

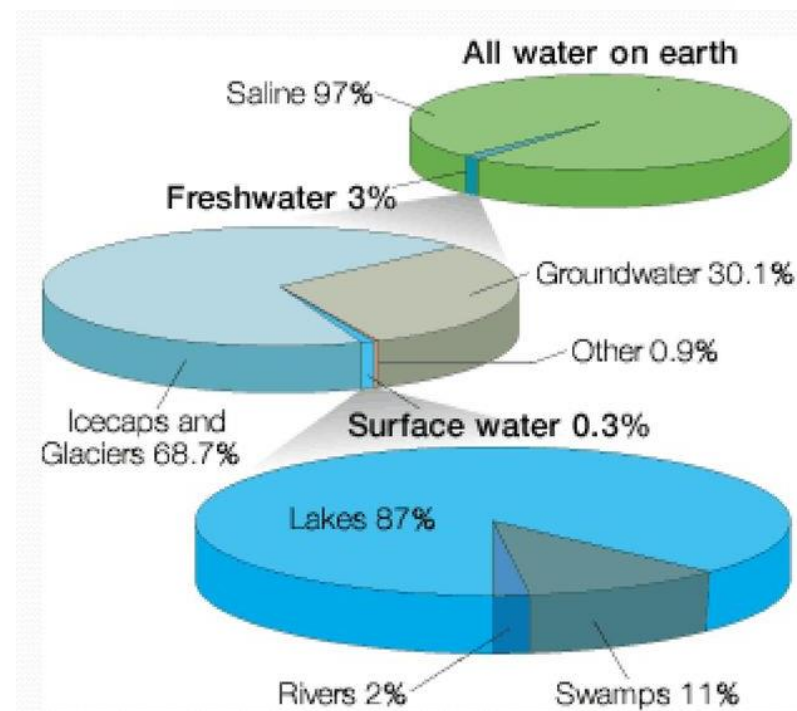
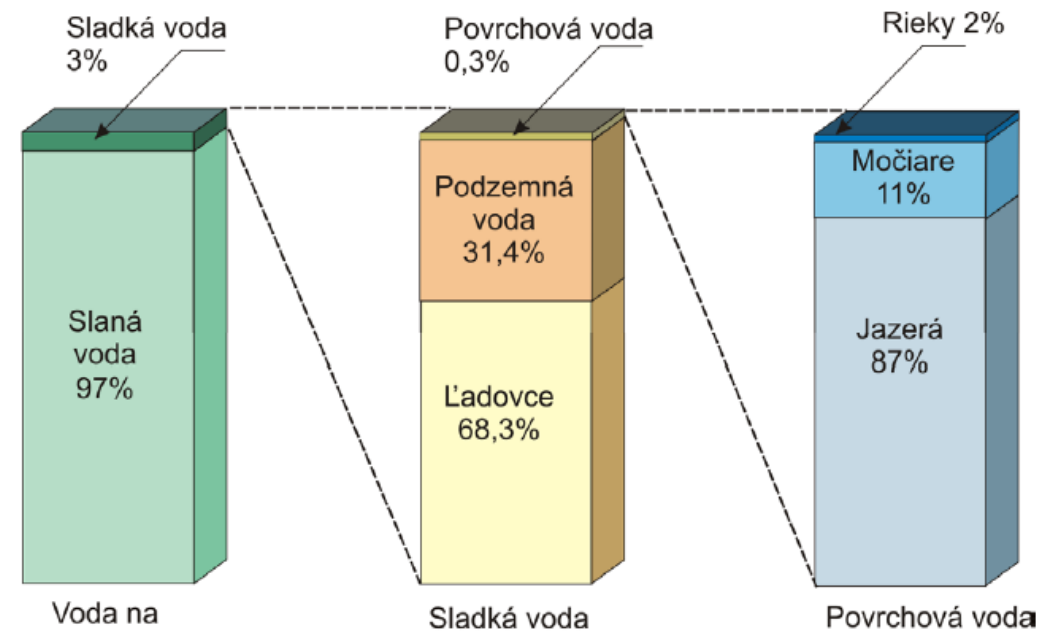


Hydrológia jazier (Limnológia)

Mgr. Jozef Šupinský PhD.

Definícia jazera

- ▶ za zakladateľa limnológie - vedy o jazerách, je považovaný švajčiarsky vedec **François-Alphonse Forel**, ktorý skúmal ľadovcové jazerá v Alpách
- ▶ V prvej limnologickej štúdi „Le Léman“ (1904) uviedol definíciu jazera:
„Ako jazero je označovaná stojatá stagnujúca vodná hmota, ktorá sa nachádza v prehĺbení zemského povrchu, na všetkých stranách uzatvorené, nemajúce priame spojenie s morom“ (definícia príliš široká a zahŕňa každú akumuláciu vody v terénnej depresii - mláky, rašeliniská, rybníky i nádrže)
- ▶ Delenie jazier podľa Forela:
 - ▶ **Jazerá v užšom slova zmysle** – hlboké, u nich povrchové vlnenie neovplyvňuje dno a brehová vegetácia, okrem plytčín, nedosahuje na dno. U jazier v miernych šírkach sa potom v priebehu roku vyvíja a mení vertikálna teplotná stratifikácia.
 - ▶ **Rybníky** – sú veľmi plytké a ľahko ovplyvniteľné vlnením, s brehovou vegetáciou prerastajúcou na dno a bez zreteľnejšej vertikálnej teplotnej stratifikácie
- ▶ Obmedzená platnosť – napr. Nežiderské jazero zarastajúce vegetáciou by patrilo medzi rybníky



Definícia jazera

- ▶ Termín „**rybník**“ (angl. pond) je spájaný skôr s umelými vodnými útvarmi na rozdiel od prirodzených jazier
- ▶ Plytké jazerá sú niektorými autormi zaradované k jazerám a inými stotožňované s bažinami, močiarimi a mokradami
- ▶ Definícia podľa Jánskeho: „Jazero je prírodná depresia na zemskom povrchu alebo pod ním, trvalo alebo dočasne vyplnená vodou, nemajúca bezprostredné spojenie s morom. Oproti rybníkom a malým vodným nádržiam sa jazerá nedajú jednoduchým spôsobom vypustiť. Na rozdiel od plytkých stojatých vôd, ako sú drobné vody (mláky, tône), organogénne jazerá, fluviálne jazerá u hlbokých jazier neovplyvňuje povrchové vlnenie ich dno a brehová vegetácia vďaka ich hĺbke nedosahuje na dno. Oblasť najväčších hlbok teda nie je zarastená vegetáciou.“
- ▶ Jánskeho definícia zohľadňuje rozdiel medzi dvoma hlavnými skupinami jazier – **hlbokými a plytkými** jazerami, vymedzuje jazero oproti umelo zbudovaným malým vodným nádržiam a postihuje prípady výnimočne avšak nepriameho spojenia s morom
- ▶ Samostatnou kategóriou sú **antropogénne jazerá**, ktoré vznikli zatopením starých ťažobných oblastí - pôvod nie je čisto prírodný, ale spĺňajú mnohé predpoklady, aby sa mohli za jazero považovať

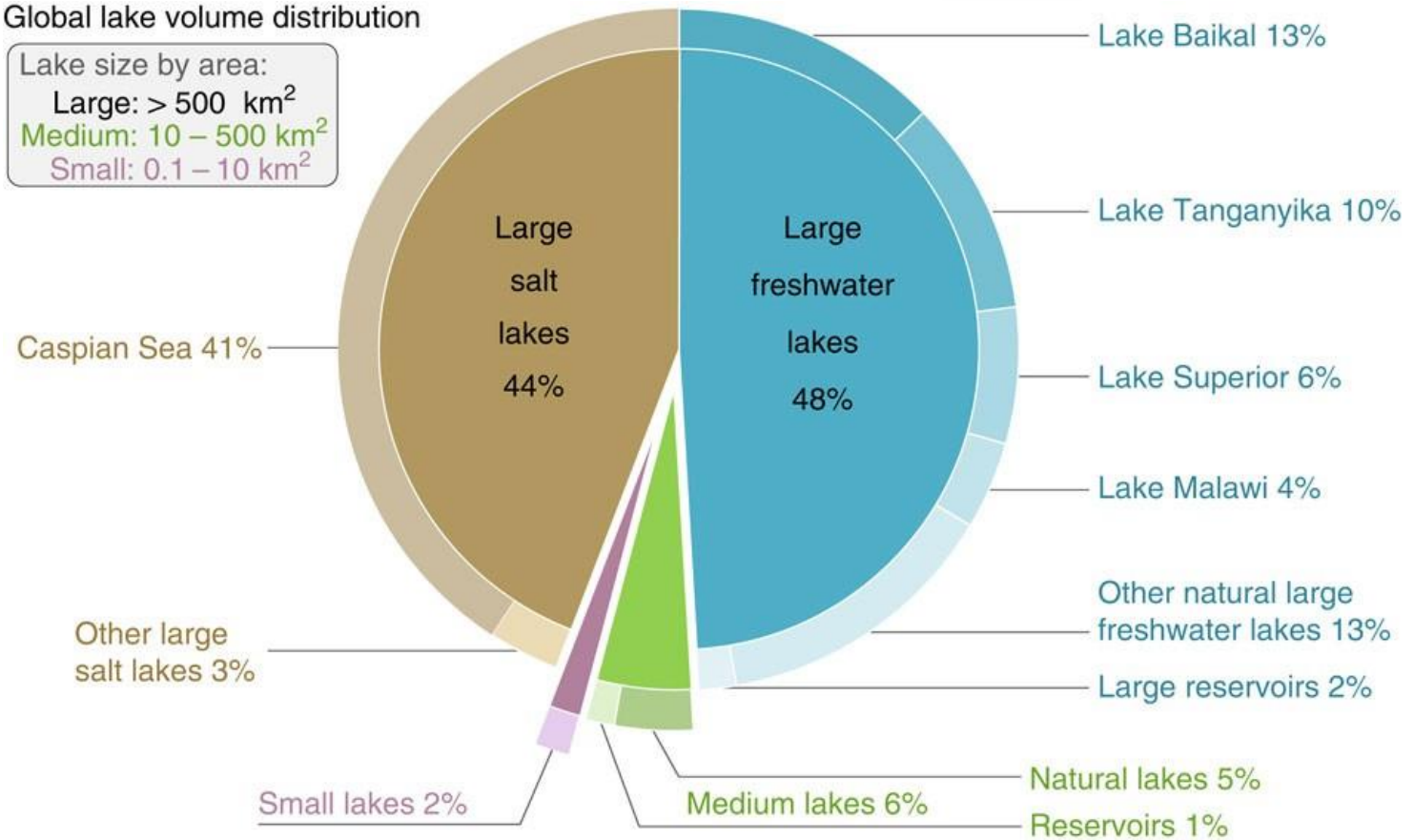
Typy jazier

► Delenie jazier založené na veľkosti (Kalff 2002):

- Najväčšie jazerá (nad 10 000 km²)
- Veľké jazerá (100 – 10 000 km²)
- Stredné jazerá (1 – 100 km²)
- Malé jazerá (0,1 – 1 km²).
- Drobné vody (large ponds od 1 – 10 ha)
- Iné drobné vody (other ponds pod 1 ha)

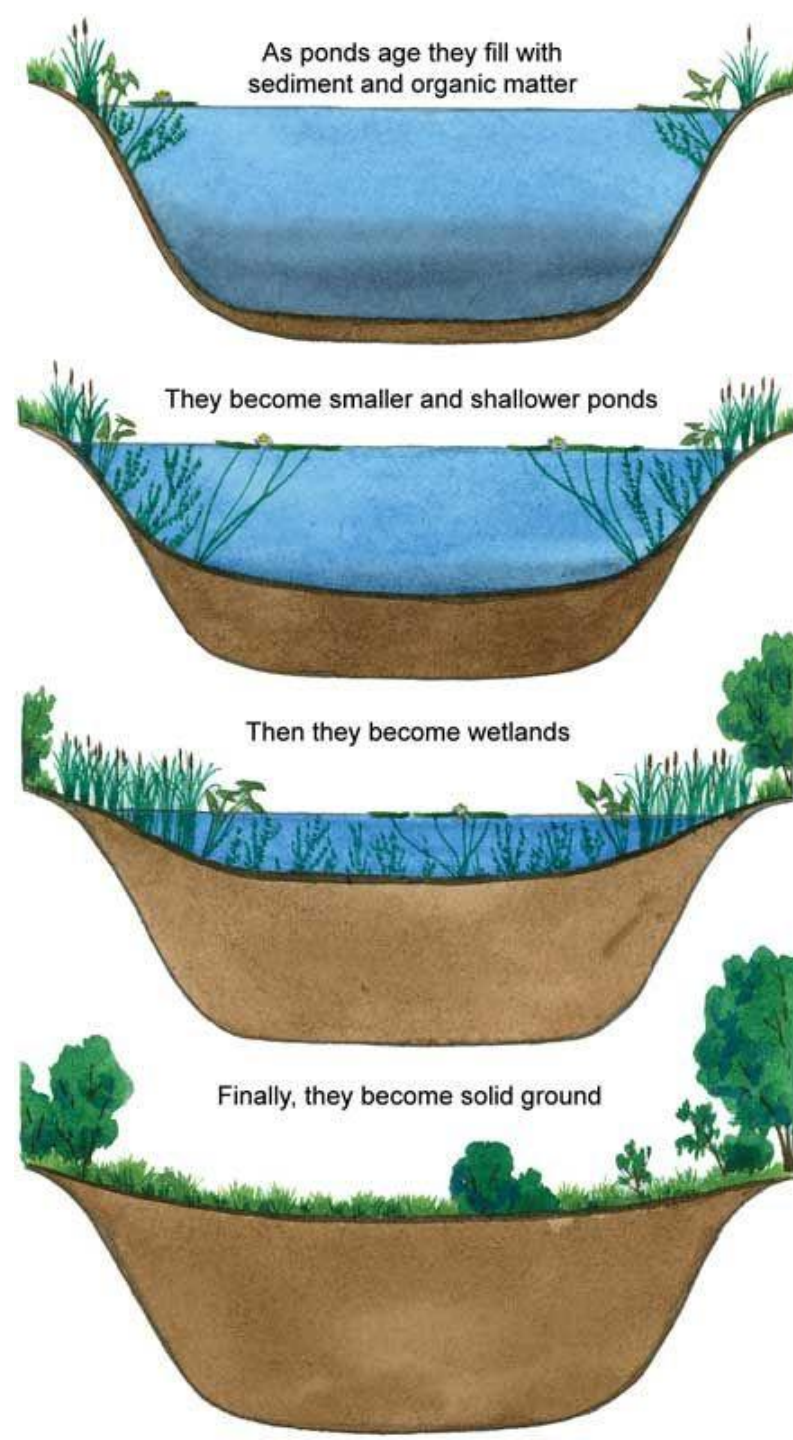
Global lake volume distribution

Lake size by area:
Large: > 500 km²
Medium: 10 – 500 km²
Small: 0.1 – 10 km²



Fázy vývoja jazera

- ▶ Časový rozsah vývoja a existencie jazera závisí predovšetkým na **genetickom type jazera** a zároveň na veľkom množstve geografických faktorov (klíma, reliéf, vegetácia atď.)
- ▶ Cyklus vývoja jazera môže trvať **niekoľko tisícročí** (v prípade horských ľadovcových jazier) alebo môže byť obmedzený na obdobie zvýšených vodností (**periodická jazera** v nížinách)
- ▶ Základné fázy vývoja jazera:
 - ▶ **Obdobie mladosti** – jedná sa o obdobie po vzniku jazera, keď jazerná panva nepoznala zásadné zmeny a usadeniny nezmenili jej tvar
 - ▶ **Obdobie zrelosti** – okolo jazera sa vytvorila pobrežná zóna, ktorá vznikla zo sedimentov z okolitých svahov (**koluvium**)
 - ▶ **Obdobie staroby** – sedimenty sú rozšírené po celej jazernej panve; mení sa zároveň jej tvar (dno je vyrovnané a tvorí súmerne prehnutú depresiu) a znižuje sa celková hĺbka jazera - jazero je schopné pojať menšie množstvo vody, brehová vegetácia sa rozširuje do plytčín a jazero zarastá



