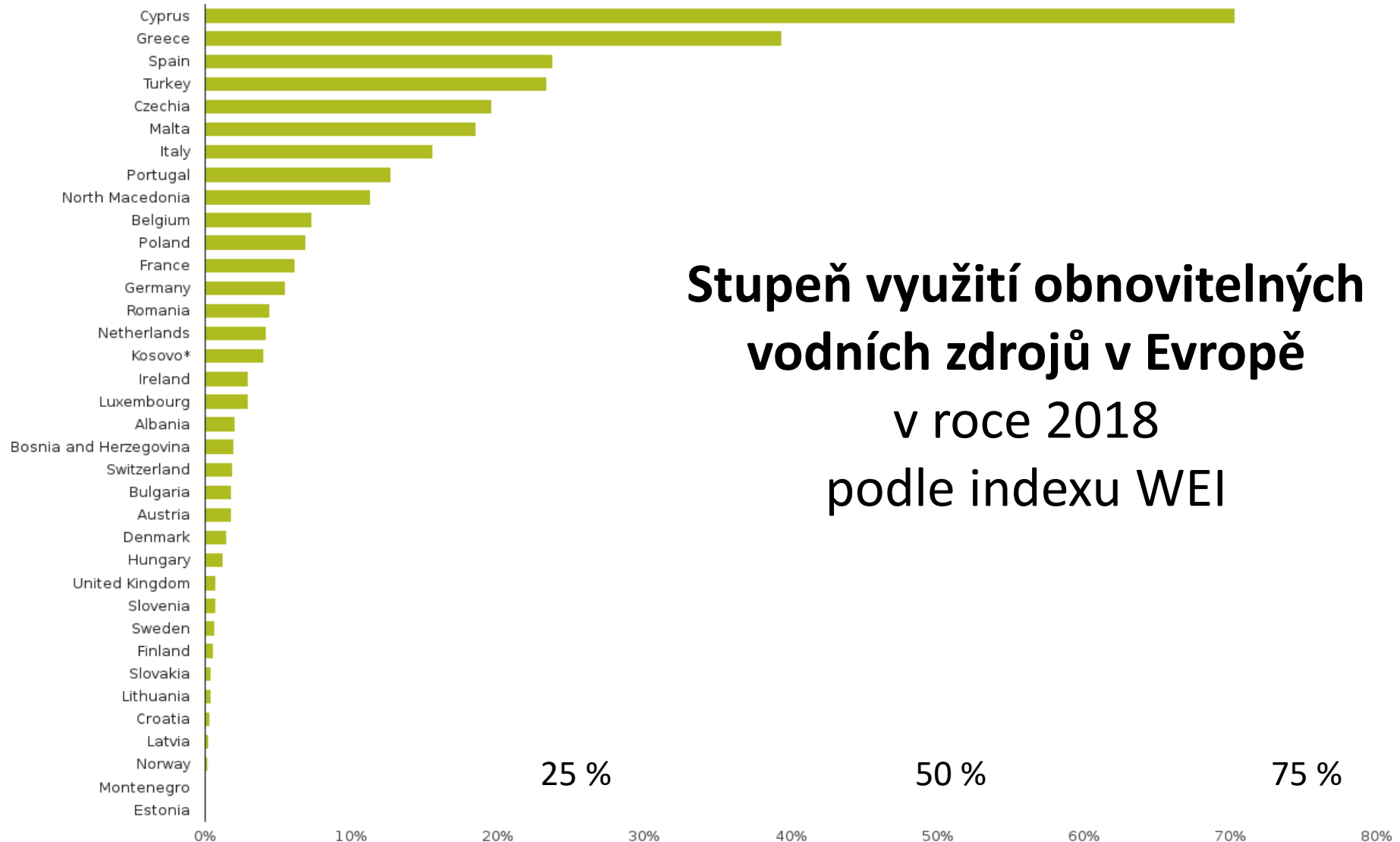
Podíl odběrů vody v zemědělství na celkové spotřebě



Hospodářský sektor	% odběrů vody z disponibilních vodních zdrojů	
	Evropa (data EEA)	Česká republika
zemědělství	58,3	2,9
energetika	18,2	40,6
průmysl a těžba	10,6	16,1
vodárenství	9,6	38,5
služby a ostatní	3,3	1,9

Podíl odběrů vody jednotlivými hospodářskými sektory v Evropě a v ČR

Chart – Water scarcity conditions as measured using the water exploitation index plus (WEI+), by country, 2017



Stupeň využití obnovitelných vodních zdrojů v Evropě v roce 2018 podle indexu WEI

25 % 50 % 75 %

Poznámky:
WEI+ znázorňuje procento využití vody oproti obnovitelným zdrojům sladké vody v daném čase a místě.
Evropská agentura pro životní prostředí, 2019
*Toto označení se nedotýká postojů ke statutu a je v souladu s rezolucí Rady bezpečnosti OSN 1244 a stanoviskem Mezinárodního soudního dvora ke Kosovské deklaraci nezávislosti.

Vodní stres ve městech

Kolem 270 milionů lidí žije ve městech s velmi napjatým zásobením vodou (vlivem přírodních podmínek nebo finančních limitů):

Tokyo (37,800,000), Delhi (25,000,000), Shanghai (23,000,000), Mexico City (20,800,000), Beijing (19,500,000) Karachi (16,000,000), Kolkata (14,800,000), Istanbul (14,000,000), Rio de Janeiro (12,800,000), Los Angeles (12,300,000), Moscow (12,100,000), Chongqing (12,900,000), Tianjin (10,900,000), Shenzhen (10,700,000), London (10,200,000), Bangalore (9,700,000), Lima (9,700,000), Chennai (9,600,000), Hyderabad (8,700,000) and Wuhan (7,800,000).

Odhaduje se, že na produkci potravin pro cca 9,3 miliard obyvatel Země v roce 2050 bude zapotřebí **2x více vody než dnes!**

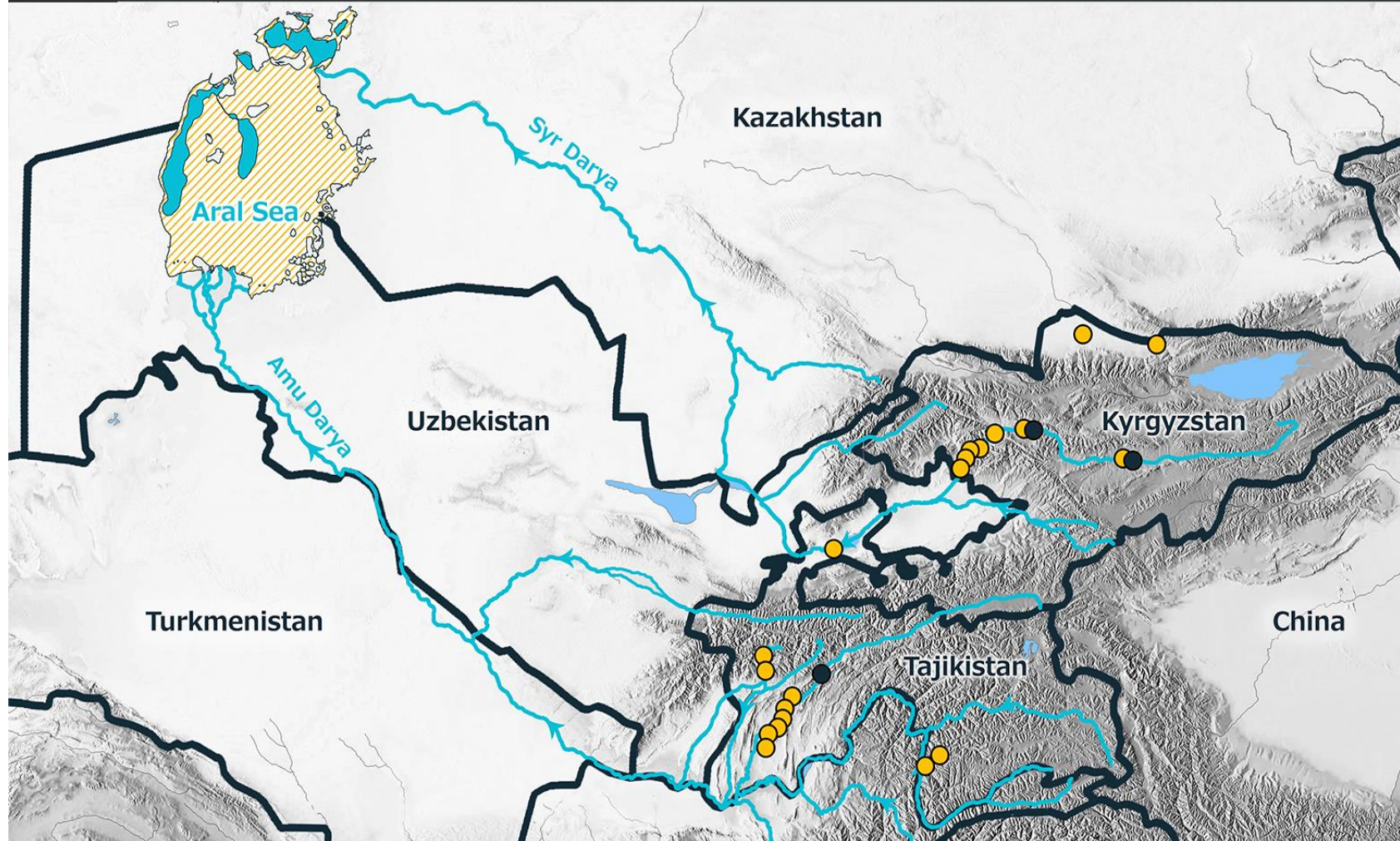
Obyvatelstvo bez přístupu k pitné vodě a bez připojení na čistírny odpadních vod

Země	Počet obyvatel (mil.)	Obyv. bez p. v. (%)	Obyv. bez pitné vody (mil.)	Obyv. bez připojení na ČOV (%)	Obyv. bez připojení na ČOV (mil.)
Togo	6,2	41	2,5	88,6	5,5
Ghana	25	13,7	3,4	86,5	21,6
Burk. Faso	17	20	3,4	82,0	13,9
Etiopie	84,7	51	43,2	79,3	67,2
Haiti	10,1	36	3,6	73,9	7,5
Keňa	41,6	39,1	16,3	70,6	29,4
Nigérie	162,5	38,9	63,2	69,4	47
DR Kongo	67,8	53,8	36,5	69,3	47
Kambodža	14,3	32,9	4,7	66,9	9,6
Uganda	34,5	25,2	8,7	65,0	22,4
Indie	1241,5	8,4	104,3	64,9	805,7
Nepál	30,5	12,4	3,8	64,6	19,7
Bolívie	10,1	12	1,2	53,7	5,4
Pákistán	176,7	8,6	15,2	52,6	92,9
Kamerun	20	25,6	5,1	52,2	10,4
Senegal	12,8	26,6	3,4	48,6	6,2
Nikaragua	5,9	15	0,9	47,9	2,8
Jemen	24,8	45,2	11,2	47,3	11,7
Malawi	15,4	16,3	2,5	47,1	7,3
Mongolsko	2,8	14,7	0,4	47,0	1,3
Bangladéš	150,5	16,8	25,3	45,3	68,2
Indonésie	242,3	15,7	38	41,3	100,1
Čína	1347,6	8,3	111,9	34,9	470,3
SVĚT	6950,7	11,05	768,1	35,9	2495,3