Morfometrické charakteristiky jazier

- ▶ základné charakteristiky vzťahujúce sa k morfológii jazier:
- ▶ **Plocha hladiny (P)** – udáva plošný rozmer jazera. Určuje sa buď z priamych meraní v teréne alebo planimetricky z mapy
- ▶ **Dĺžka jazera (l)** – najkratšia vzdialenosť na hladine medzi dvoma najvzdialenejšími bodmi na pobreží
- ▶ **Šírka jazera (š, b_m)** – pomer plochy a dĺžky jazera, platí teda $\bar{s} = P/l$
- ▶ **Hĺbka jazera (h)** – meria sa hĺbkomerom (pomocou závažia na šnúre alebo lane) alebo pomocou sonaru, z hĺbkových (batymetrických) meraní sa zostavujú batymetrické mapy
- ▶ **Objem jazera (W)** – počíta sa na základe batymetrických máp ako súčet čiastkových objemov vymedzených hĺbkou a plochou dvoch izobát
- ▶ **Dĺžka pobrežnej línie (u, s)** – predstavuje obvod jazera (perimeter)
- ▶ **Kľukatosť pobrežnej línie (E, D_s)** – pomer skutočnej dĺžky pobrežnej línie a dĺžky obvodu kruhu, ktorého plocha je rovnaká ako plocha jazera P
- ▶ **Povodie jazera** – rovnako ako u vodných tokov, môžeme určiť povodie jazera - plocha, z ktorej steká voda do jazera (napr. karové jazero), prípadne vymedzenie plochy povodia k záverovému profilu v odtoku jazera

$$E = \frac{u}{2\sqrt{P\pi}}$$

Vodná bilancia jazier

- ▶ Udáva zmeny v objeme vody v jazere za určitý časový rámec v dôsledku zmeny prítoku a odtoku
- ▶ Pozitívne zložky vodnej bilancie jazier (prítok) sú:
 - ▶ **povrchový prítok** vody do jazera (vodným tokom), plošný splach
 - ▶ **prítok podzemnej** vody brehovým pásmom či dnom panvy
 - ▶ **kondenzácia pár** zo vzduchu na hladine, v čase, keď je teplota vody nižšia než teplota vzduchu
 - ▶ **zrážky** spadnuté **na hladinu**
- ▶ Negatívne zložky vodnej bilancie jazier (odtokové straty) sú:
 - ▶ **priamy riečny odtok**
 - ▶ **podzemný odtok**
 - ▶ **evaporácia** z voľnej vodnej hladiny
 - ▶ **transpirácia** rastlín v pobrežnom pásme
 - ▶ **antropogénne odbery** vody

- ▶ Zjednodušenú rovnicu vodnej bilancie jazier možno teda vyjadriť takto:

$$\Delta W = Q + S - O - E$$

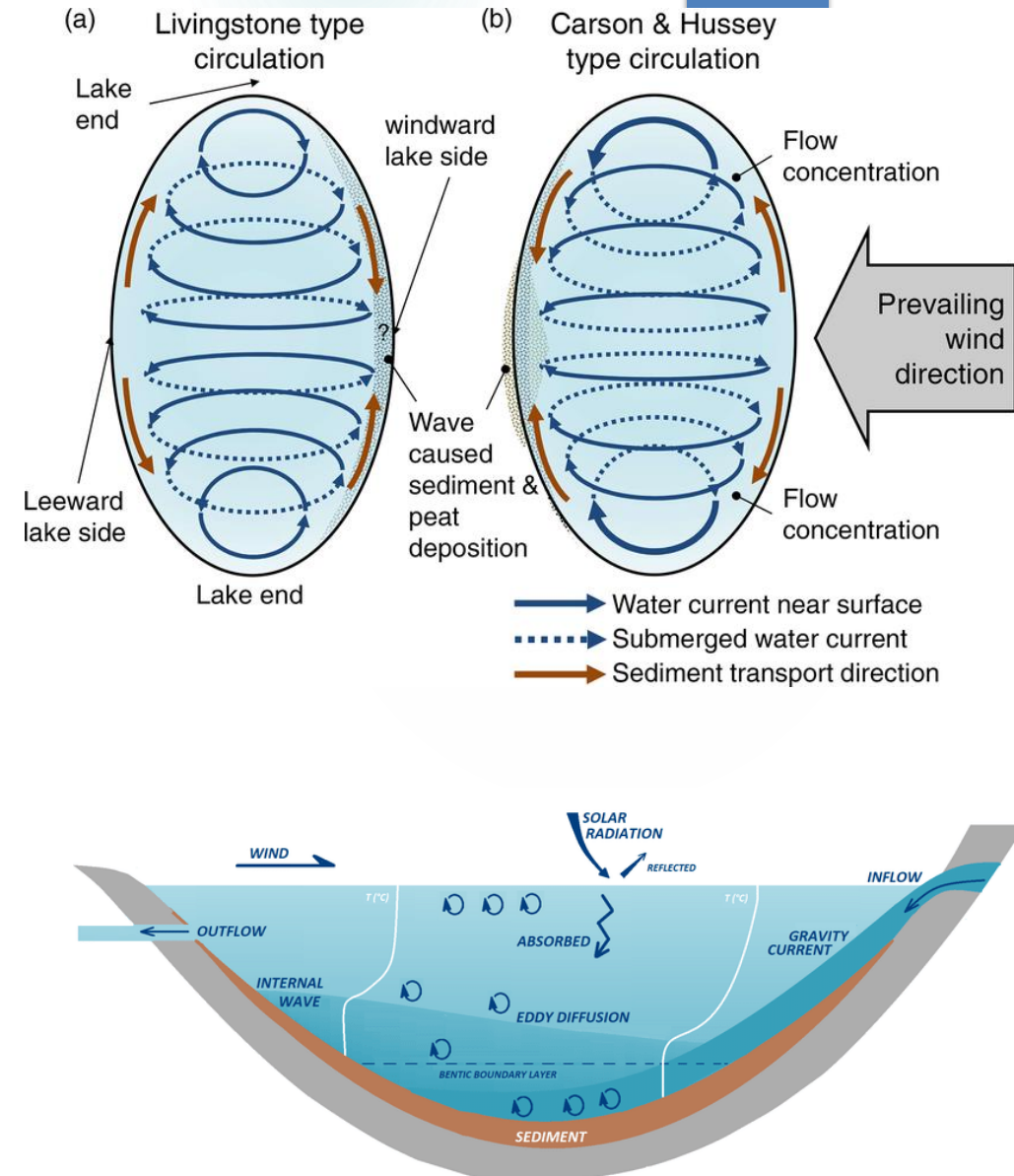
- ▶ kde: ΔW - zmena objemu jazera, Q - povrchový prítok do jazera, S - zrážky, O - priamy odtok z jazera a E - evaporácia
- ▶ Do zjednodušenej bilancie nie sú započítané **ťažko merateľné prítoky a odtoky** podzemnej vody, kondenzácia vodných pár a hodnota evapotranspirácie, ktorá zodpovedá evaporácii
- ▶ Zmenu objemu jazera možno vyjadriť tiež pomocou zníženia a zvýšenia hladiny a plochy jazera:

$$\Delta W = \frac{P_1 - P_2}{2} \cdot \Delta h$$

- ▶ kde: ΔW - zmena objemu jazera, P_1 - plocha jazera pred zmenou objemu, P_2 plocha jazera po zmene objemu a Δh rozdiel hĺbky hladiny
- ▶ Rovnicu vodnej bilancie je vždy potrebné zostavovať s ohľadom na **typ jazera** a jeho možný zdroj vody, ako aj odtokové straty
- ▶ Neprietočné jazera sú citlivejšie na klimatické zmeny, ktoré sa okamžite prejavujú v poklese alebo zvýšení hladiny

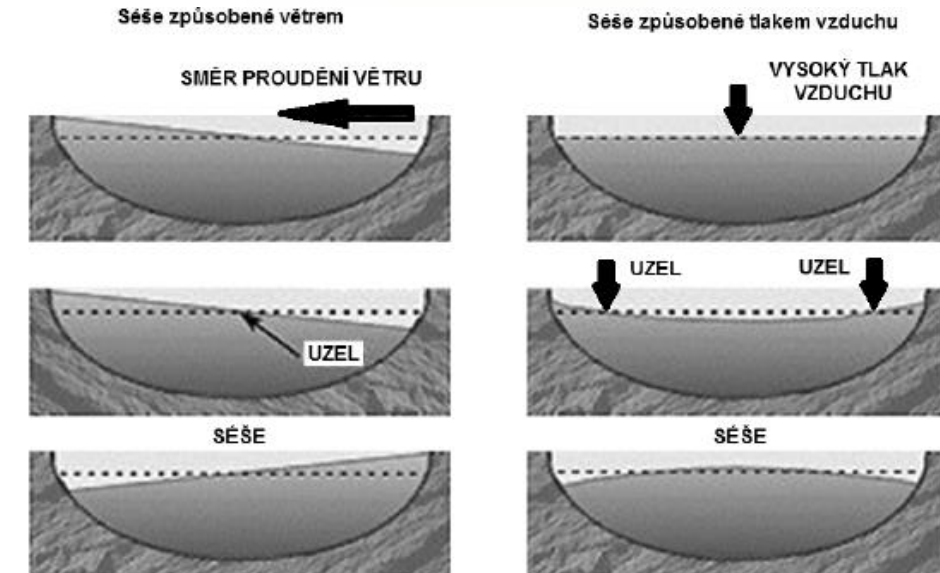
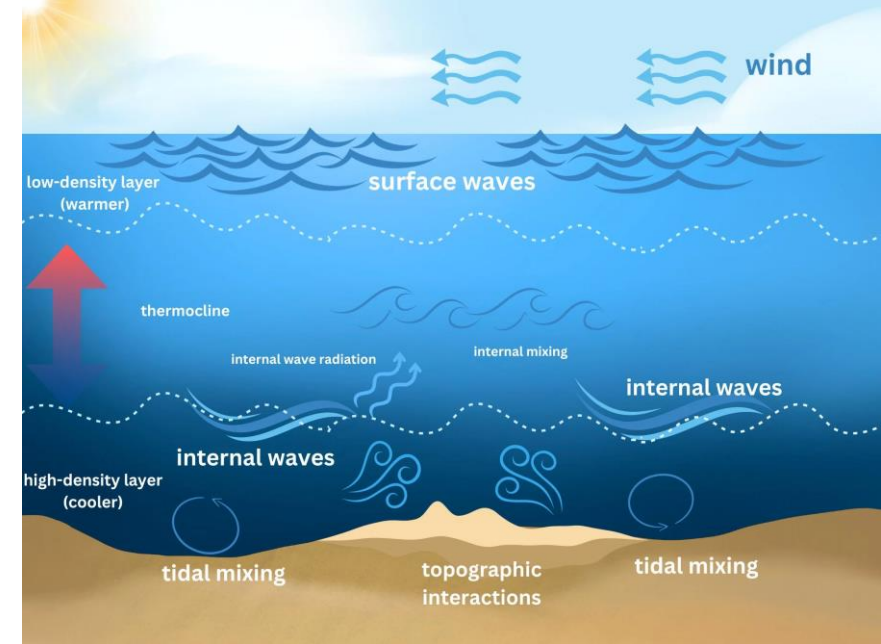
Vlastnosti jazernej vody

- ▶ V rámci jazier sa uplatňujú nasledovné **druhy prúdenia**:
 - ▶ **Riečne prúdenie** – vyvinie sa iba v prietokových jazeroch. Hladina týchto jazier je pri vstupe do jazera nepatrne vyššia než pri výstupe, zároveň má voda na vstupe iné teplotné a hmotnostné (splaveninové) charakteristiky, čo spôsobuje vznik prúdenia. Veľkosť tohto prúdenia možno merať špeciálnymi farbivami (dosahuje rýchlosť až 10 m/h)
 - ▶ **Prúdenie vyvolané vetrom** - ak je hladina jazera dlhý čas vystavená pôsobeniu vetra z určitého smeru. Pri takejto situácii nastáva vlnenie a voda je vetrom „nahromadená“ na náveternej strane brehu. Vzniká tak prúdenie, ktoré vyrovnáva rozloženie masy vody v jazere. U hlbokých jazier sa toto prúdenie realizuje vo väčších hĺbkach, u plytkých jazier pozdĺž brehov
 - ▶ **Konvekčné prúdenie** - odohráva sa vo vertikálnom smere a je vyvolané nerovnomerným rozložením teplôt v jazere



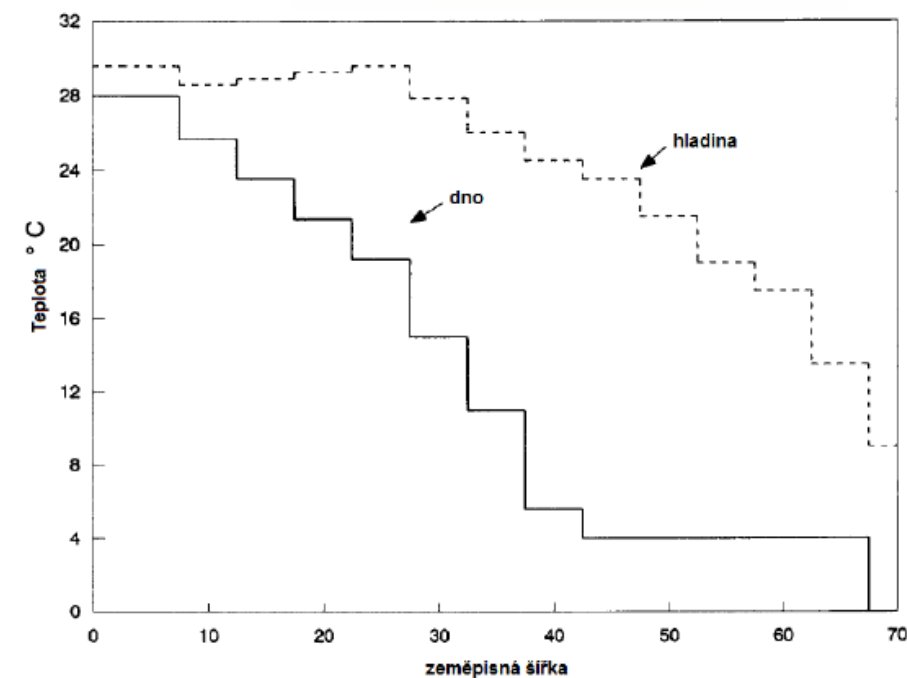
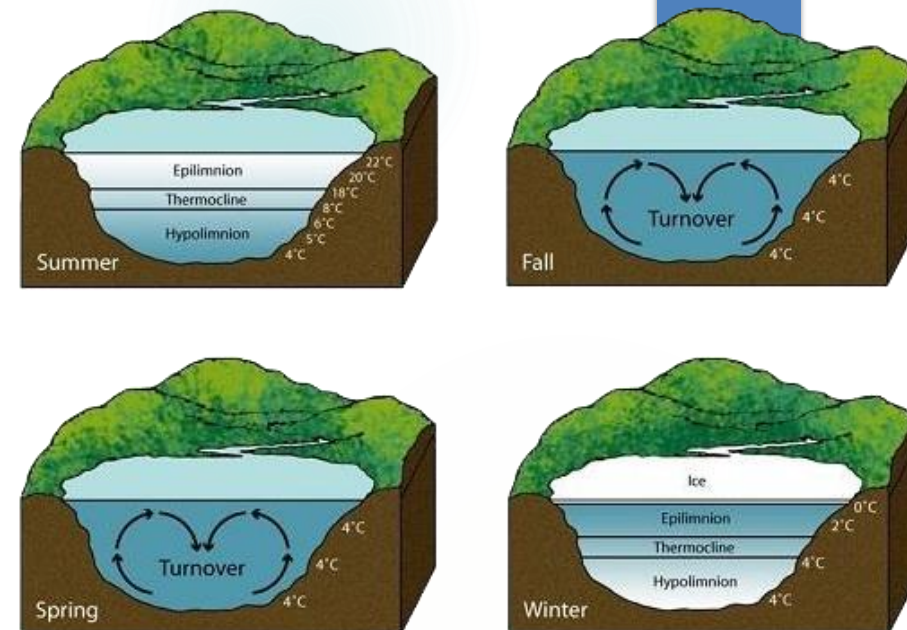
Vlastnosti jazernej vody

- ▶ **Vznik vlnenia** na jazere ovplyvňuje celý rad faktorov, medzi inými predovšetkým samotné **prúdenie vzduchu** (jeho rýchlosť a smer), šírka jazera, plocha jazera a prítomnosť litorálneho pásma
- ▶ Typy jazerného vlnenia:
 - ▶ **Vlny vyvolané vetrom** – v prípade vzniku týchto vln sa posudzuje výška vlny, dĺžka vlny, perióda vlny a rýchlosť pohybu vlny. Okrem špeciálnych zariadení, ako sú automatické merače na bójach, sa k tomuto meraniu stále využívajú vlnomeracie laty
 - ▶ **Vlny vyvolané ponorom** – jedná sa o vlny vyvolané náhlou udalosťou, ako je rútenie skál, zosuv svahu alebo iné
 - ▶ **Stojaté vlny** – objavil ich Forel, ktorý ich popísal na Ženevskom jazere. Stojaté vlny sú spôsobené rezonanciou jazerných vôd vyvolanou vonkajším faktorom, ktorým môže byť vietor, zmeny atmosférického tlaku, seizmická činnosť alebo vzdialená prírodná katastrofa (tsunami). Hladina jazera začne pohybovať vodou (kývať) v uzavretých vlnách v tlakoch či zmene gravitačného poľa okolo uzlových bodov. Veľkosť stojatého vlnenia sa pohybuje od niekoľkých cm až po niekoľko metrov. V prostredí Veľkých kanadských jazier sa tieto vlny nazývajú „slosh“



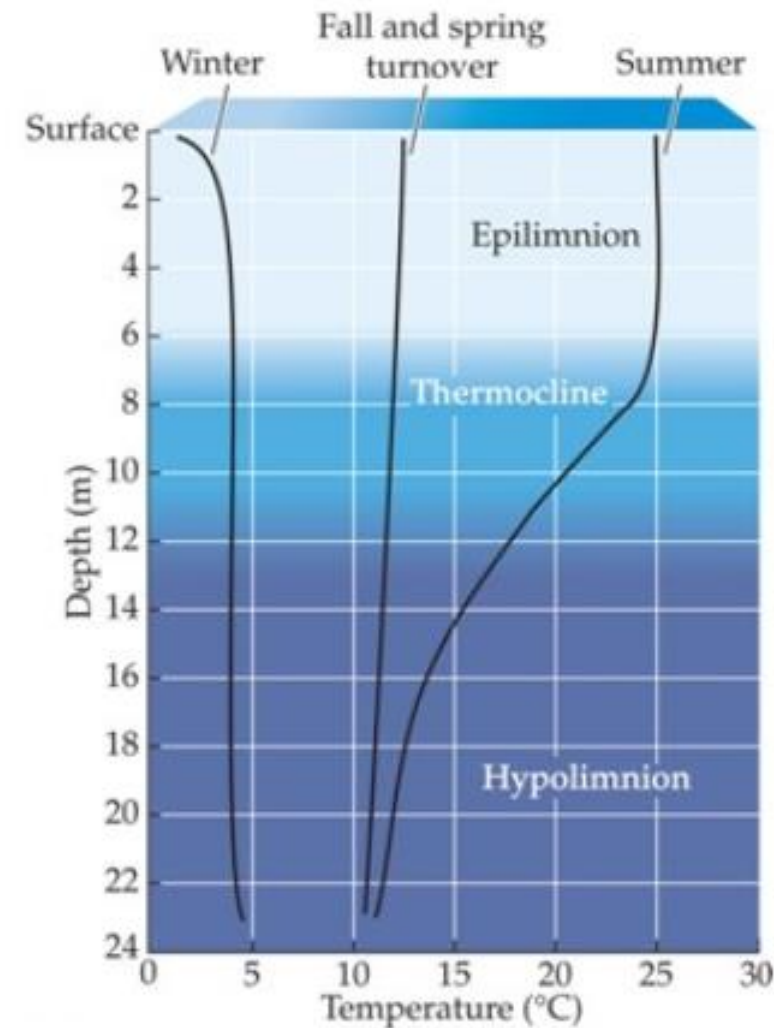
Teplotné vlastnosti jazier

- ▶ Pre hlboké jazerá je charakteristická **teplotná stratifikácia vodného stĺpca**, ktorá sa v priebehu roka mení a je výrazná pri jazerách mierneho a polárneho pásma, tropické (ekvatoriálne) jazerá majú rozdiel teplôt vo vodnom stĺpci počas roka maximálne 2 °C
- ▶ V jazere vznikajú pri normálnej stratifikácii tri teplotné vrstvy:
 - ▶ **Epilimnion** - prehriata vrstva pri hladine, dobre okysličená kontaktom so vzduchom, vyskytuje sa tu najviac zooplanktónu, teplota tu klesá asi o 0,5 °C na 1 m hĺbky. Vplyvom rozpustených živín a slnečného žiarenia tu vzniká nová organická hmota, ktorá postupne klesá na dno. Výška epilimnia je značne premenlivá a závisí na mnohých faktoroch
 - ▶ **Metolimnion** - skoková vrstva, kde dochádza k prechodu od teplej vody pri hladine k studenej vode pri dne. Teplota vody s hĺbkou rýchlo klesá, zhruba o 2 °C na 1 m. Veľkosť skokovej vrstvy rastie spolu so zemepisnou šírkou. Najtenšia je táto vrstva v tropických oblastiach, najväčšia v polárnych oblastiach. Pri obrátenej stratifikácii sa tieto rozdiely strácajú. Niekedy je táto vrstva označovaná ako termoklina
 - ▶ **Hypolimnion** - chladná vrstva vody. Voda tu dosahuje minimálne teploty 4 °C, kedy má zároveň najväčšiu hustotu. Teplota vody tu len nepatrne klesá, o 0,1 °C na 1 m. Je tu veľký nedostatok kyslíka, ktorý sa spotrebováva na rozklad organickej hmoty. Tá sa tu hromadí v sedimentoch. Čím je jazero hlbšie, tým je väčšia šírka hypolimnia



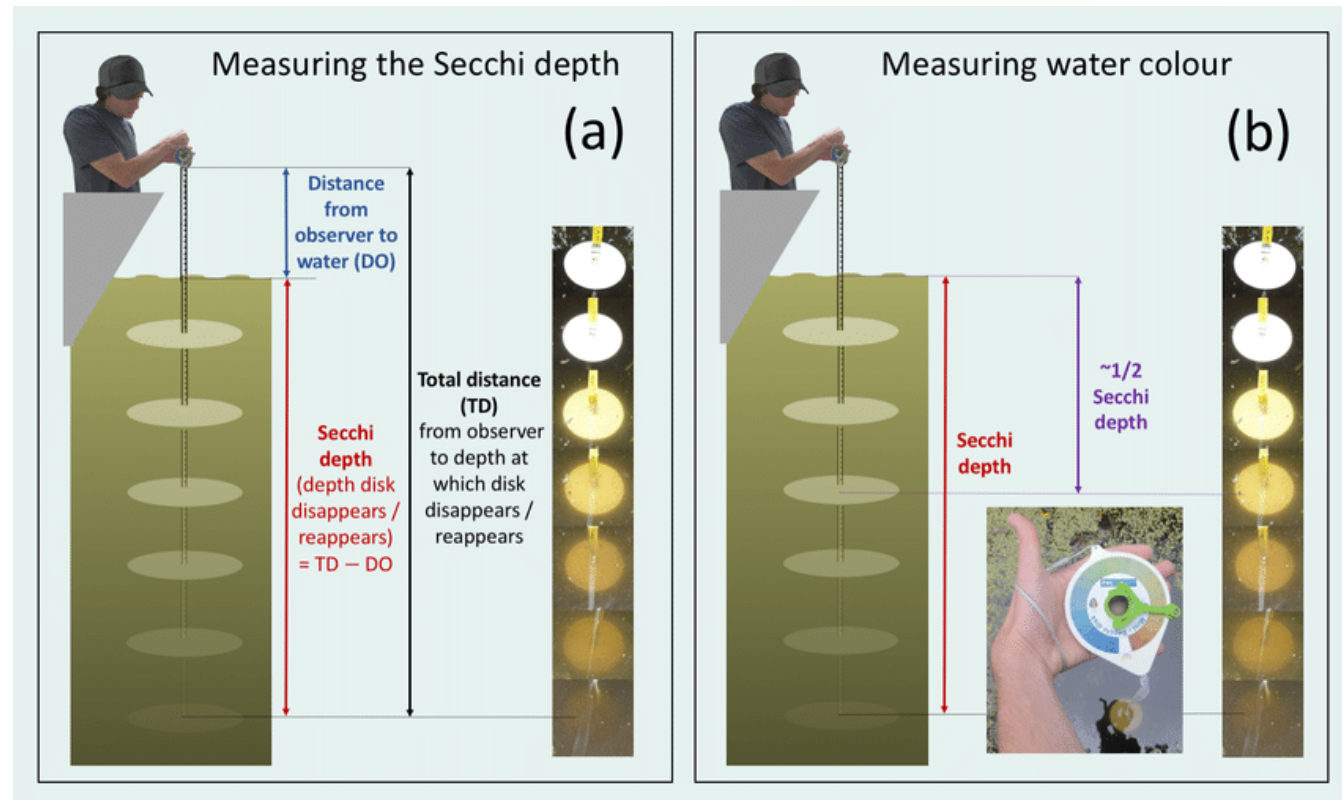
Teplotné vlastnosti jazier

- ▶ **Priama teplotná stratifikácia** vzniká v letnom období. Spôsobuje to, že u hladiny je prehriata vrstva vody od slnka s veľkým množstvom kyslíka a pri dne je chladná vrstva vody s vyššou hustotou a teplotou blížiacou sa k 4 °C
- ▶ **Stabilné teplotné zvrstvenie** zabezpečuje, že sa chladná voda nemôže dostať k hladine a je pevne oddelená termoklinou (**obdobie letnej stagnácie**)
- ▶ K premiešaniu vodného stĺpca môže dochádzať za veterného počasia, alebo ak je v jazere vyvinuté prúdenie
- ▶ S koncom letného obdobia dochádza k **ochladzovaniu epilimnionu**. Ochladená voda je ťažšia a začína „klesať“ ku dnu, dochádza tak k výmene vody medzi jednotlivými vrstvami. Zároveň sa znižuje teplotný rozdiel medzi vrstvami, až dôjde k obdobiu tzv. **jarnej a jesennej homotermie**, kedy sa teplota medzi vrstvami ustáli na krátke obdobie na 4 °C
- ▶ Nepriama teplotná stratifikácia (zimná stagnácia) - v zimnom období dochádza k **obrátenej stratifikácii**, keď je teplota vody pri hladine nižšia (ľad) než teplota vody pri dne
- ▶ Stratifikácia sa môže meniť v prípade tzv. jazier **meromiktických**, kde je stratifikácia dlhšiu dobu stabilná môže dôjsť k hromadeniu oxidu uhličitého a pri zmene stratifikácie i výronu do okolia - v tomto prípade dochádza k usmrteniu všetkého živého v blízkosti jazera (jazero Nyos, Monoun v Kamerune a jazero Kivu v Rwande)