Nadměrná spotřeba: negativní zásah do koloběhu vody v přírodě

- Ekologickou katastrofou značných rozměrů je vysychání **Aralského jezera** (dnes asi 10 % původní plochy). Příčinou je rozšíření ploch pro pěstování bavlny v Uzbekistánu a nárůst odběrů vody z řek Amudarji (*Karakumskij kanal*, s odbočkami až 2 200 km) a Syrdarji.
- Růst napětí mezi sousedními státy: horské země s dostatkem vody vers. státy na dolních tocích s velkou spotřebou na závlahy → dříve centrálně řízeno, dnes národní zájmy (výroba energie, voda na zavlažování)

Hydroelectric Power Plants in Central Asia



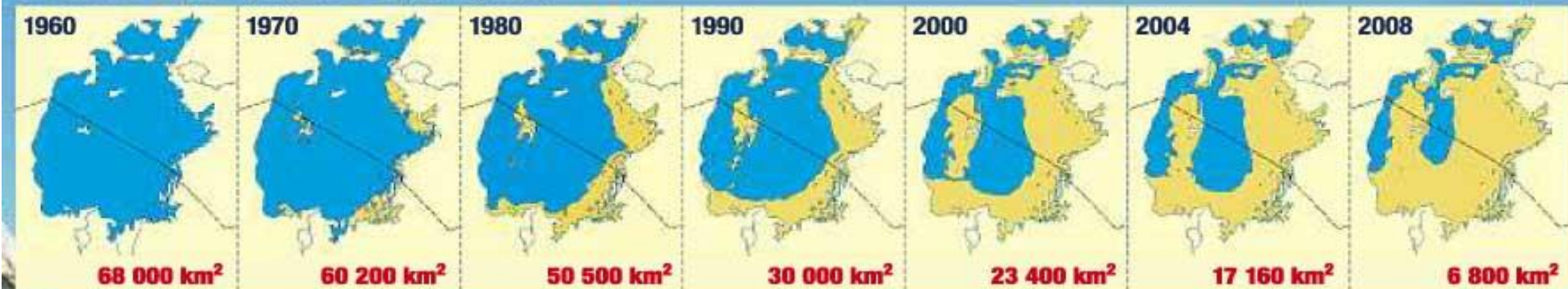
 Scope of the Aral Sea in 1960

 River flow

 Hydroelectric power plants

 Hydroelectric power plants under construction

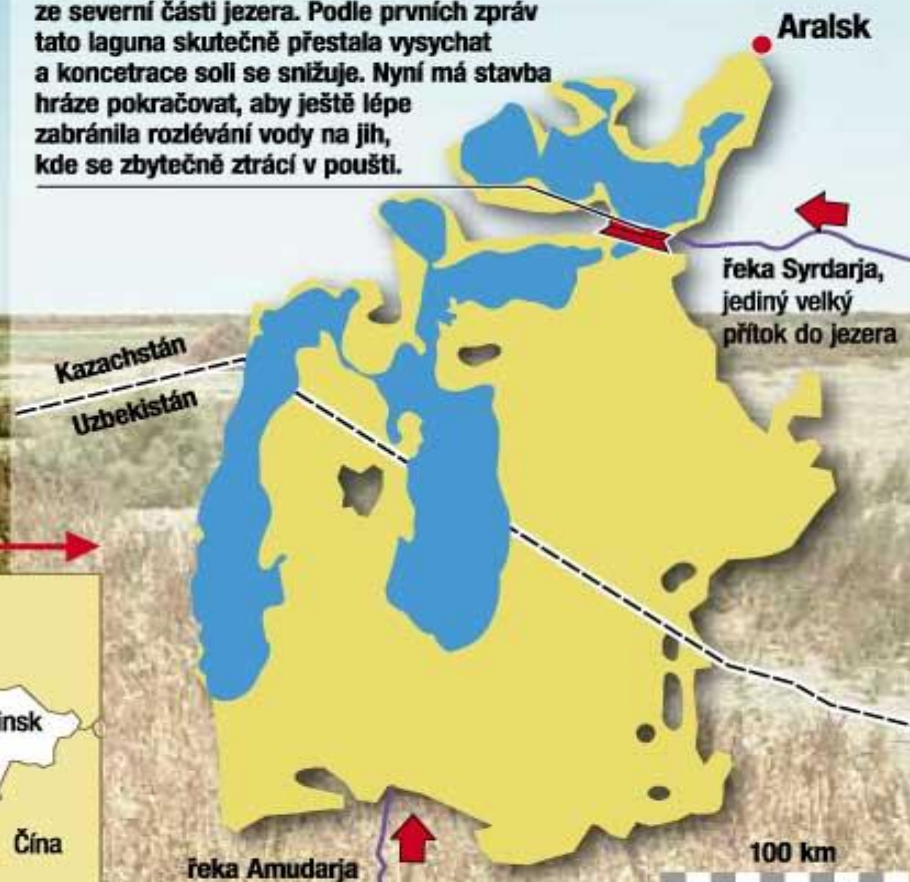
Jak se mění vodní plocha Aralského jezera



Důsledky vysychání Aralského jezera

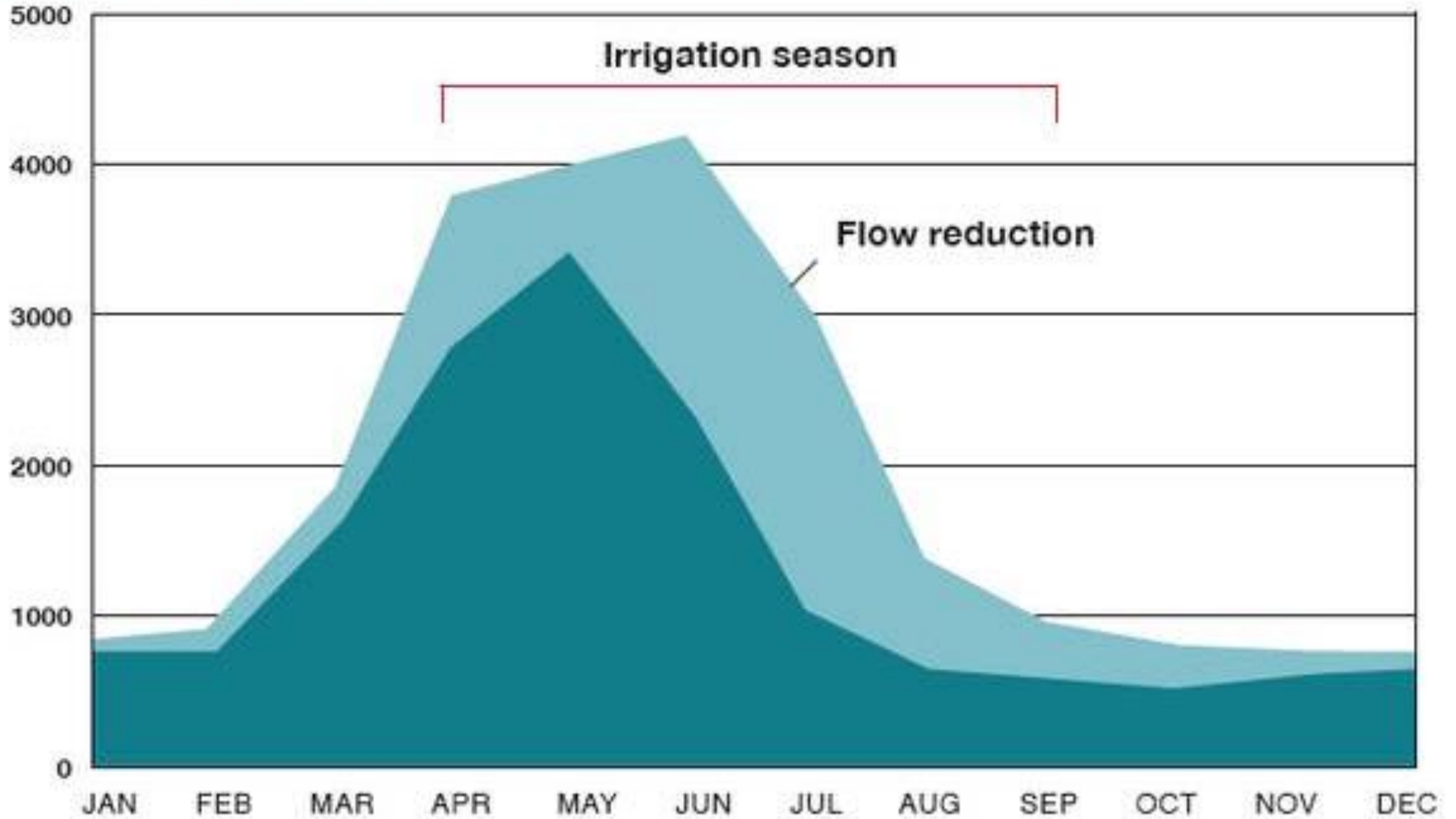
- » Ze 708 km³ zbylo ve větší části jezera pouhých 75 km³ vody.
- » Slanost vody se zvýšila ze 14 na více než 100 gramů soli na litr.
- » Rozloha mokřadů se zmenšila ze 100 tisíc hektarů na méně než 15 tisíc hektarů.
- » Ze 32 druhů ryb jich zbylo 6.
- » Ze 319 druhů ptáků obývajících mokřady jich zbylo 160.
- » Ze 70 druhů savců žijících v oblasti jich zbylo 32.

V roce 2005 postavil Kazachstán prvních 13 km hráze, která brání odtoku vody ze severní části jezera. Podle prvních zpráv tato laguna skutečně přestala vysychat a koncentrace soli se snižuje. Nyní má stavba hráze pokračovat, aby ještě lépe zabránila rozlévání vody na jih, kde se zbytečně ztrácí v poušti.



Water discharge, m³ per second

Amударja River



Aralské jezero



July - September, 1989



October 5, 2008

Foto NASA



Čadské jezero v r. 1963 a dnes. Plocha hladiny se zmenšila z 26 000 km² na 1500 km². Jezero ztratilo celkem 90 % objemu vody. Nárůst teplot 1,5x průměr světa.

Mizející Čadské jezero



- | | | | |
|---|---------------|---|-------------------------|
|  | Voda |  | Formální hranice jezera |
|  | Hranice států |  | Vegetace |

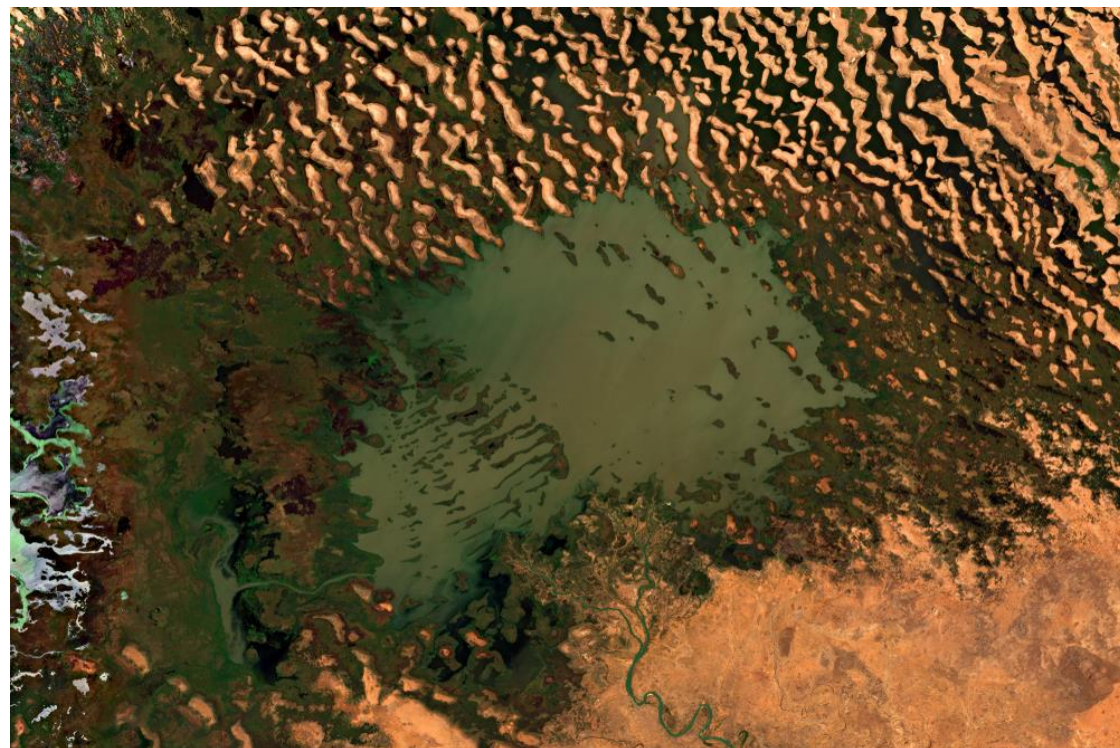
Source: This collection of maps has been drawn after a series of satellite images provided by NASA Goddard Space Flight Center, available at:

<http://www.gsfc.nasa.gov/gsfc/earth/viron/lakechad/chad.htm>



Čadské jezero (vysychání)

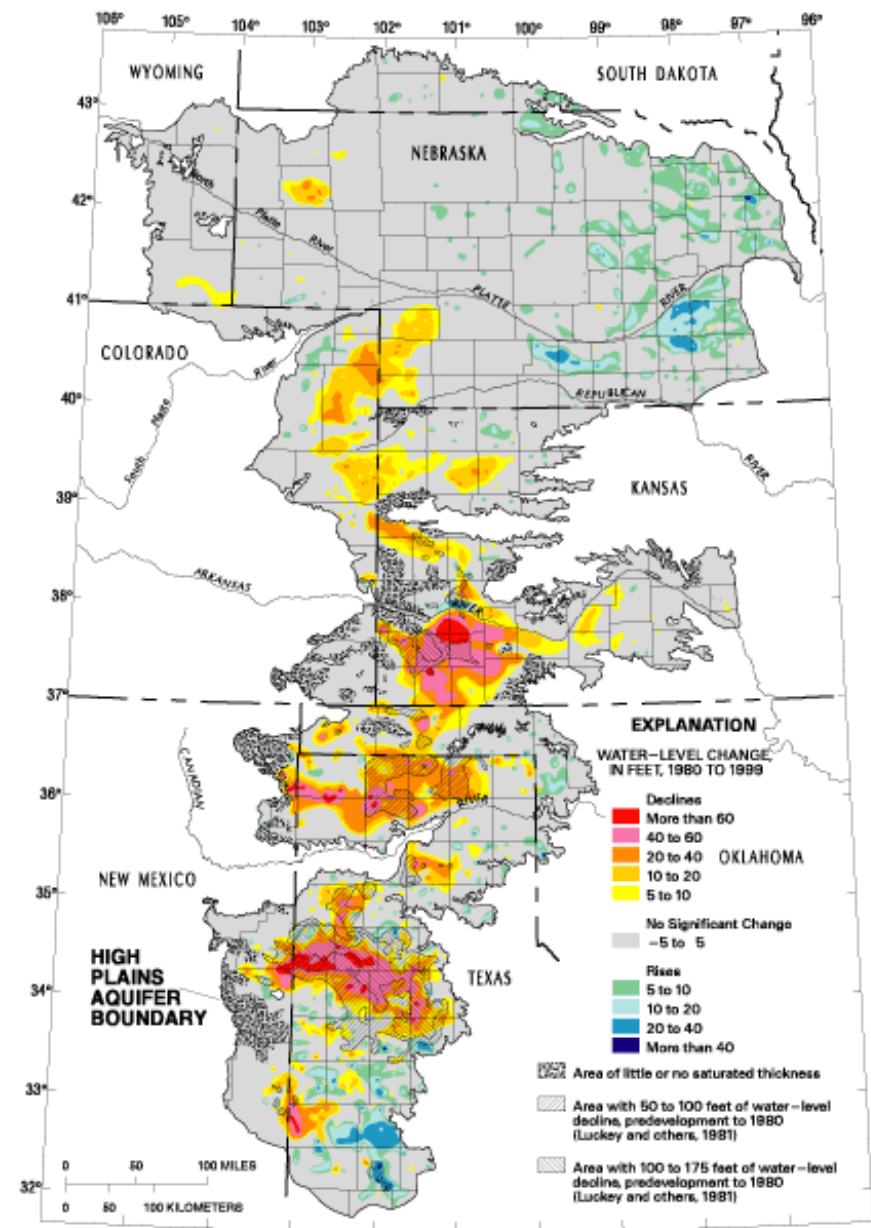
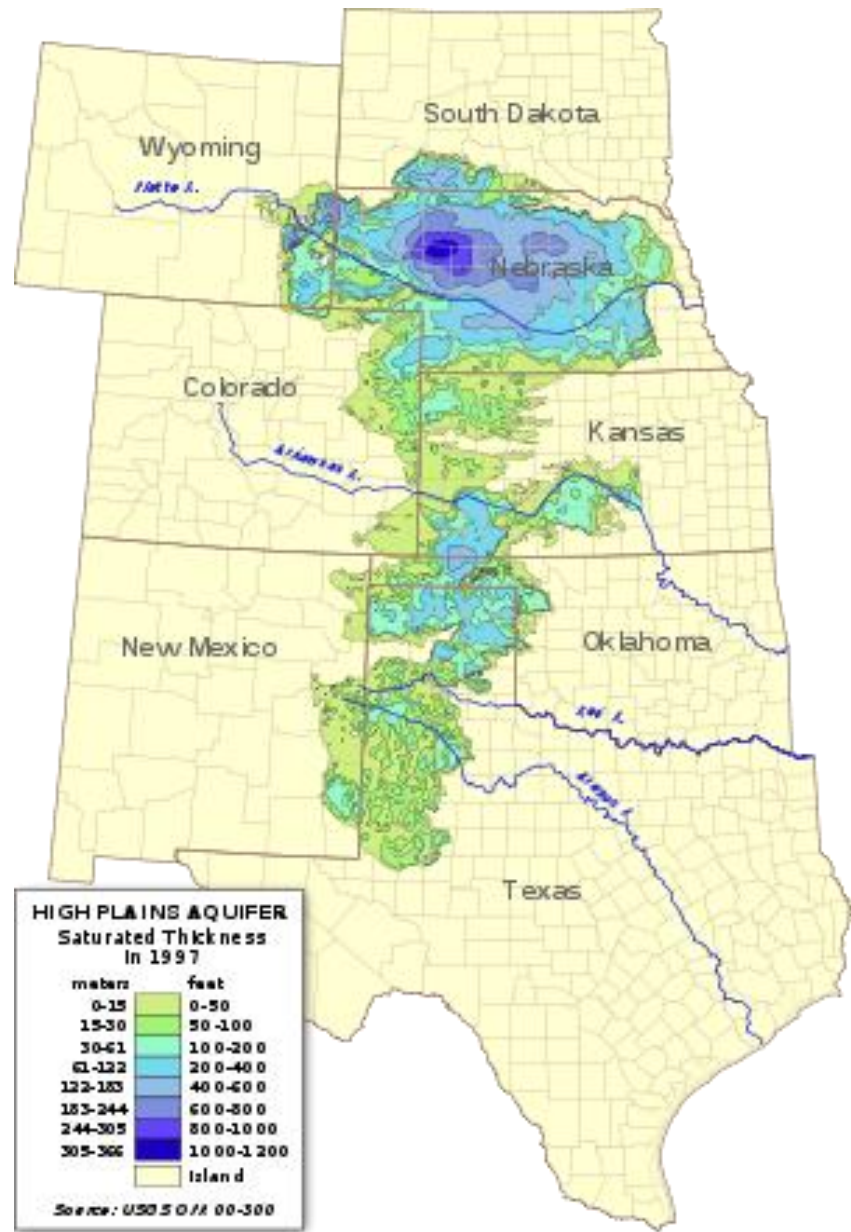
- Na vodě závislých 30 miliónů lidí
- Rybolov, závlahy, pitná voda pro lidi i stáda dobytka
- Velké kolísání plochy během roku
- Ztráty rybolovu, růst salinity
- Boj o vodu (bránění k přístupu)



Projekt TransAqua: kanál 2400 km z řeky Kongo
- až 100 km³ vody ročně může být přepraveno

Nadměrná spotřeba vody

- V důsledku nadměrného čerpání vody pro gigantický vodovodní přivaděč **Ogallala** (zásobuje 8 států středozápadu USA) klesá hladina podzemní vody v jímacím území o 1 m ročně.
- Pokles hladiny podzemní vody o 2 m ročně je registrován na území čínského Pekingu, přičemž z ¼ studní již zcela zmizela voda. Nedostatkem vody **v Číně** ohroženo 50 měst nad 100 tis. obyv.
- Od konce 50. let klesla hladina podzemní vody na území hlavního města Thajska – Krung Thep (Bangkok) o 25 m!



Ogallala kolektor: 27% zavlažované plochy USA, 30% podzemních vod USA, zásobuje 2,3 mil. obyv.

Negativní důsledky nadměrné spotřeby vody



Jezero Mono v Kalifornii (Siera Nevada), podíl na zásobování Los Angeles, dnes – postupné napouštění

Káthmánu (Nepál), staré studny



Svatá řeka **Bágmátí** v Káthmandu (Nepál)

Plýtvání s vodou



V poušti nechal vybudovat katarský šejk Hamad.
(výška 1 km, délka asi 3 km)

V ČR méně než 100 l vody/obyv./ den, Francie 150 l, USA 300 l,
Sjednocené arabské emiráty - **550 l/obyv./den**, Katar - **650 l/obyv./den**

Desertifikace

- Pouštní krajiny zaujímají asi **1/3 plochy zemského povrchu**
- Každý rok se plochy pouští rozšíří asi o 70 tisíc km² (téměř plocha Česka)
- Pouště se rozšiřují nejen v oblasti Sahelu ale i na území Blízkého a Středního východu (Iránu, Iráku, Sýrie a Jordánska) – to ale neplatí pro **Izrael**.

Změna klimatu: nárůst teploty, výparu, častější písečné bouře, pokles srážek

- Ve státech Perského zálivu budou do 50ti let spotřebovány veškeré dostupné zdroje vody ?? Jaké jsou možnosti řešení?