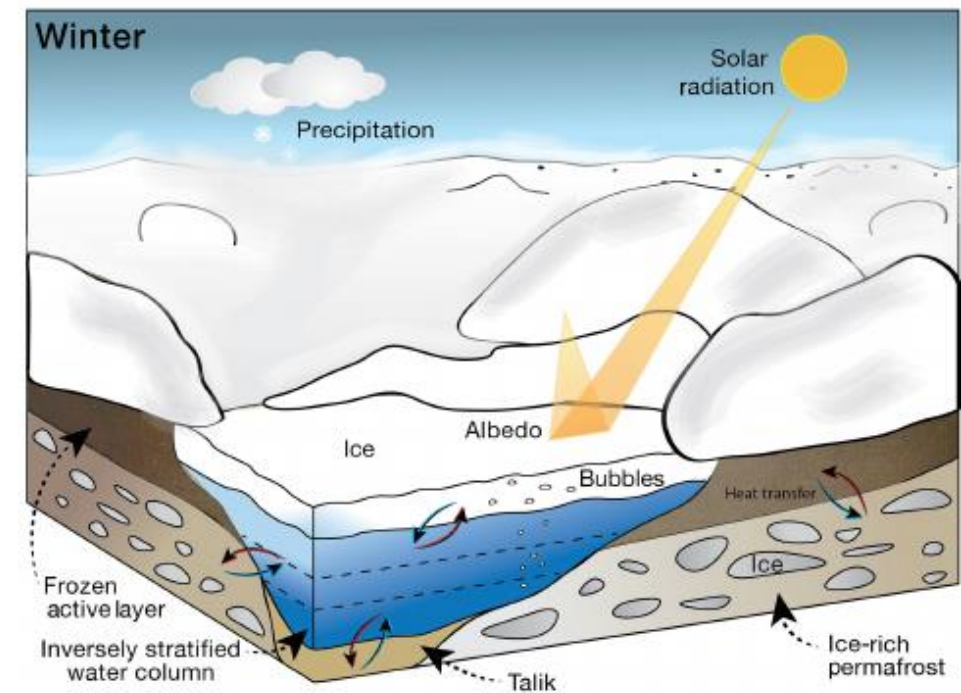
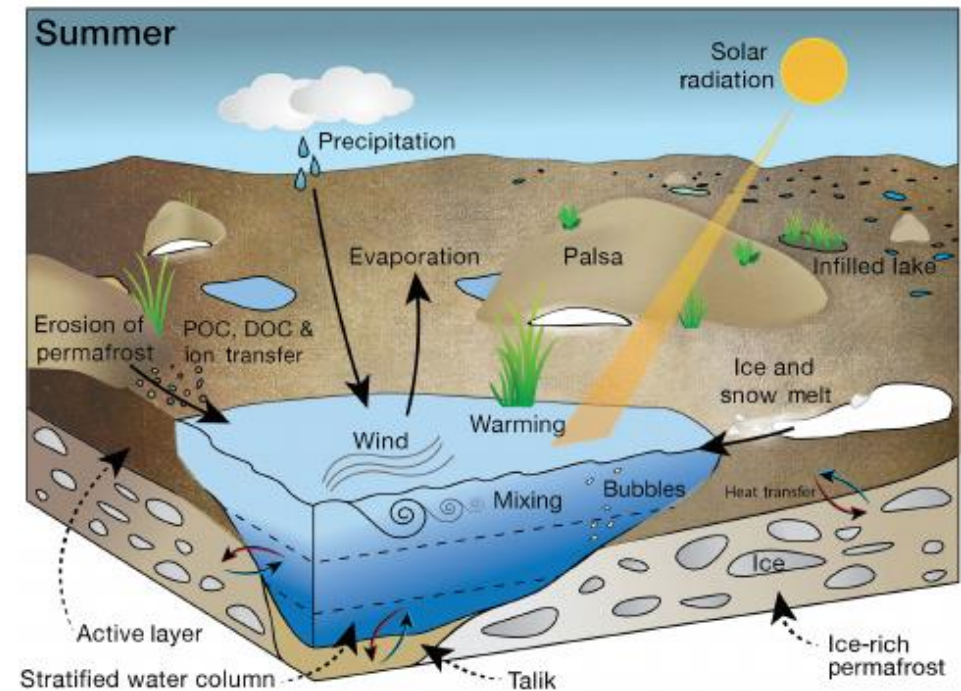
Vlastnosti jazernej vody

- **Priezračnosť jazier** - udáva sa podľa hĺbky viditeľnosti **Secchiho dosky** (bielo-čierny kotúč s priemerom 20–25 cm) spúšťanej do jazera na oškálovanom lane
- Priezračnosť jazier je teda známa ako tzv. **Secchiho hĺbka**. Priezračnosť jazier sa mení v závislosti od množstva rozpustených látok vo vode
- **Farba jazier** - daná mierou rozpustených látok, ktoré rôznou mierou absorbujú modré svetlo, určuje sa podľa **Forel-Uleovej stupnice** - rozlišuje 21 odtieňov farby jazerných vôd od modrej až po hnedú
- Farba vody sa posudzuje podľa Secchiho disku ponoreného do hĺbky 1 m vizuálnou komparáciou so stupnicou



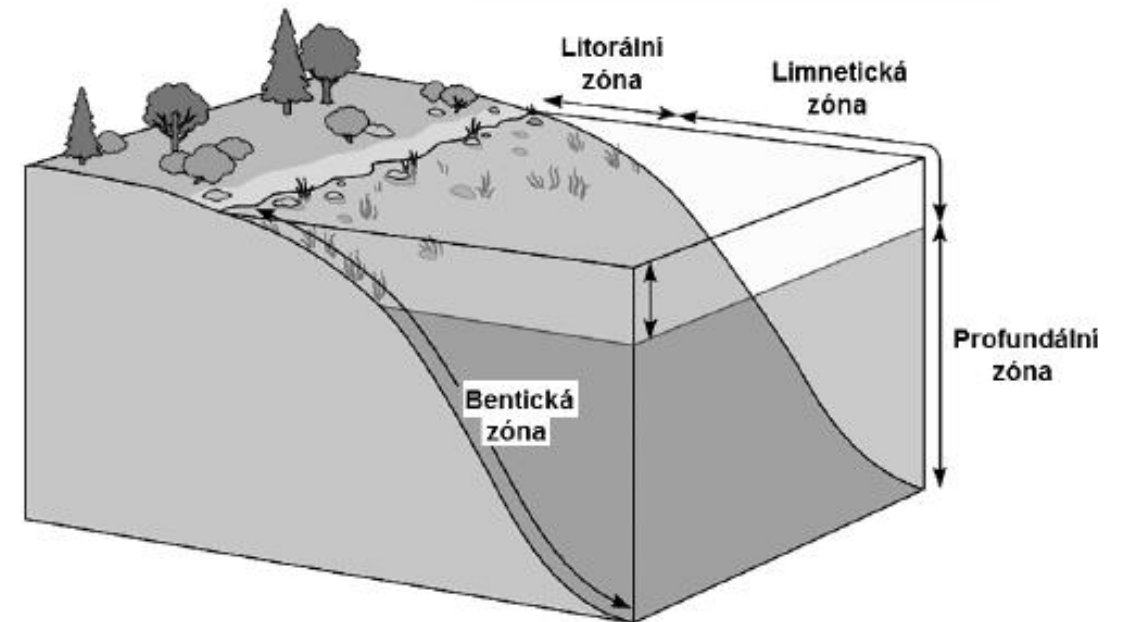
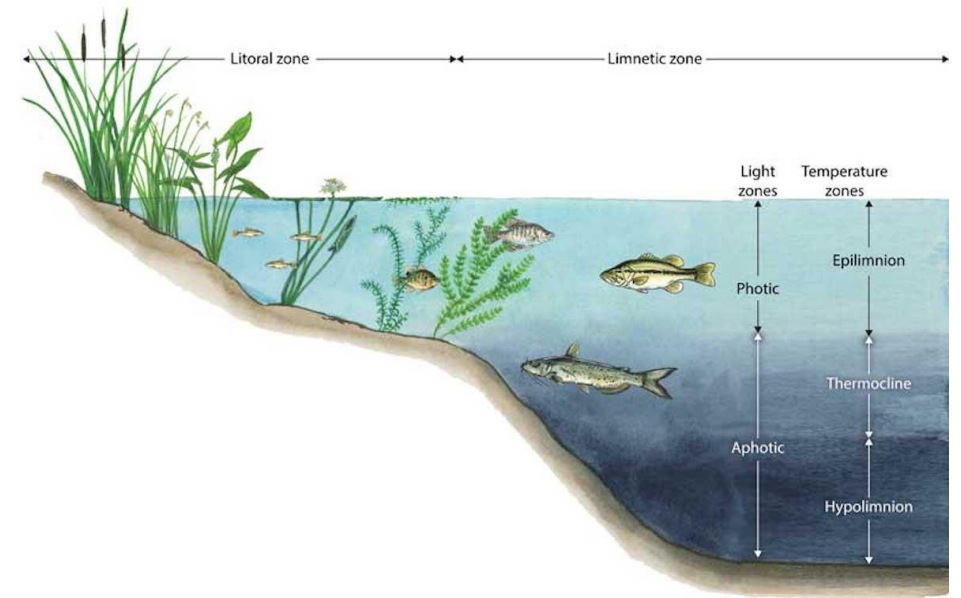
Zamrzanie jazier

- **Ľadové javy** - k zamrznutiu jazier dochádza po vyčerpaní energetických zásob vody, keď klesne teplota vzduchu pod bod mrazu a v epilimnion na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, objemnejšie jazerá majú viac energetických zásob vody, preto zamrzajú pomalšie. Ak pri zamrznutí sneží alebo je veterno, ľadové javy sa na hladine vytvárajú rýchlejšie
- Energia z vody sa vyčerpáva aj roztápaním snehových vločiek, ktoré dopadnú na hladinu alebo je odnímaná vetrom
- S rastúcou salinitou vody sa rýchlosť zamrznutia znižuje (napr. pri salinite 35 ‰ je tvorba ľadu podmienená teplotou $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Ak počas zimy dochádza k striedaniu nízkych a vyšších teplôt, dochádza k efektu tzv. vysúvania ľadu. Pri nízkych teplotách sa ľad zmršťuje a vytvárajú sa v ňom dlhé suché trhliny, pri vyšších teplotách sa naopak rozťahne a pri pôsobení silných vetrov sú kryhy vysúvané na pobrežie. Pri topení dochádza na jazerách k odlamovaniu kryh podľa trhlín. Topenie prebieha slnečným žiarením zhora, ale taktiež v prietokových jazerách zdola (vďaka riečnemu prúdeniu)



Živé organizmy v jazerách

- ▶ V hmote jazerných vôd je možné rozlíšiť rôzne zóny podľa živých organizmov, ktoré sa v nich nachádzajú:
 - ▶ **Litorálna zóna** (pobrežná zóna) je charakteristická vysokým počtom druhov organizmov, ktoré ju obývajú. V pobrežnej časti dosahuje slnečné žiarenie dna a malá hĺbka vody umožňuje vegetácii prerastať až na dno. Vegetácia poskytuje ochranu ďalším živočíchom, napríklad larvám hmyzu
 - ▶ **Limnetická zóna** - viazaná na epilimnion, nachádza sa v nej veľké množstvo fytoplanktónu (ako dominantného fotosyntetizujúceho organizmu) a rýb
 - ▶ **Profundálna zóna** – viazaná na oblasť hlbokkej vody je úplne bez slnečného žiarenia a teplota vody tu prudko klesá. Nenachádzajú sa tu žiadne rastliny, len baktérie, vodné červy a ryby, ktoré sa živia konzumáciou organického materiálu, ktorý sa sem dostáva z hladiny
 - ▶ **Bentická zóna** - zóna dna, ktorá pokrýva celú jazernú panvu. Je teda obsiahnutá vo všetkých troch predchádzajúcich zónach.



Vplyv jazier na miestnu klímu

- ▶ Veľké jazerá majú vplyv na formovanie miestnej klímy - **zvyšujú vlhkosť** vzduchu a majú **otepľujúci účinok** na jeseň a v zime, naopak **ochladzujú** na jar a v lete
- ▶ Vplyv jazier na mikroklima - hladina jazera je schopná pohlcovať a odrážať slnečné žiarenie, pričom albedo vody mení a závisí od zenitového uhla Slnka (s rastúcou hodnotou rastie odrazené žiarenie, čo sa môže prejaviť najmä na východných a západných brehoch ráno a podvečer - oblasti sú viac zohriate odrazeným žiarením)
- ▶ V rámci vodných plôch jazerá tiež ovplyvňujú hodnoty latentného toku tepla (tzn. tepla uvoľňovaného pri výpare), ktoré je dosahované tiež v nočných a ranných hodinách s čím súvisí tvorba hmly, ktorá sa vytvára nad vodnou hladinou, keď sa do chladného vzduchu vyparuje teplejšia voda
- ▶ Teplotný vplyv jazerných vôd na atmosféru priliehajúcu k hladine je dokázaný, ale len v minimálnom vertikálnom a horizontálnom rozsahu

Lake-effect snow

Frigid air blowing across relatively warm water creates the lake-effect snow that makes places around the Great Lakes unusually snowy. Such snow sometimes falls near the Great Salt Lake in Utah and on a few places near oceans, including in Japan and Scandinavia.

1 Air at least 25 degrees colder than the water blows across lake.

3 Warmed air rises forming clouds and snow.

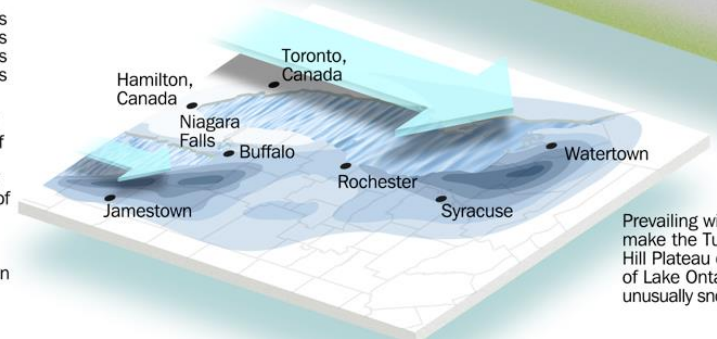
4 Friction slows wind over land, air "piles up" and rises faster.

5 Heavier snow falls, especially over hills.

Annual average snowfall in inches

50 inches
60 inches
80 inches
100 inches
120 inches
150 inches
200 inches

Prevailing winds along the length of Lake Erie dump heavy snow south of Buffalo. A slight change in wind direction buries the city.



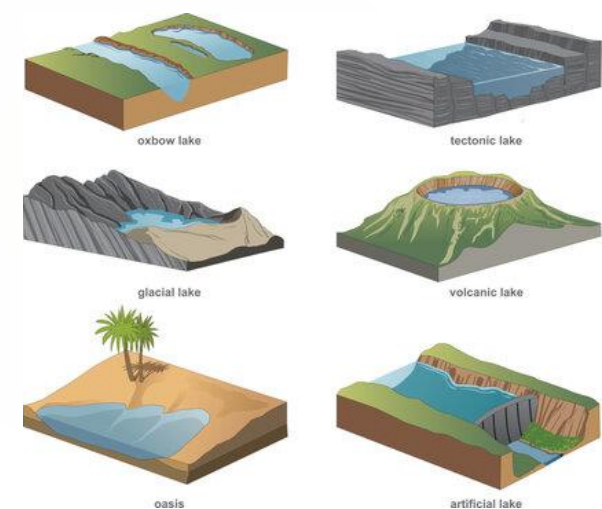
Klasifikácia jazier

- **genetická klasifikácia jazier** - delenie jazier podľa geologických a geomorfologických síl, ktoré sa uplatnili pri vzniku jazera:

- **ľadovcové (glaciálne)** - jazerá, ktoré vznikli v dôsledku činnosti pevninského či horského ľadovca. Ide o **karové jazerá**, ktoré vznikli eróziou v pásme vyživovania ľadovca, **hradené morénové**, ktoré vznikli prehradením údolia morénou (čelnou, bočnou, ústupovou atď.), **proglaciálne** prehradené priamo ľadovcom alebo vzniknutím roztopením mŕtveho či pochovaného ľadu a **trogové**, ktoré vznikli pohybom ľadovcových jazykov, špecifickým typom sú **subglaciálne** jazerá, nachádzajúce sa pod ľadovou vrstvou (napr. jazero Vostok). Najväčšie ľadovcové jazerá sveta sa nachádzajú v Severnej Amerike (Veľké Kanadské jazerá) na Slovensku Tatry
- **Tektonické jazerá** - patria medzi najhlbšie jazerá sveta, vznikajú v riftových zónach na tektonických rozhraniach. Príkladom môže byť pás tektonických jazier okolo Veľkej priekopovej prepadliny v Afrike (jazerá Bajkal, Malawi, Mŕtve more, Titicaca, Issyk-kul, Urmíjské, Bodamské, Tanganika, Kivu, Kyoga, Edwardovo jazero, Vänern, Vättern, Albertovo jazero a Viktóriino jazero – ktoré je druhé najväčšie sladkovodné jazero sveta)
- **Vulkanické** – jazerá, ktoré vznikli v súvislosti so sopečnou činnosťou. Patria sem **kráterové**, **lávové**, jazerá **prehradené lávovými prúdmi** a **maary** (formy krátera s nízkym reliéfom, ktoré vznikli erupcií spôsobenou kontaktom magmy a podzemnej vody). Napr. Crater Lake v USA
- **Termokrasové a krasové jazerá** - nachádzajú sa v krasových oblastiach, kedy sa jedná o akumuláciu zrážkovej alebo podzemnej vody v dutinách krasových hornín (vápencov a dolomitov). Patria sem jazerá na poliach, v upchatých závrtoch alebo v jaskynných priestoroch pri tvorbe sintrových a travertínových hrádzí. U nás **Jašteričie jazierko**, vo svete Cerknické jazero, cenoty Yucatan. Jazerá v poljach – Skadarské, časť Plitvických jazier
- **Fluviálne jazerá** - jedny z najrozšírenejších typov jazier na svete, ich vznik je viazaný na eróziu činnosť vodných tokov (odstrihnuté meandre) v riečnych nivách na stredných a dolných úsekoch tokov. **Periodické fluviálne jazerá** vznikajú po povodňových situáciách, kedy voda zaplní terénne depresie v nive. Fluviálne jazerá bývajú prepojené s hlavným tokom



- Sedem Rílskych jazier (károve jazerá Bulharsko)



Klasifikácia jazier

- ▶ **genetická klasifikácia jazier** - delenie jazier podľa geologických a geomorfologických síl, ktoré sa uplatnili pri vzniku jazera:
 - ▶ **Pobrežné jazerá** - jazerá, ktoré vznikli na pobreží svetového oceánu v dôsledku sedimentácie materiálu transportovaného morom. Delíme ich na **Limany** - jazerá ktoré vznikli v ústiach riek z terestrického materiálu, voda je zmiešaná zo sladkej a slanej vody mora ide o tzv. brakickú vodu. Val ktorý oddeluje jazero od mora sa nazýva kosa Viselsky záliv (Poľsko)Kuronsky záliv (Kaliningrad, Litva). **Lagúna** - jazero na pobreží s morskou vodou najväčšia lagúna Lagoa dos Patos (Brazília). Lagúny sa najčastejšie vyskytujú uprostred Atolov napríklad Tuvalu
 - ▶ **Regresné jazerá** (reliktné)- vznikli ústupom mora (regresiou) Kaspické more (ak ho považujeme za jazero akumuluje až 76 % objemu slanej vody sveta na kontinentoch), Aralské jazero (vysychajúce jazero zmenšenie o viac ako polovicu so salinitou cca 100 ‰)
 - ▶ **Eolické jazerá** – viazané väčšinou na aridné oblasti, v ktorých došlo k vyvievaniu (deflácii) reliéfu vetrom a vznikla tak terénna depresia. Typickými príkladmi tohto typu jazier je Čadské jazero. Plytké **deflačné jazerá** vznikajú tiež v bezodtokových soľných pláňach (tzv. šoty) v severnej Afrike a v Ázii, kde sa nazývajú **takyry**. U nás na Záhorskej a Východoslovenskej nížine. Vo svete Qarun (Egypt), jazerá napájané podzemnou vodou Gabrun (Lybia), Crescent (Gobi) – spravidla bezodtokové

▶ Viselský liman



▶ Tuvalu - lagúna

Klasifikácia jazier

- **genetická klasifikácia jazier** - delenie jazier podľa geologických a geomorfologických síl, ktoré sa uplatnili pri vzniku jazera:

- **Hradené jazerá** – vznikli prehradením vodného toku skalným rútením, zosunom
- **Organogénne jazerá** – vznikli činnosťou rastlín a živočíchov. V prostredí morských koralových ostrovov sa nachádzajú **koralové jazerá**, ktoré vznikli prehradením lagúny koralovými útesmi. Ďalším príkladom organogénnych jazier sú **bobrie jazerá**, ktoré vznikli prehradením vodného toku.

Rašeliniská vyznačujú sa kyslým prostredím ich vznik je ovplyvnený povrchovou vodou. Rašeliniská tvoria asi 60 % mokradí hlavne v chladnejších podmienkach. Rozšírené sú hlavne v Írsku, Rusku, Poľsku v blízkosti Lublina, Bielorusku, Fínsku. Na Slovensku výskyt hlavne na Orave (Mútne, Biela Orava) na Liptove, Spiši (Spišská Belá). **Vrchoviska** vyznačujú sa extrémnou kyslosťou prostredia ($\text{pH}=3-4,5$), absenciou minerálnych látok a dusíka a úplnou závislosťou od zrážkovej vody a s veľmi nízkou intenzitou rozkladu. Diverzita rastlín nízka. Na Slovensku sa vyskytujú na južnej hranici svojho rozšírenia Pohorela, Suchá hora, Klín (Orava). Rozšírené sú hlavne v boreálnej oblasti.

Slatiniska sú rozšírené hlavne v zamočiarovaných plochých územiach Východoslovenská nížina, Záhorská nížina, Podunajská nížina vo svete zamočiarené územia pozdĺž veľkých tokov. Zdrojom vody je podzemná a zrážková voda ($\text{pH}=4-8$). Spravidla ide o eutrofizujúce bývalé mŕtve ramená

- **Jazerá vzniknuté dopadom vesmírnych telies** – krátery po dopade meteoritov, keď dno krátera tvorí hladina podzemnej vody alebo je tvorené nepriepustným materiálom, ktorý bráni infiltrácii zrážkovej vody, takže vznikne jazero napr.: Chubb Lake v Kanade
- **Jazerá vzniknuté antropogénnou činnosťou** – jazerá, ktoré vznikli následkom zatopenia terénnej depresie vplyvom činnosti človeka, jej zániku alebo postupného vypustenia (opustené lomy, úložiska surovín atď.). Niektorí autori však do tejto kategórie zaraďujú tiež všetky umelé vodné nádrže, ktoré zbudoval človek – rybníky a priehradné nádrže...

- Jazero Pamír (vzniklo skalným rútením)



- Antropogénne jazero

Klasifikácia jazier

► Klasifikácia podľa pôvodu jazerných panví:

- **Hradené jazerá** - vznikli zahradením riečneho údolia zosuvom, piesočným valom, morénou, masou ľadovca, lávovým prúdom alebo zrútením skál
- **Kotlinové jazerá** - jazerá v terénnych depresiách vzniknutých defláciou, poklesom kôry zemskej kôry, vyhlbením ľadovcom, chemickou eróziou, vulkanickou činnosťou, degradáciou permafrostu
- **Údolné jazerá** - vyvinuli sa v inundačnom koryte riečnych tokov vďaka vetveniu, odstihnutiu meandrov alebo vývojom delty
- **Zmiešané jazerá** - vznikli kombináciou

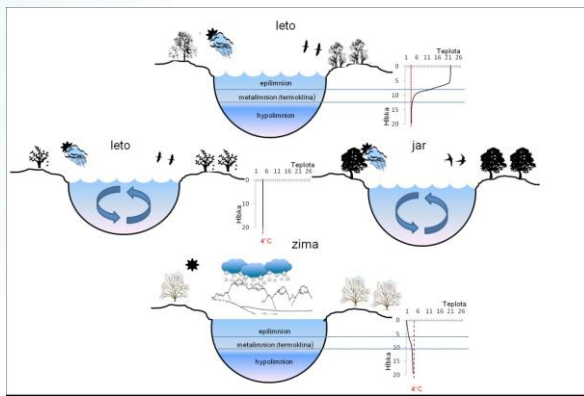
► Klasifikácia jazier podľa chemického zloženia vody:

- **Sladkovodné jazerá** - nachádzajú sa v oblastiach s dostatočným množstvom zrážok alebo s dobrým zásobovaním riečnou vodou (obsah soli je nižší ako 0,3 ‰)
- **Brakické jazerá (slabo slané)** - sa nachádzajú v prostredí, kde sa mieša sladká voda so slanou vodou, majú vyššiu koncentráciu soli než sladká voda, ale nižšiu než voda slaná, t. j. od 0,31-24,7‰, sú väčšinou viazané na riečne delty a estuáry
- **Slané jazerá** - nachádzajú sa predovšetkým v tropických a subtropických oblastiach s nízkymi úhrnmi zrážok, soľ vo vode pochádza väčšinou z hornín v zdrojovej oblasti alebo z oblasti jazerných panví; koncentrácia soli presahuje hodnotu 24,7‰ a v mnohých prípadoch dosahuje vyššiu slanosť než more a oceány, príkladom sú jazerá Natron (Afrika), Mŕtve more, Aralské jazero, jazero Balchaš, jazero Elton (Volgograd) s salinitou cca 200-500‰ .ide o najväčšie slané jazero v Európe

Klasifikácia jazier

- ▶ Klasifikácia jazier podľa vertikálnej výmeny vody
 - ▶ **Holomiktické jazerá** – v ktorých dochádza k výmene vody a jej premiešavaniu v celom vodnom stĺpci
 - ▶ **Meromiktické jazerá** – voda sa premiešava iba do určitej hĺbky
- ▶ Podľa frekvencie premiešavania vodných mäs:
 - ▶ **Monomiktické** – jedna cirkulácia počas roka v letnom období (arktické jazerá) alebo v zimnom období (tropické)
 - ▶ **Dimiktické** – premiešavanie 2 ročne na jar a jeseň (mierne pásmo)
 - ▶ **Polymiktické** – permanentné premiešavanie – plytké jazerá
- ▶ Klasifikácia jazier podľa teplotných pomerov:

- ▶ **Tropické**
- ▶ **Mierne**
- ▶ **Polárne**



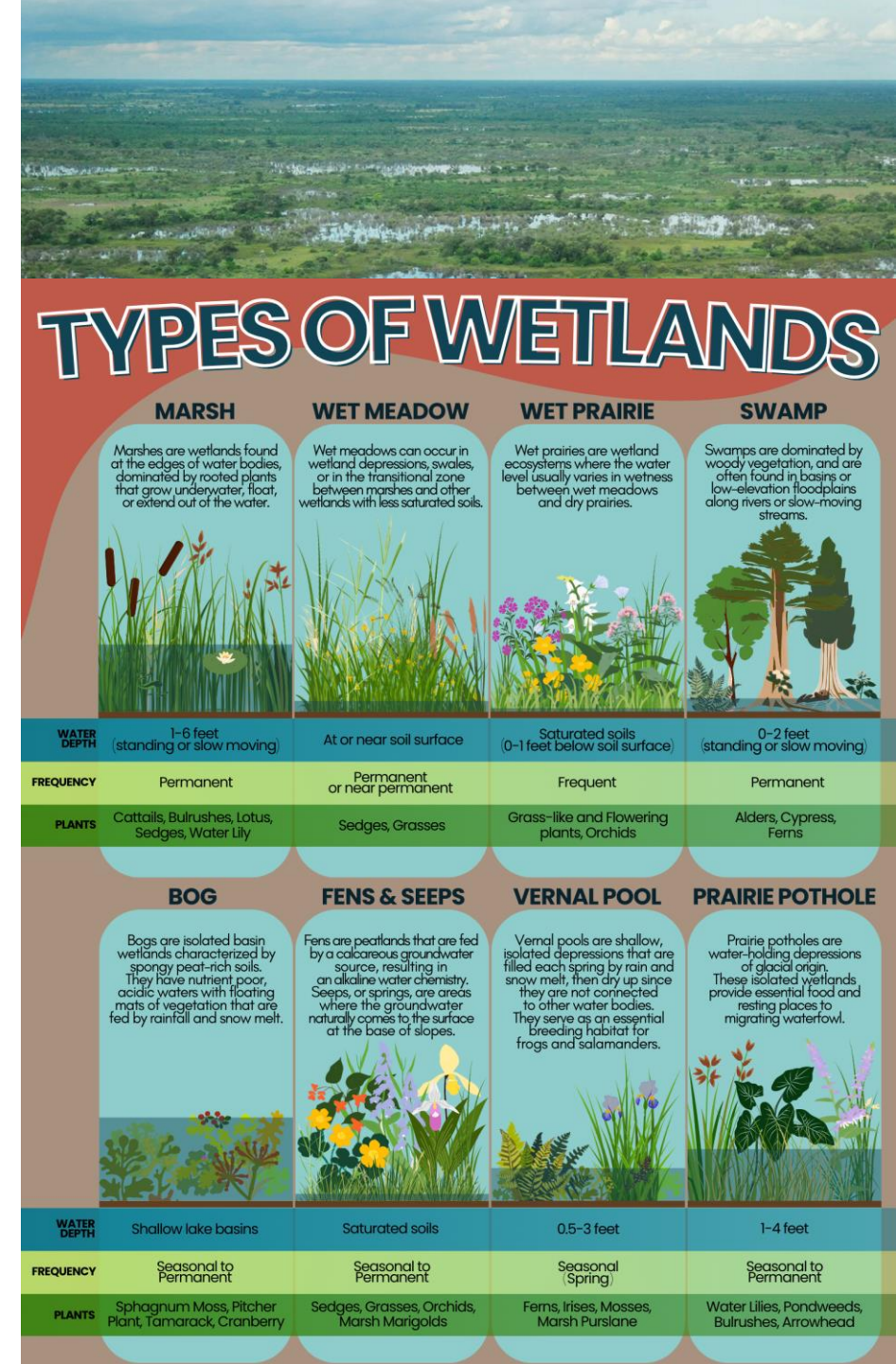
- ▶ Z hľadiska teplotných pomerov môžeme rozlišovať aj:
 - ▶ **Teplé** – teplota v celej hĺbke jazera neklesne pod 4 °C, celý rok je normálne teplotné vrstvenie
 - ▶ **Chladné** – v lete sa vytvára priama stratifikácia a v zime obrátená stratifikácia
 - ▶ **Studené** – po celý rok obrátená teplotná stratifikácia
- ▶ Hydrologická klasifikácia jazier:
 - ▶ **Prietočné** – prítok a odtok (Bodamské, Neuchatel)
 - ▶ **Bezodtokové** (Aralské, Kaspické more)
 - ▶ **Odtokové** – iba odtok (Tana, Tanganika, Horné)
- ▶ Podľa odtoku:
 - ▶ **S občasným odtokom** (Čadské)
 - ▶ **So stálym odtokom** (Bajkal)
 - ▶ **S povrchovým odtokom**
 - ▶ **S podzemným odtokom** (Cerknica)