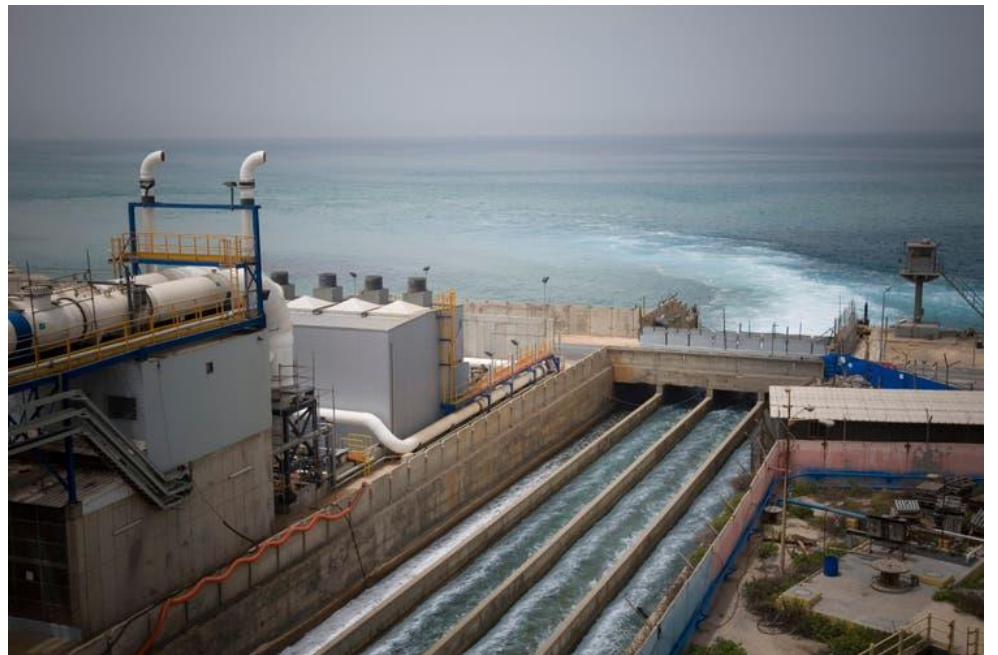
Příklad Izraele:

- Národní vodovod (z Genezaretského jezera až do Negevské pouště, 80% závlahy, 20% pitná voda)
- Kapková závlaha (řízená počítačem podle stavu půdní vláhy) – úspora vody 25% až 75%, zvýšení výnosu až o 40%. Eliminace výparu při *podpovrchové instalaci*.
- Odsolování mořské vody (asi 30% spotřeby Izraele)- 5 stanic



Negevská poušť u města Beer Sheva
(60 % území Izraele)

Odsolovací továrna **SOREK**, největší na světě







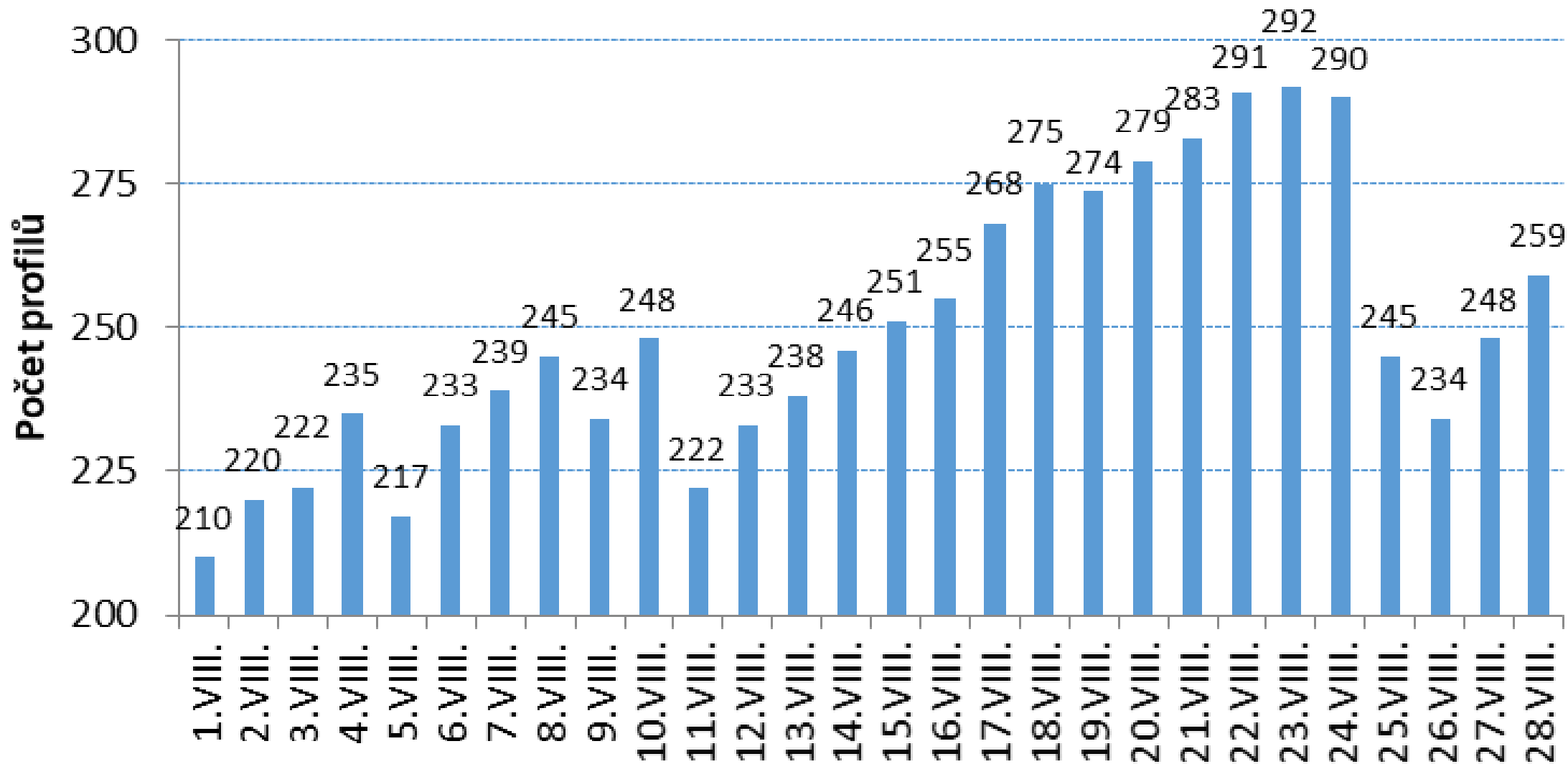
Čistička odpadních vod Šafdan u izraelského města Rišon le-Cijon. Vícestupňové čištění, též přes písečné duny. Izraelci 90 procent recyklované vody znovu používají na závlahy.

Příklad i pro Česko?

- Kapkové závlahy dnes již využívány v řadě zemí – *huertas* ve Španělsku, jižní Itálie, USA (jižní Kalifornie), Francie,...
- Také krajiny Česka stále více vysychají: roste extrémita srážek (přívalové deště i období sucha) – řada našich regionů s pasivní vodohospodářskou bilancí → postupný a stále větší **nárůst evapotranspirace**.
- Roční evapotranspirace v řadě oblastí převyšuje roční úhrn srážek: Žatecko, Podbořansko, Lounsko, severní Plzeňsko, Rakovnicko, jižní Morava,...
- Přejít na **závlahové zemědělství** ?? – Značná ekonomická zátěž pro stát!
- V menším u nás kapková závlaha již provozována: zahradnictví, pěstitelé zeleniny, veřejná prostranství,...

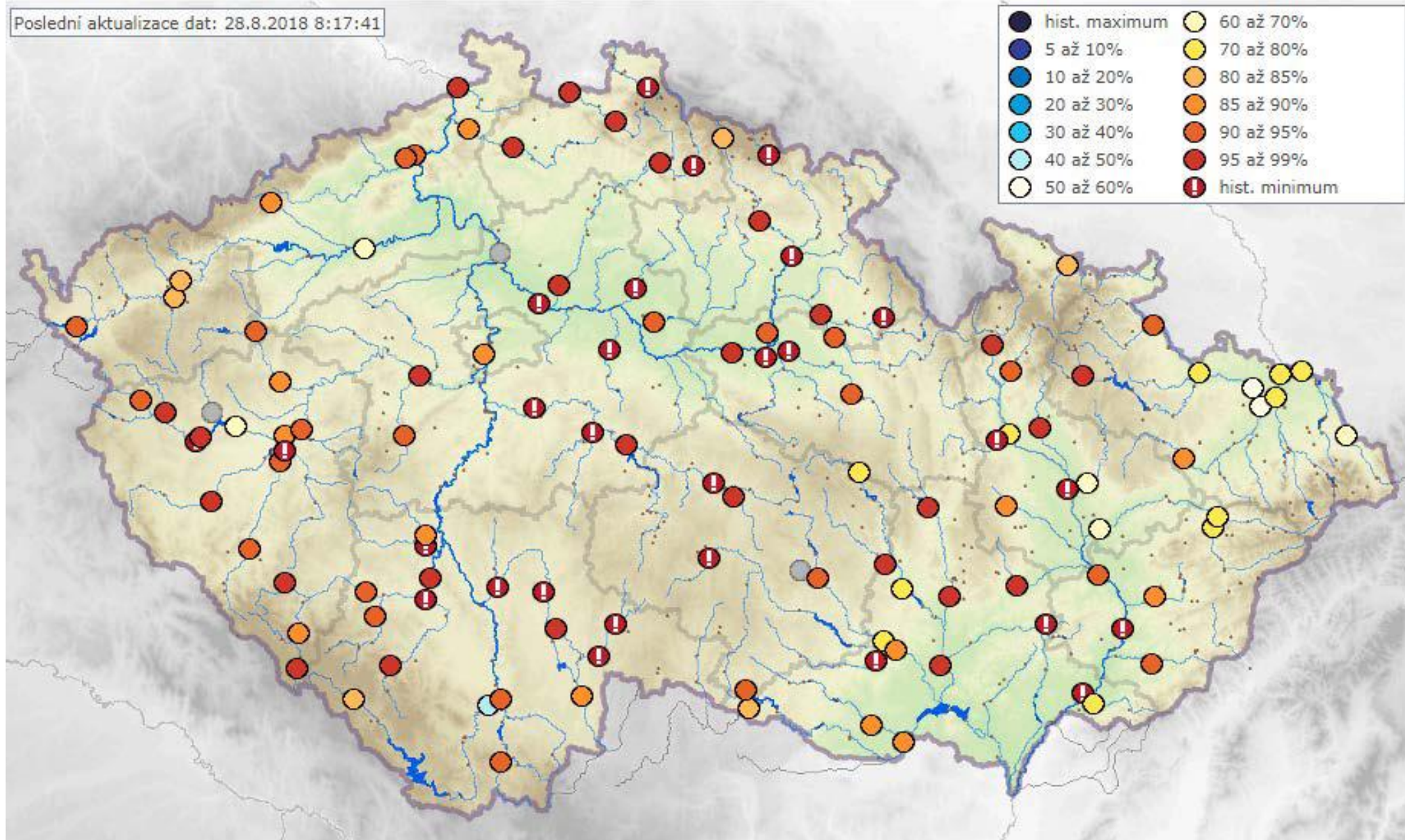
Vývoj počtu sledovaných profilů, které indikují hydrologické sucho,

tj. průtok, který je v daném profilu dosažen nebo překročen průměrně **355 dní v roce**, v srpnu.