Klasifikácia jazier

- ▶ **Trofia** (úživnosť) **jazera** je spojená s teplotnou stratifikáciou a hĺbkou jazera - čím je jazero hlbšie, tým viac je oligotrofné (nedostatok živín), čím je plytšie, tým viac je eutrofné (s nadbytkom živín)
- ▶ Zatiaľ čo u hlbokých jazier s teplotnou stratifikáciou je väčšina živín uložená v sedimentoch hypolimnionu, ktoré sa do epilimnionu dostávajú iba pri premiešavaní, v plytkých jazerách sa stratifikácia nevyvíja a celý vodný stĺpec má charakter epilimnionu s možnosťou obohatenia o organické látky v sedimentoch na dne
- ▶ Klasifikácia jazier podľa prevažujúcich biologických procesov:
 - ▶ **Dystrofné jazerá** – jazerá s prebytkom organických látok vo forme humusových koloidov, ktoré už ďalej nemôžu byť využívané (rašelinné jazerá) - obsah fosforu: $\leq 0,05 \text{ mg.l}^{-1}$
 - ▶ **Oligotrofné jazerá** – jazerá s dostatkom kyslíka a čistou vodou, s malou produkciou organických látok (napr. alpské jazerá) - obsah fosforu: $0,005 - 0,01 \text{ mg.l}^{-1}$
 - ▶ **Mezotrofné jazerá** – na prechode medzi eutrofnými a oligotrofnými jazerami s veľkým druhovým množstvom organizmov - obsah fosforu: $0,01 - 0,03 \text{ mg.l}^{-1}$
 - ▶ **Eutrofné jazerá** – vo veľkej miere prevládajú produkčné životné procesy nad rozkladnými, dochádza tu k ukladaniu zahŕňajúceho bahna, ktoré sú premieňané oxidáciou na anorganické látky (slatinné jazerá, fluvialne jazerá). Obsahujú veľké množstvo planktónu, často sa v nich vďaka prebytku živín rozmnožujú druhy organizmov (napr. vodné kvety, riasy, sinice, rákosie) - obsah fosforu: $0,03 - 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$
 - ▶ **Hypertrofné** - obsah fosforu: $\geq 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$

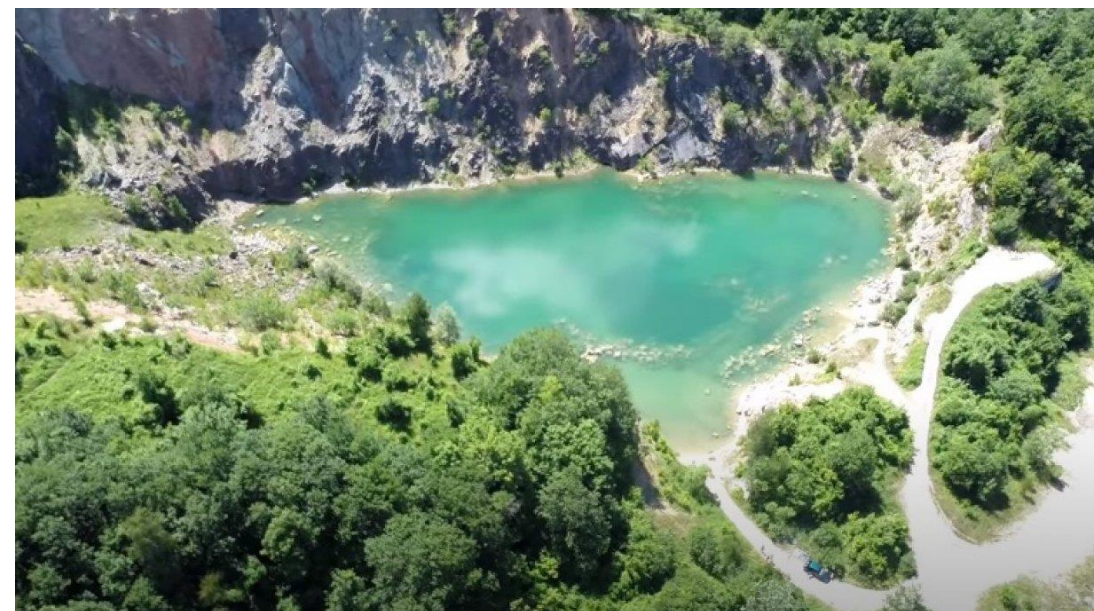
Bažiny a mokrade

- ▶ **Mokrade** - územia, na ktorých sa po väčšiu časť roka vyskytuje silne prevlhčená pôda alebo plytká vrstva vody, množstvo mokradí vzniklo zo starých jazier alebo na miestach s vysokou hladinou podzemnej vody
- ▶ Iné názvy pre mokrade sú bažiny, luhy, slatiny, močiare...
- ▶ Všetky predstavujú plytké periodické jazerá, porastené vodnomilnou vegetáciou a majúce veľký ekologický význam v krajine
- ▶ Celková svetová plocha mokradí je odhadovaná na 6 % súše
- ▶ V minulom storočí sa človek snažil mokrade v krajine zbaviť a premeniť ich na poľnohospodársku pôdu rôznymi spôsobmi drenáže - stali sa tak jedným z najviac ohrozených ekosystémov na svete
- ▶ Mokrade sú významným biotopom vzácného vtáctva – z tohto dôvodu bola v roku 1971 v Iráne podpísaná **Ramsarská zmluva** s platnosťou od roku 1975, ktorá si kladie za cieľ zastaviť ničenie mokradových ekosystémov a vytvoriť sieť mokradí medzinárodného významu



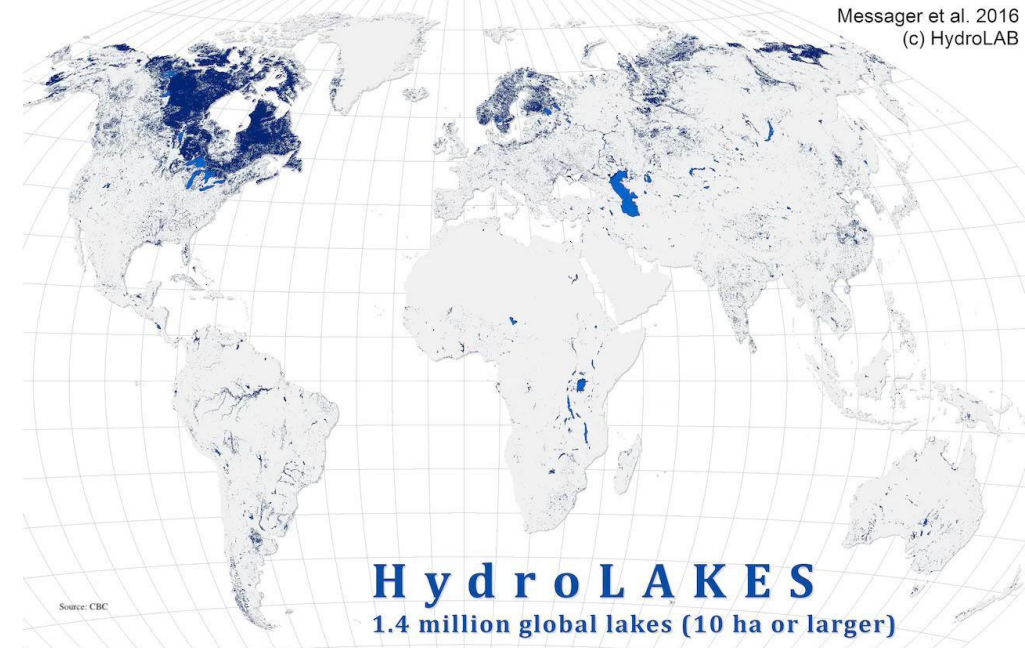
Antropogénne jazerá

- ▶ Radia sa medzi depresné útvary zaplnené vodou, ktoré vznikli napr. v dôsledku povrchovej ťažby
- ▶ Antropogénne jazerá najčastejšie vznikajú ako súčasť rekultivačných a revitalizačných opatrení v bývalých povrchových lomoch
- ▶ Niektorí autori do tejto kategórie zaraďujú aj rybníky a vodné nádrže, pri ich stavbe je terénna depresia cielene vyhlbená a zaplavená, alebo sa dosiahne záplava určitej oblasti prehradením vodného toku
- ▶ Jazerá podmienené ťažobnou činnosťou je možné rozdeliť podľa typu ťažby a surovín, ktoré sa na mieste bývalého jazera ťažili - najpočetnejšie sú zastúpené jazerá po ťažbe piesku a štrkopiesku, nachádzajúce sa v blízkosti veľkých vodných tokov, jazerá po ťažbe kaolínu, hnedého a čierneho uhlia, vápenca, bridlice, rúd, zlúty, čediču, cihlárskej hliny a ďalších surovín...



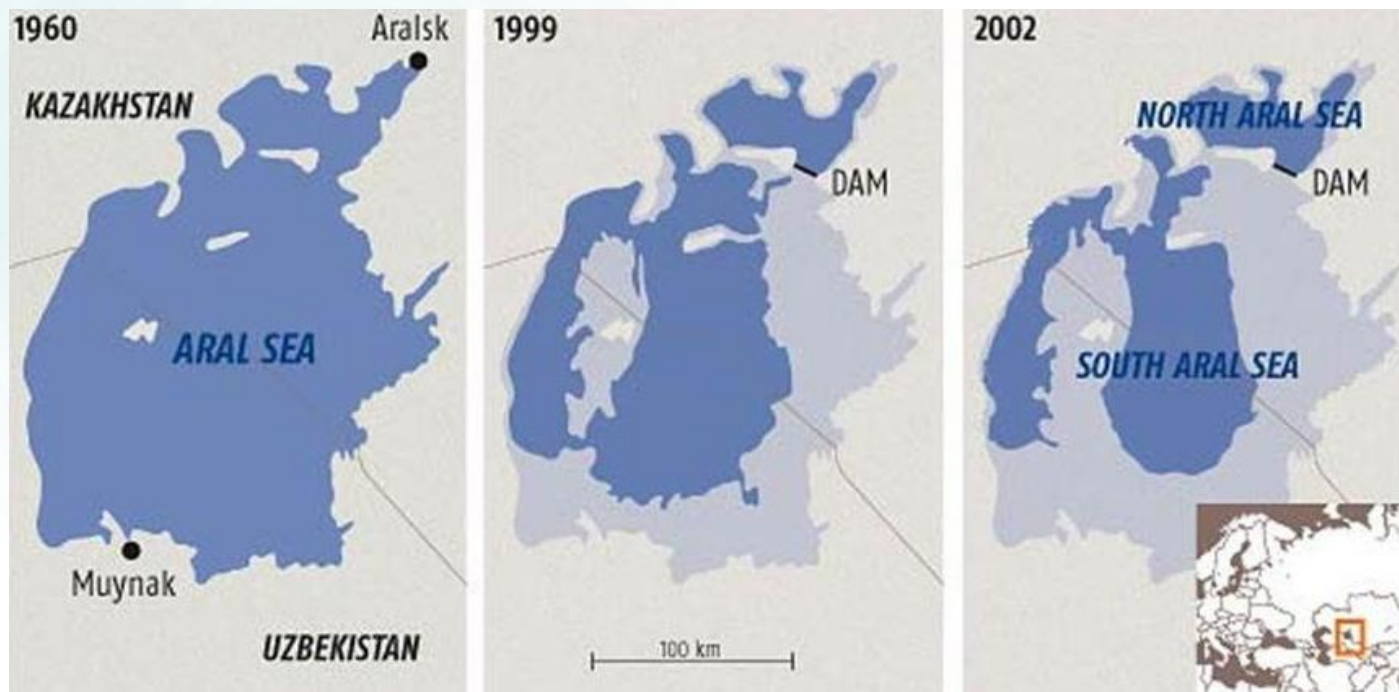
Geografické rozšírenie jazier

- ▶ Najväčšie množstvo jazernej vody vo svete je viazané v jazere Bajkal 18 % a veľkých kanadských jazerách (Horné, Hurónske, Michiganské, Erijské a Ontárijské) 21 % spolu cca 40 %
- ▶ Veľké kanadské jazerá predstavujú zároveň i najväčšiu zásobáreň vody pre Severnú Ameriku až 84 % vody akumulovanej v jazerách je akumulované vo veľkých jazerách na hranici Kanady a USA a vznikli v depresných polohách, ktoré sa formovali vplyvom tektoniky a zaľadnenia
- ▶ Celosvetovo jazerá zaberajú plochu asi 1.7 mil. km², ich lokalizácia je podmienená do značnej miery endogennými a exogennými procesmi
- ▶ Veľké jazerá Bajkal, Tanganika vznikli pod úrovňou morskej hladiny výška ich hladiny sa nachádza nad úrovňou morskej hladiny tieto jazerá označujeme ako **kryptodepresie**
- ▶ Jazerá ktorých hladina sa nachádza pod úrovňou morskej hladiny napríklad Kaspické more -28 m n.m. sú označované ako **preliačiny**



Geografické rozšírenie jazier

- Spravidla vo vlhkých oblastiach sú **sladké jazerá** a v suchých oblastiach **slané jazerá** bez ohľadu na nadmorskú výšku
- Vysoká koncentrácia jazier je v oblastiach bývalého kontinentálneho (Kanada, Fínsko, Rusko) a vysokohorského zaľadnenia (Slovensko, Švajčiarsko, Švédsko), ďalšou oblasťou vyššej koncentrácie jazier sú krasové oblasti (Chorvátsko, Slovinsko), sopečné oblasti a oblasti riečnych náplavov (delta Mississippi, Ob, Jenisej, Amur, Amazonka).



Por.č.	Meno	Krajiny	Plocha	Dĺžka	Max. hĺbka	Objem
1	Kaspické more	Kazachstan	371,000 km ²	1,199 km	1,025 m	78,200 km ³
		Rusko				
		Turkmenistan				
		Azerbajdžan				
		Irán				
2	Horné	Kanada	82,100 km ²	616 km	406.3 m	12,100 km ³
		USA				
3	Viktoriné	Uganda	68,870 km ²	322 km	84 m	2,750 km ³
		Keňa				
		Tanzánia				
4	Hurónske	Kanada	59,600 km ²	332 km	229 m	3,540 km ³
		USA				
5	Michiganské	USA	58,000 km ²	494 km	281 m	4,900 km ³
6	Tanganika	Burundi	32,600 km ²	676 km	1,470 m	18,900 km ³
		Tanzánia				
		Zambia				
		Dem.c Rep.Kongo				
7	Bajkal	Rusko	31,500 km ²	636 km	1,637 m	23,600 km ³
8	Veľké Medvedie	Kanada	31,000 km ²	373 km	446 m	2,236 km ³
9	Malawi	Malawi	29,500 km ²	579 km	706 m	8,400 km ³
		Mozambik				
		Tanzánia				
10	Veľké otročie	Kanada	27,000 km ²	480 km	614 m	1,560 km ³
11	Erijské	Kanada	25,700 km ²	388 km	64 m	489 km ³
		USA				
12	Winnipegské	Kanada	24,514 km ²	425 km	36 m	283 km ³
13	Ontário	Kanada	18,960 km ²	311 km	244 m	1,639 km ³
		USA				
14	Ladožské	Rusko	18,130 km ²	219 km	230 m	908 km ³
15	Balchaš*	Kazachstan	16,400 km ²	605 km	26 m	106 km ³
16	Vostok	Antarktída	12,500 km ²	250 km	900-1,000 m	5,400 ± 1,600 km ³
17	Onežské	Rusko	9,720 km ²	248 km	120 m	280 km ³
18	Titicacca	Bolívia	8,372 km ²	177 km	281 m	893 km ³
		Peru				
19	Nicaragua	Nikaragua	8,264 km ²	177 km	26 m	108 km ³
20	Athabasca	Kanada	7,850 km ²	335 km	243 m	204 km ³

Geografické rozšírenie jazier

- ▶ Jazero Natron má špecifické vlastnosti - vysokú koncentráciu uhličitanu sodného spôsobenú extrémnym výparom s teplotou vody do 60°C , ktorá až na výnimky bráni existencii života. Organizmy, ktoré prídu do kontaktu s touto vodou sú zakonzervované ako múmie
- ▶ Podobne kanadské Bodkované jazero (Kiluk) s výraznou kruhovou kresbou na dne, ktorá je tvorená hlavne síranom horečnatým má vysoké pH.
- ▶ Jazerá v kráteroch sopiek obsahujú veľmi často minerály a plyny, ktoré sú výsledkom pretrvávajúcej aktivity sopky, ktorá uvoľňuje plyny prenikajúce cez dno jazera

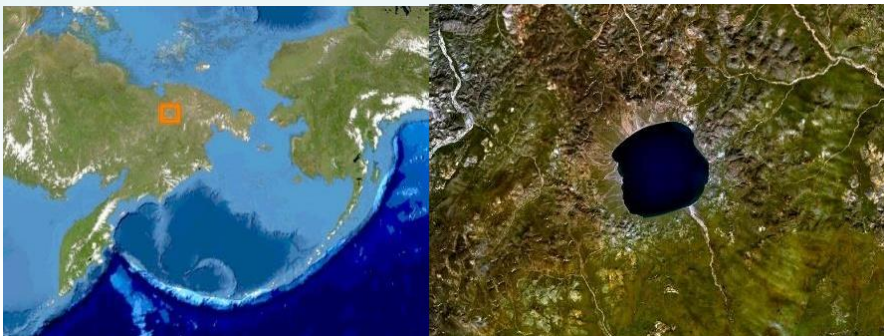
▶ Jazero Natron



▶ Jazero Kiluk

Geografické rozšírenie jazier

- ▶ V Trinidade sa nachádza jazero Pitch hlboké 75 m je najväčším ložiskom asfaltu na svete
- ▶ Jazero Balchaš je rozdelené na dve časti – západná časť obsahuje sladkú a východná časť slanú vodu
- ▶ Špecifickou stavbou je známe jazero Taal v strede jazera je ostrov Volcano Island, kde je jazero Crater Lake v ňom je ďalší ostrov Vulcan Point
- ▶ Jazerá, ktoré vznikli dopadom telies z komu - El'gygytgyn, Janisjarvi (Rusko), Morasko (Poľsko)



▶ Meteoritické jazero El'gygytgyn

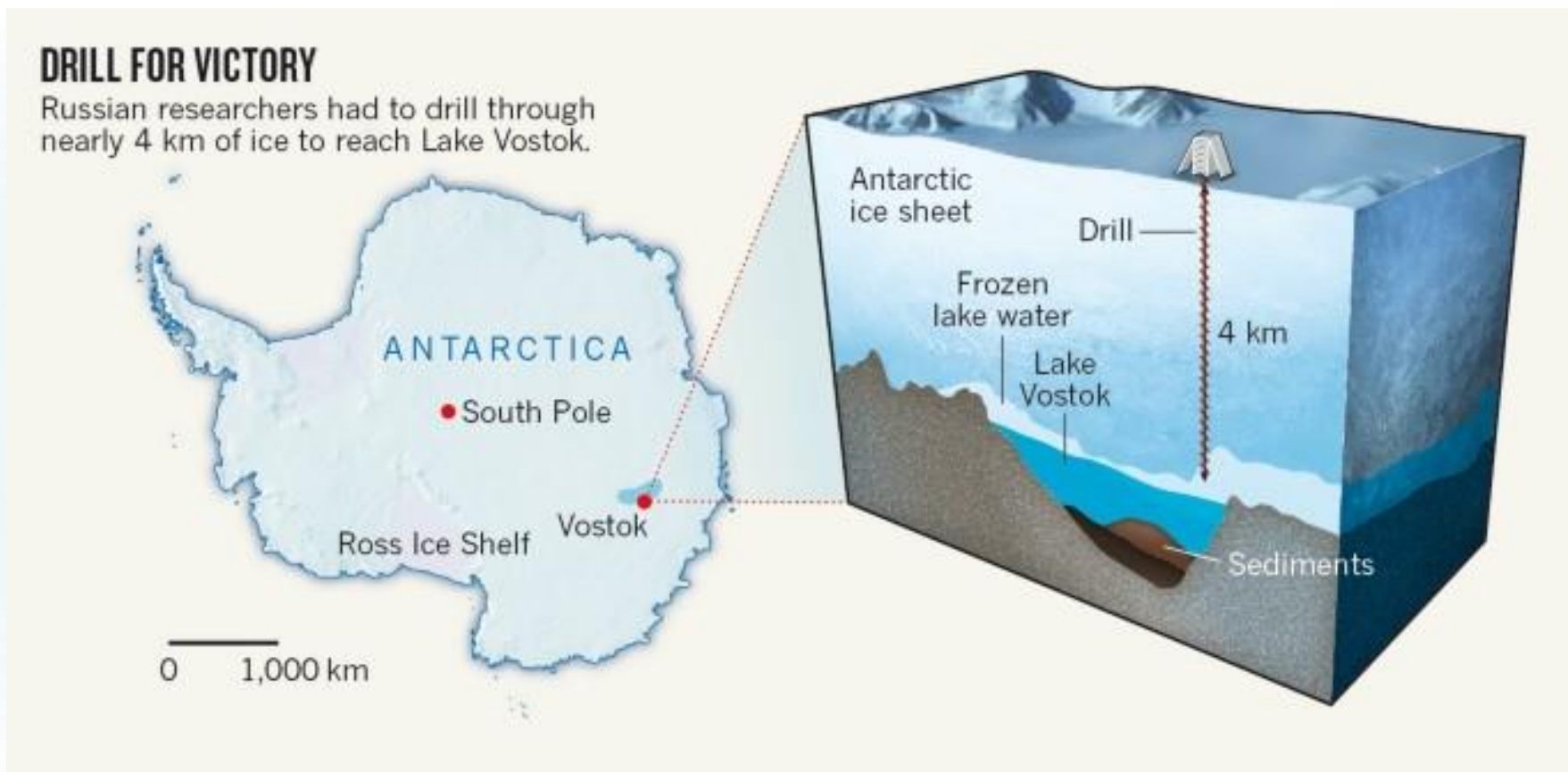
▶ Jazero Pitch



Taal lake

Geografické rozšírenie jazier

- vďaka výskumom v Antarktíde vznikla nová kategória jazier o ktorej máme základné informácie, ale ktoré ľudské oko nevidelo. Je problematické ich zaradiť nachádzajú sa pod ľadom vo veľkej hĺbke a sú to jazerá ktorých význam je hlavne v predpokladanom uchovaní foriem života pred zaľadnením (cca 2,6 mil rokov)



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Voda je substanciou bez, ktorej nie je možný život
- ▶ Jej nenahradiťnosť si uvedomovali národy v minulosti a uvedomujú si to i v súčasnosti
- ▶ V našich zemepisných šírkach ju však považujeme za samozrejmosť, čo v blízkej budúcnosti už nemusí platiť
- ▶ Význam vody dokumentujú vodohospodárske diela, ktoré sú zároveň i dôkazom histórie a životnej úrovne národov
- ▶ Význam historického vývoja vodohospodárskych diel:
 - ▶ Odkazujú na podstatu života
 - ▶ Poukazujú na význam vody pre ľudstvo
 - ▶ Dokumentujú vývoj a technológie spoločnosti
 - ▶ Dávajú námety na spôsoby riešenia problémov s dostupnosťou vody

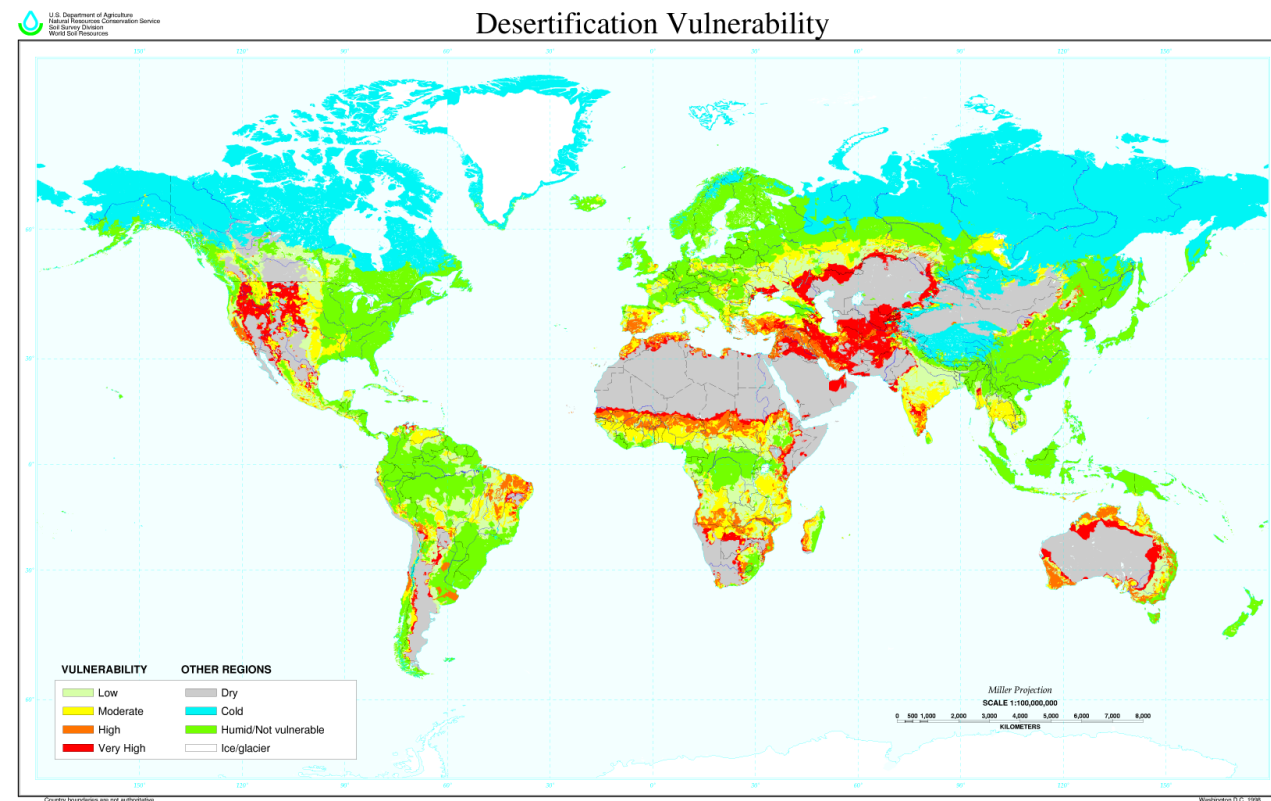
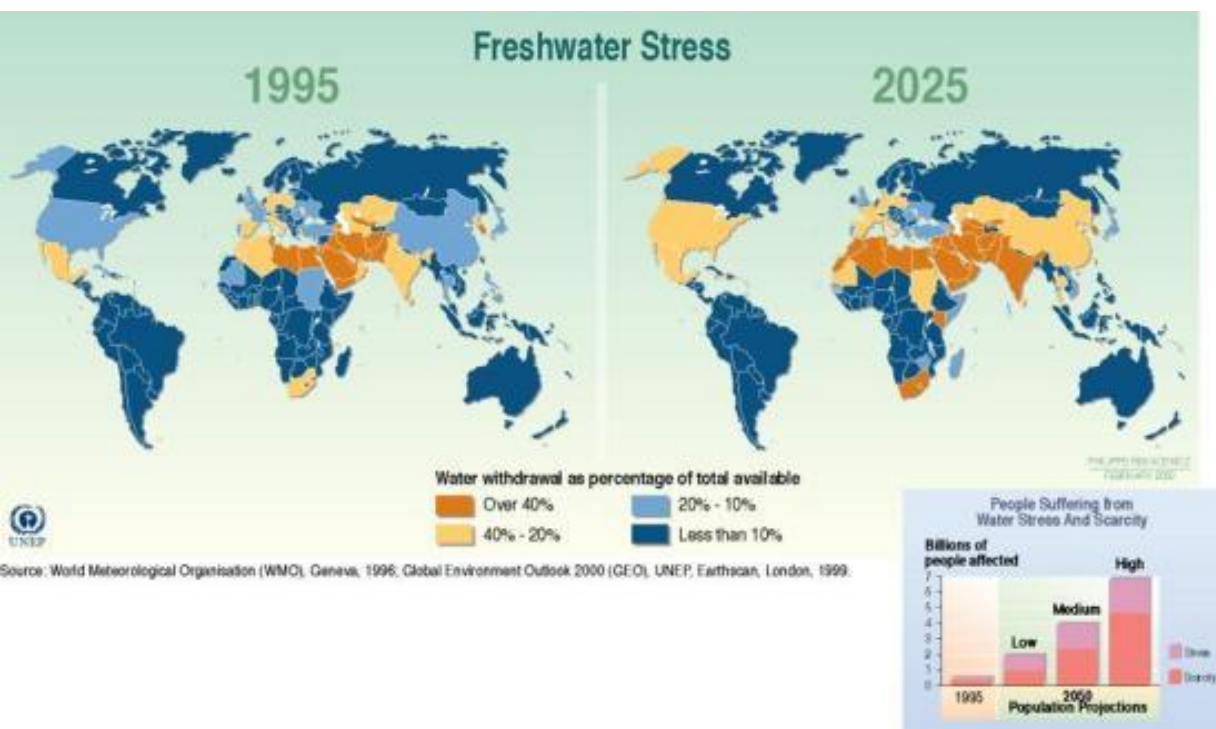
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Vodohospodárske diela:
 - ▶ Rôzne druhy **privádzačov vody**, ktoré dopravovali vodu z časti územia kde jej bol prebytok do časti kde jej bol nedostatok napríklad akvadukty, qanaty
 - ▶ Rôzne druhy **ochranných bariér** chrániacich kultúrnu krajinu pred záplavami (ochranné hrádze)
 - ▶ Zariadenia zabezpečujúce **odvedenie vody z územia**, ktoré chcela populácia využívať (odvodňovacie kanály, systematická drenáž)
 - ▶ **Retenčné nádrže** slúžiace pre akumuláciu vody za účelom jej hospodárskeho využitia
 - ▶ Zariadenia zabezpečujúce **ochranu sídiel**
 - ▶ Diela slúžiace pre efektívne **prepojenie viacerých oblastí** za účelom skrátenia dopravnej trasy