Zdroj www.hydro.chmi.cz – operativní profily (celkový počet operativních profilů 473)

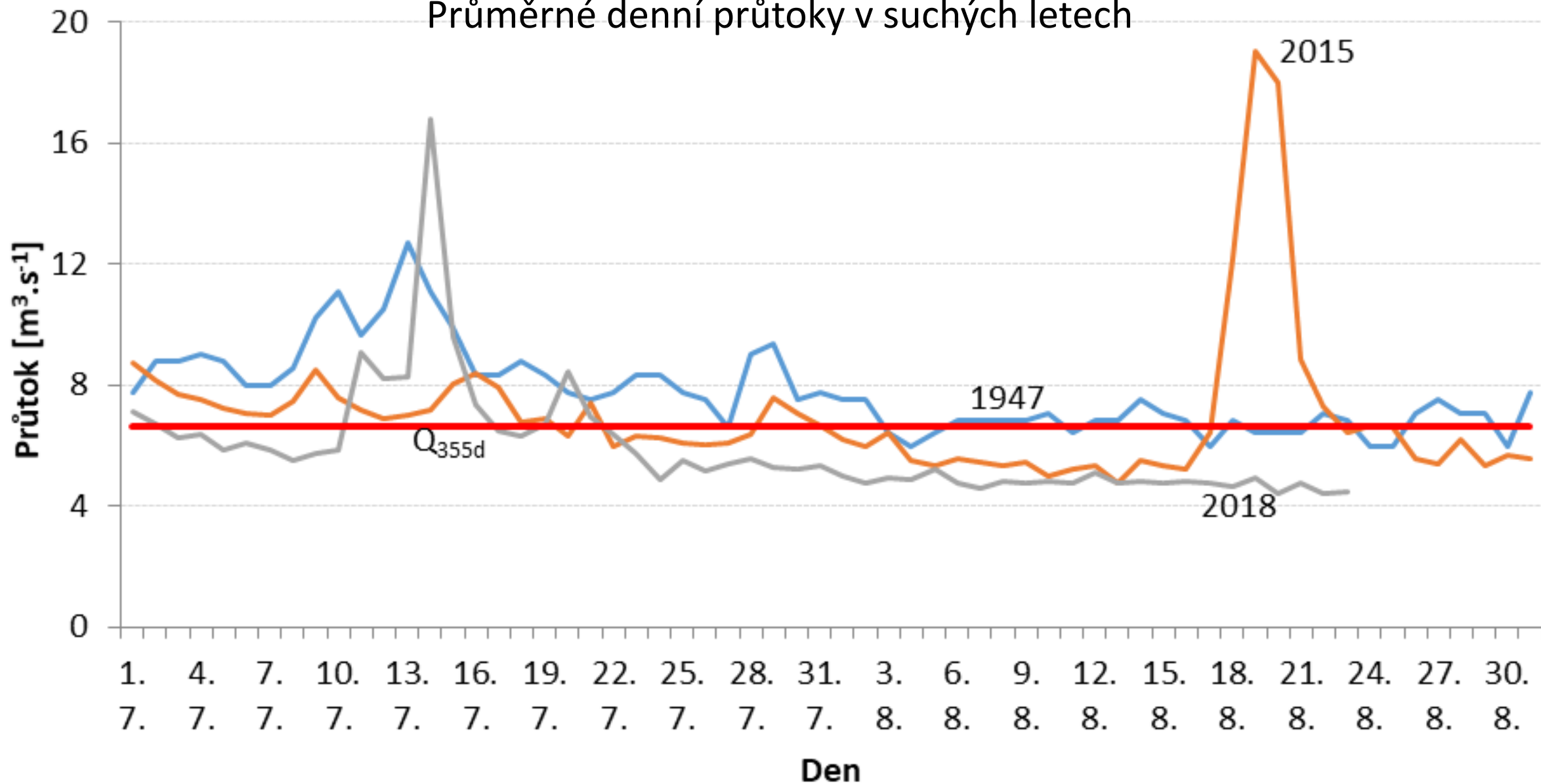
Poslední aktualizace dat: 28.8.2018 8:17:41



Přehled aktuální vodnosti v tocích ve srovnání s dlouhodobým pozorováním. Profily označené vykřičníkem vykazovaly nejmenší průtok pro 28. srpen za celou dobu jejich sledování.

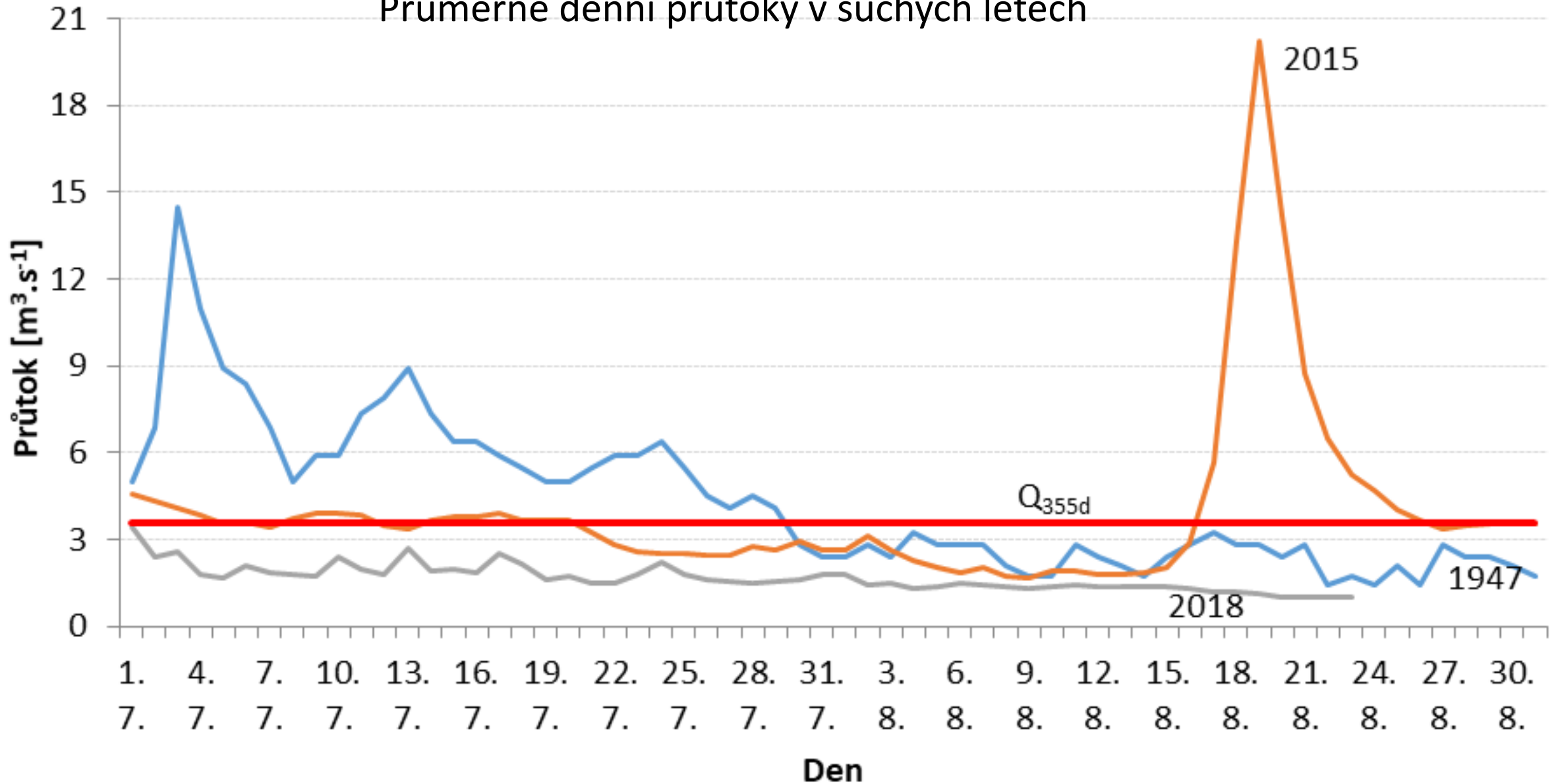
Jizera v profilu Předměřice (Tuřice)

Průměrné denní průtoky v suchých letech

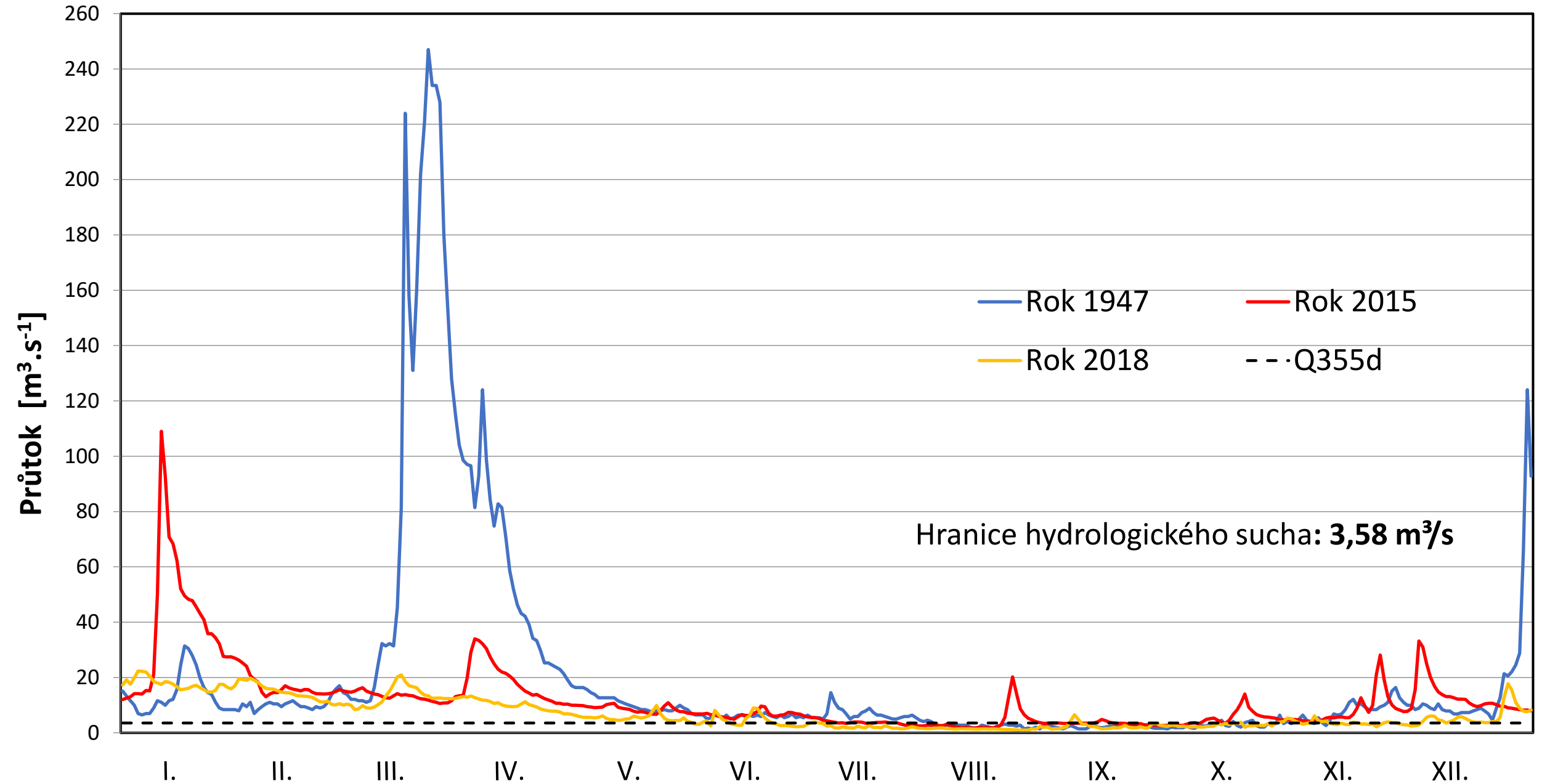


Sázava v profilu Nespeky (Poříčí nad Sázavou)

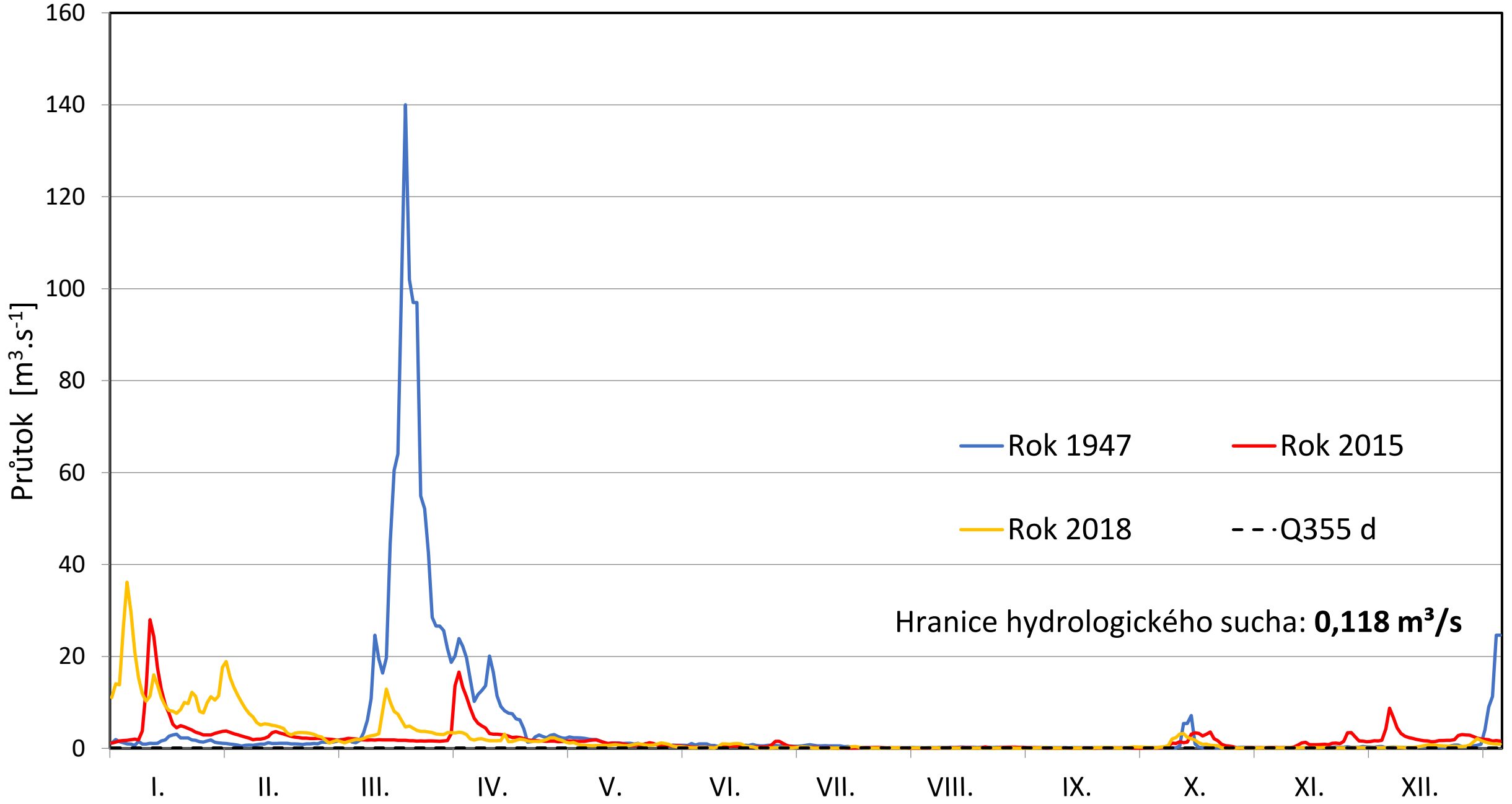
Průměrné denní průtoky v suchých letech



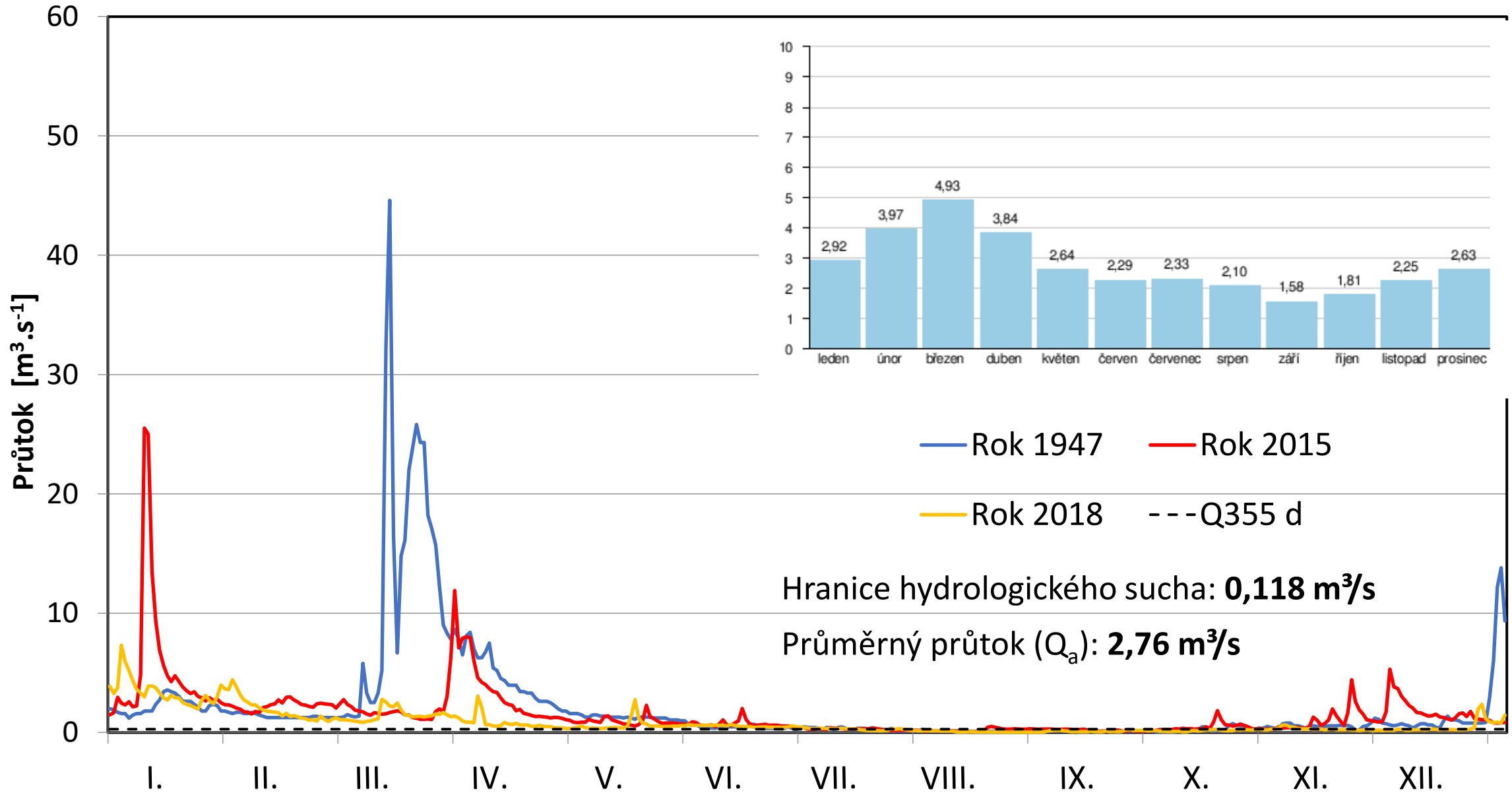
Průběh průměrných denních průtoků na Sázavě (Nespeky) v letech 1947, 2015 a 2018



Průběh průměrných denních průtoků na Cidlině (Sány) v letech 1947, 2015 a 2018



Průběh průměrných denních průtoků na Doubravě (Žleby) v letech 1947, 2015 a 2018

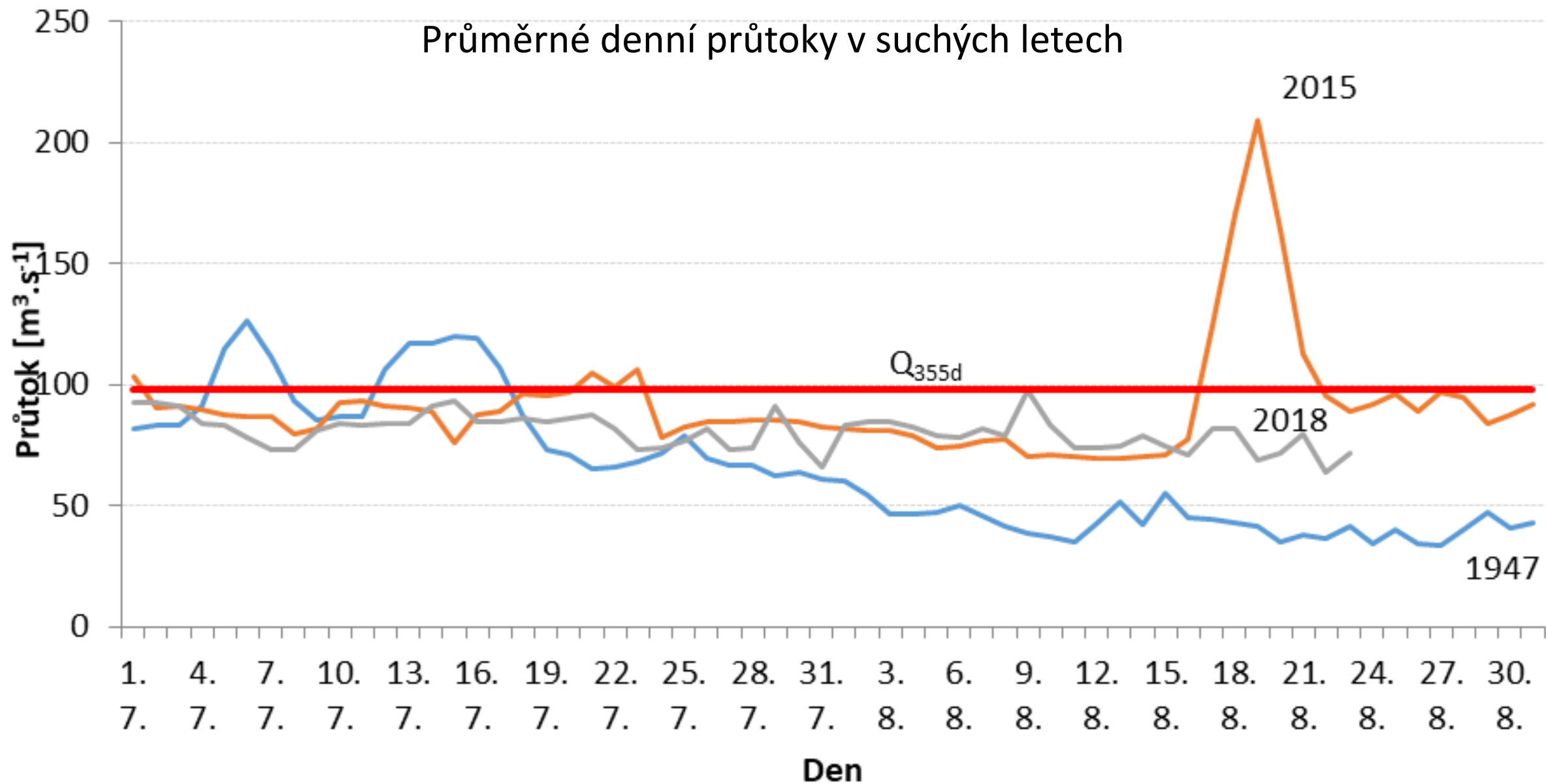




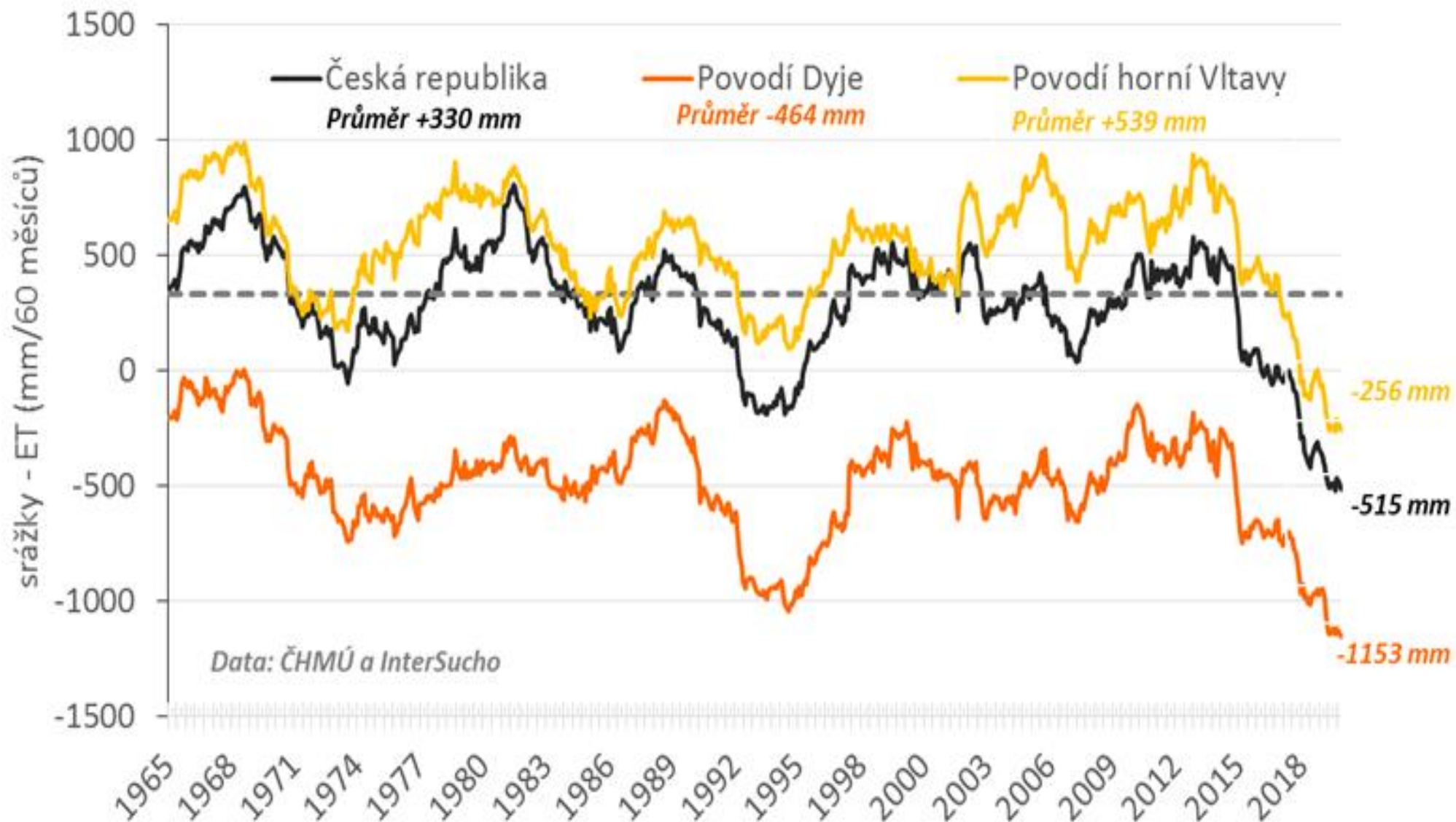
Vyschlý tok řeky Blšanky, Stránky, dne 20.7. 2007, foto L. Kašpárek

Labe v profilu Ústí nad Labem

Průměrné denní průtoky v suchých letech



Kumulovaná 5-letá hodnota vodní bilance - srážky - evapotranspirace - 1961 - Duben 2020



Plánovaná adaptační opatření v Česku

Komplexní opatření v povodích řek, která by se měla doplňovat (MŽP a MZV)

Hlavním cílem **zvýšení retence vody v krajině**, zpomalení odtoku

- Výstavba **nových vodárenských nádrží**, zkapacitnění nádrží (N. Mlýny), **rekonstrukce zaniklých** (klauzy v horských oblastech), obnova **zaniklých rybníků**
- Novela **vodního zákona** (vyhlašování „*stavu nedostatku vody*“), příprava ústavního zákona („*voda je nejcennější surovina*“...) ??
- Nová protierozní vyhláška (řada opatření na zemědělské půdě)
- 6 pilotních lokalit pro **umělou infiltraci** povrchových vod do HIG struktur
- Průzkum, posílení a budování **zdrojů pitné vody** obcemi (finanční podpora z MMR a MŽP)
- **Kontrola dotačních programů pro zemědělce** – uplatnění opatření k zadržování vody (zmenšování půdních bloků), zvýšení dávek organických hnojiv, hluboká orba, ...

Problematika sucha

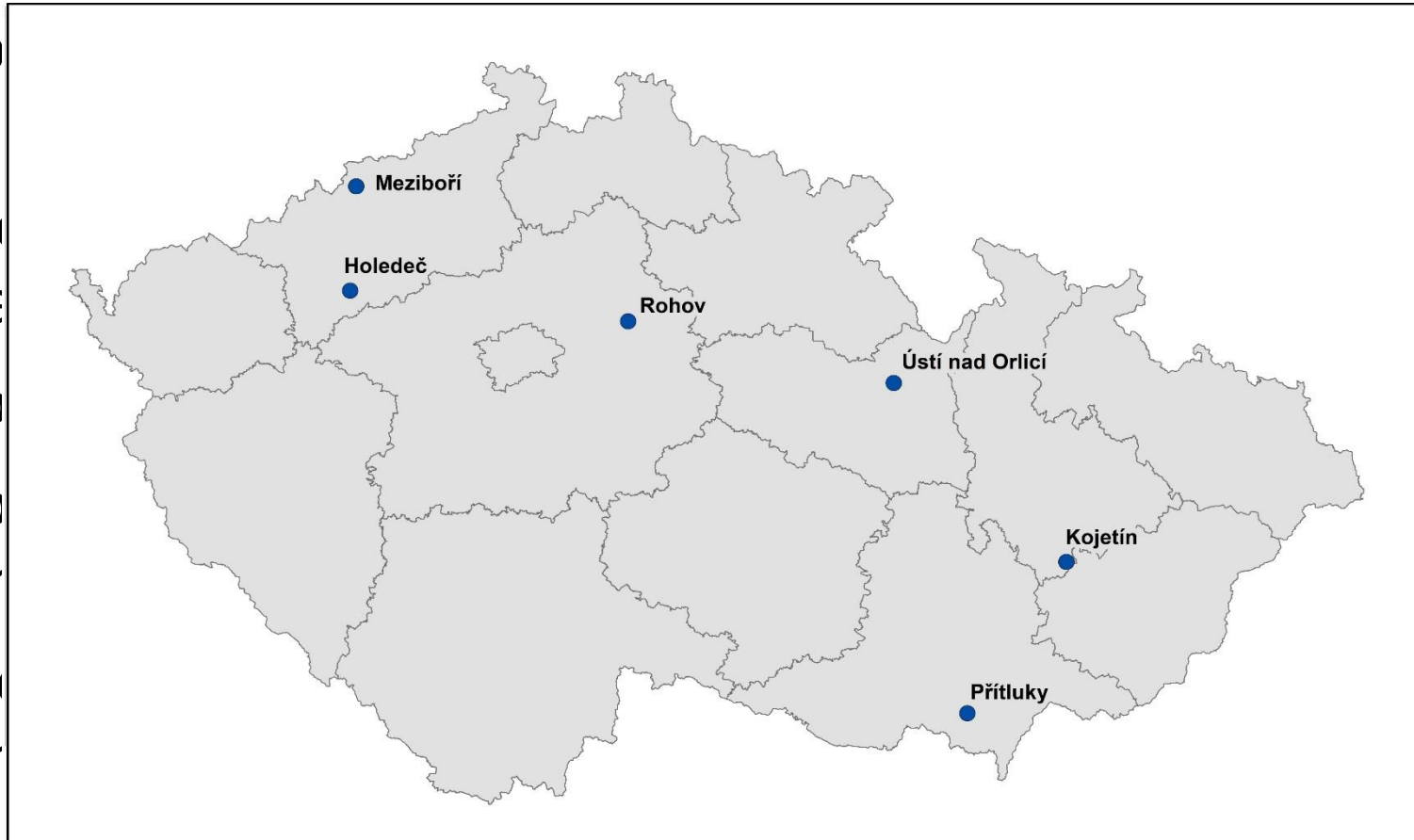
- Národní panel pro řešení sucha (poradní skupina ministrů)
- Meziresortní komise VODA – SUCHO (koordinace VÚV Praha)
- Koncepce ochrany před následky sucha na území ČR
 - 5 pilířů
- Opatření podle časové působnosti
 - Operativní
 - Preventivní a strategická

1) Vytvoření informační platformy pro monitoring sucha

- Informovat o riziku sucha, veřejná osvěta
- Zajistit připravenost na události sucha
- Informační zdroje:
 - ČHMÚ <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho>
 - Integrovaný systém sledování sucha („Intersucho“) <http://www.intersucho.cz>
 - Informační portál www.suchovkrajine.cz
 - Mapová aplikace www.stavsucha.cz

2) Technická opatření

- Podpora surov
- Propo obyva
- Snižo
- Budov vodot
- Mod závla
- Podpora vystavby pozarnich nadrzi blizko lesnich ekosystémů



ví při úpravě

obování

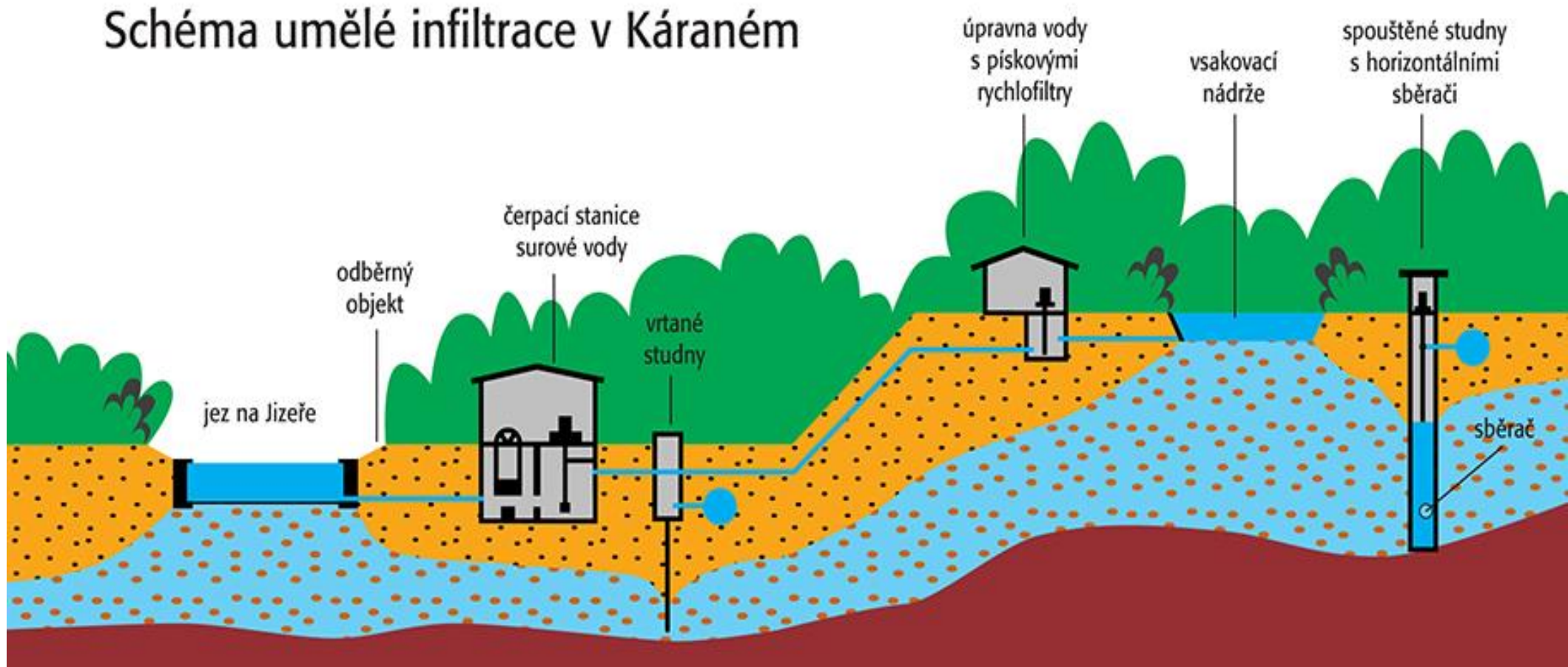
o

ových



Vodárna Káraný: v provozu od r. 1914, od roku 1968 – umělá infiltrace
Do Prahy – 1,5 m³/s pitné vody, 3 zdroje vody: břehová infiltrace, umělá infiltrace, artéská voda

Schéma umělé infiltrace v Káraném



Jímací objekty:


24 betonových spouštěných studní o průměru 4 m, hloubky 18 – 20 m se dvěma horizontálními sběrači o délce 60 m, vydatnost spouštěných studní s horizontálními sběrači se pohybuje od 20 l/s do 30 l/s, vydatnost spouštěných studní s připojenými vrtanými studnami dosahuje až 240 l/s a závisí na počtu připojených studní.

165 vrtaných trubních studní hlubokých 10 – 12 m, rozdělených na 7 násoskových řadů



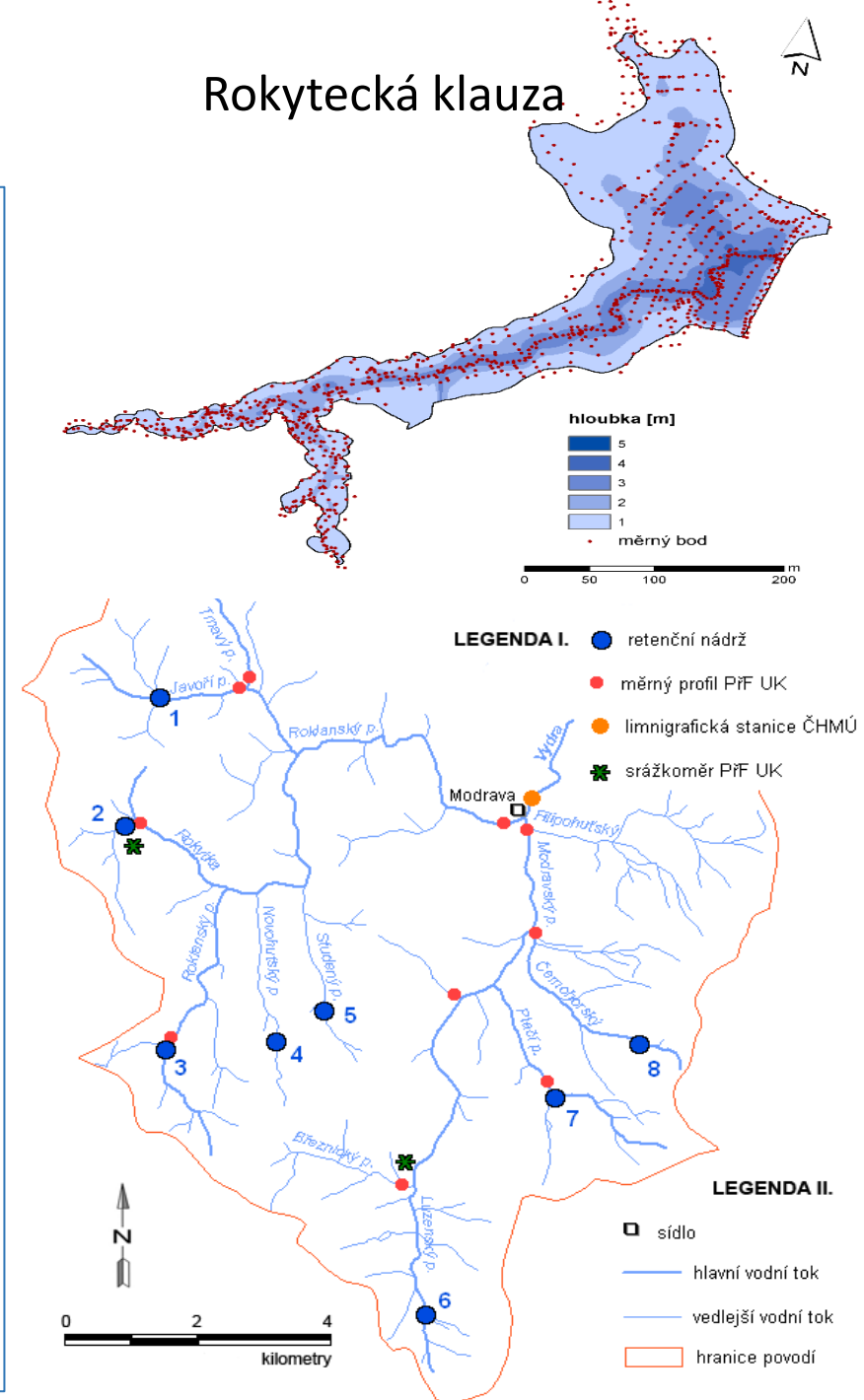
Vsakovací nádrž v areálu vodárny Káraný **15 vsakovacích nádrží** o šířce 10 – 30 m, hloubce 2,5 m, délce 100 – 500 m, celková vsakovací plocha 70 000 m². Rychlost vsakování je 1 – 1,5 m/den. Čištění zakolmat. dna vsakovacích nádrží 1x – 2x ročně sejmutím vrstvy 3 – 5 cm ze dna nádrže.

3) Opatření v sektoru zemědělství

- Zvýšení ochrany půdy před účinky eroze
 - Cca **12 % ZPF** v ochranném režimu proti erozi
 - Protierozní kalkulačka <http://kalkulacka.vumop.cz/>
- Rozrušení zhutnělého podorničí  hluboká orba
- Výběr odolnějších plodin a odrůd, střídání plodin, širokořádkové kultury na svazích ??
- Zvýšení dávek organických hnojiv do půdy – váže vodu v půdě
- ?? Chybí hovězí dobytek ??
- Zemědělské plodiny pro biosplynovací stanice ?? (kukuřice, pšenice ??)

4) Zvýšení retenční schopnosti krajiny

- Revitalizace vodních toků, renaturace v celém rozsahu říční nivy
- Využití retenčního potenciálu říčních niv (vymezení zátopových území podél toků → mimo intravilány obcí)
- Obnova přirozených vodních prvků v krajině
- Výstavba poldrů
- Obnova rybníků (až 40 tis. ještě za císařovny Marie Terezie, za Josefa II. započala jejich přeměna na ornou půdu)
- Obnova zaniklých historických nádrží v horských oblastech (klauz)
- Pestrá druhová skladba lesních porostů, podpora přirozené obnovy lesa





Zatravněná infiltrační oblast na rozvodí



Hrázka suché nádrže na území nivy



Záchytný příkop



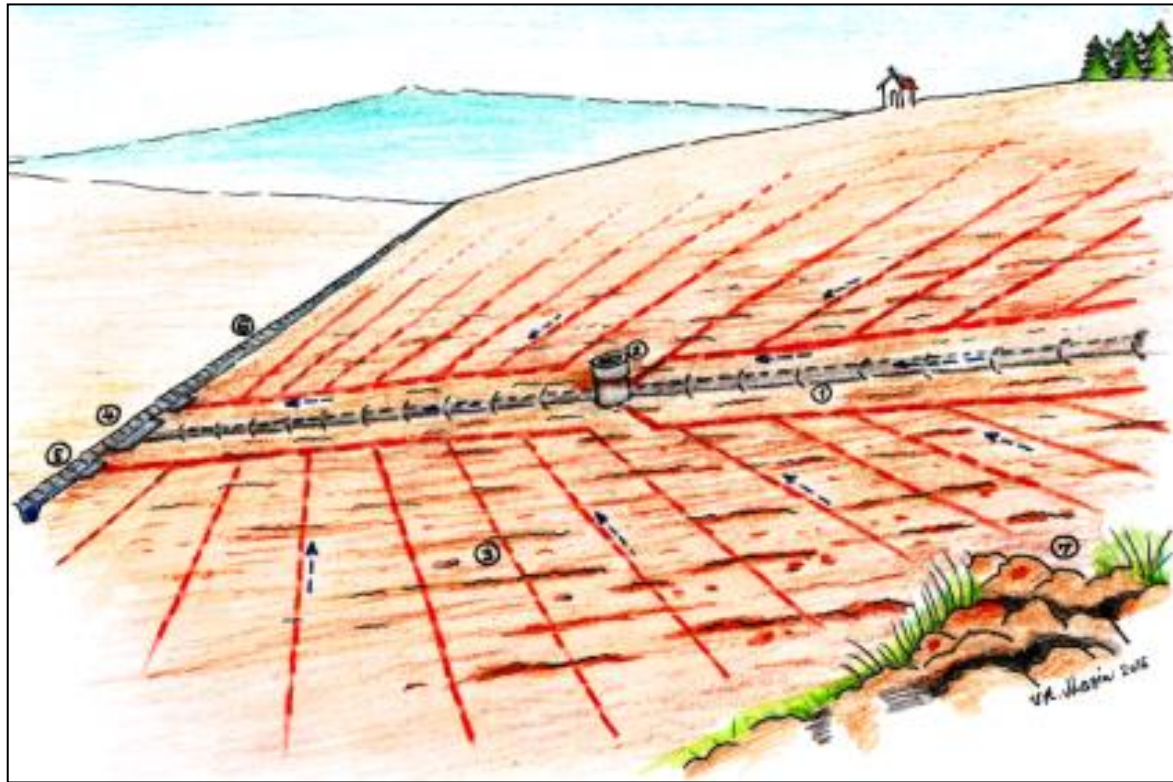
Nedostatečná retenční funkce travního pásu



Zasakovací průleh s propustkem



Zasakovací jámy – drenážní vody



Původní stav využití
zemědělského půdního fondu



Navrhované komplexní řešení ochrany
půdního fondu

Děkuji vám za pozornost !