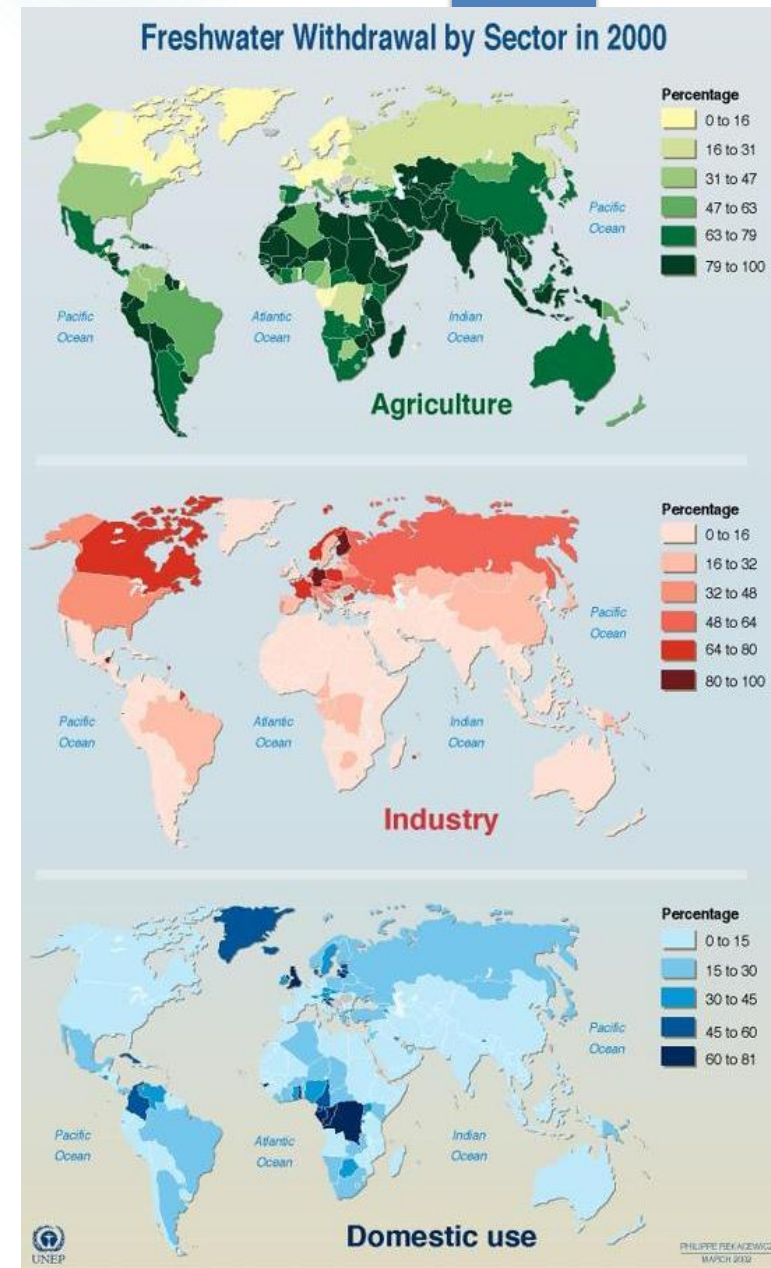
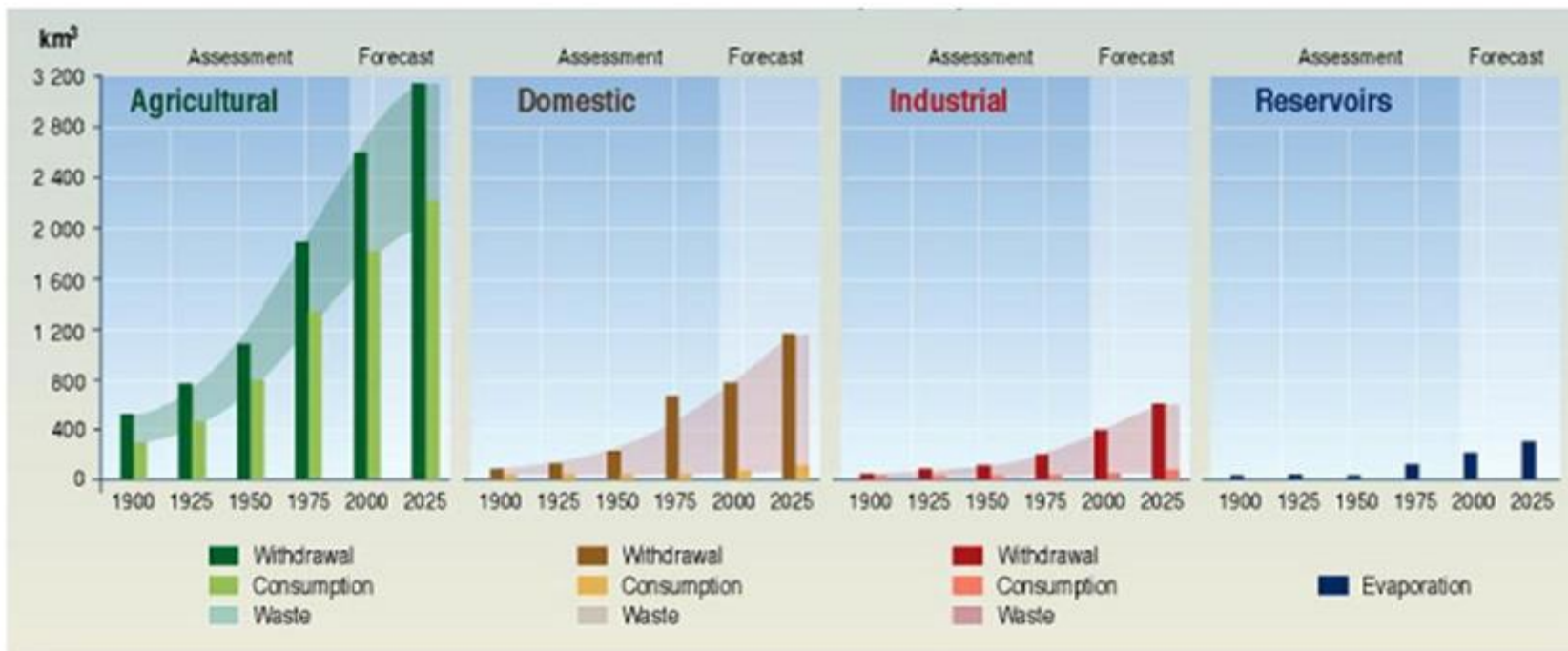
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- Nutnosť budovania vodných diel v suchých oblastiach



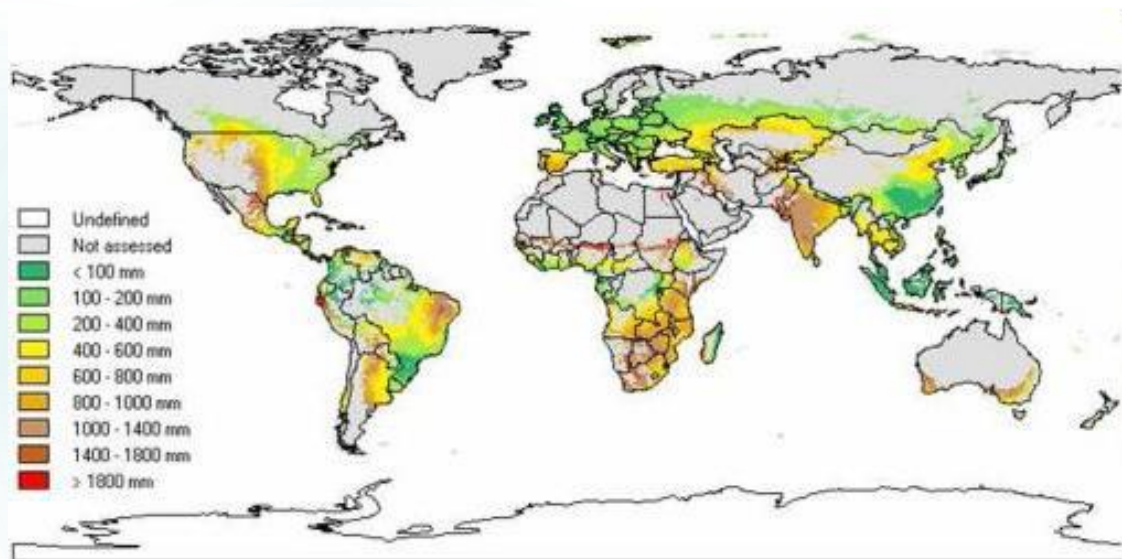
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- Percentuálny podiel využívania vodných zdrojov v jednotlivých častiach sveta

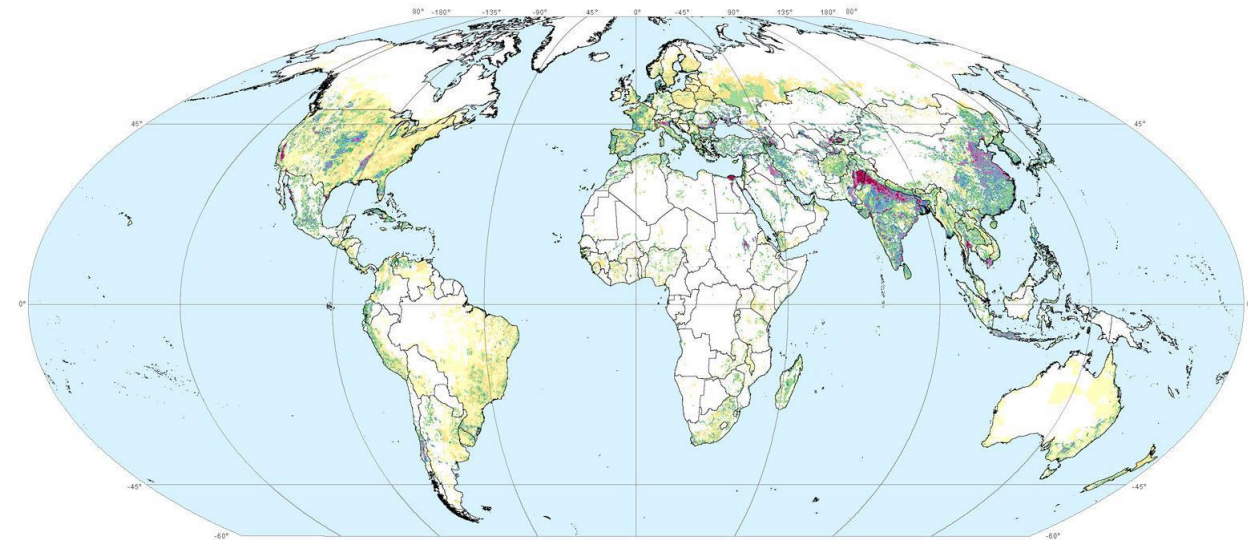


História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Percentuálny podiel zavlažovaných oblastí na svete
- ▶ Priemerný deficit vlahy v mm za rok



The digital global map of irrigation areas
February, 2007



Area under irrigation in percentage of land area



The map depicts the area equipped for irrigation in percentage of cell area.
For the majority of countries the base year of statistics is in the period 1997 - 2002.

<http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/irrigationmap/index.stm>

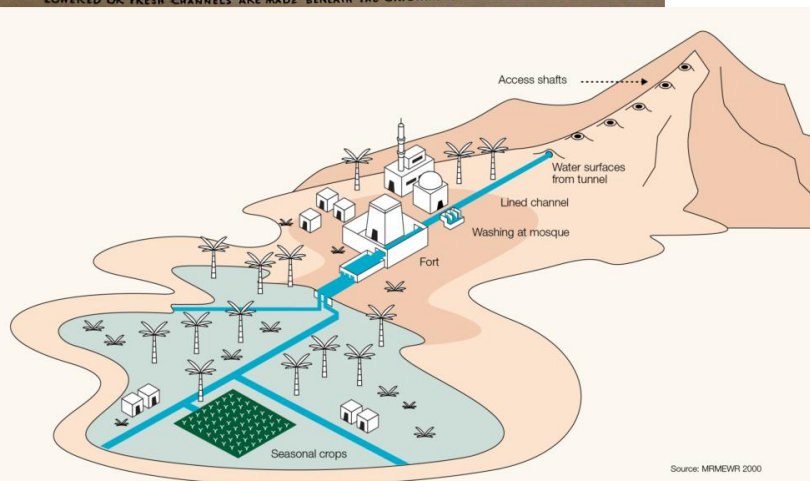
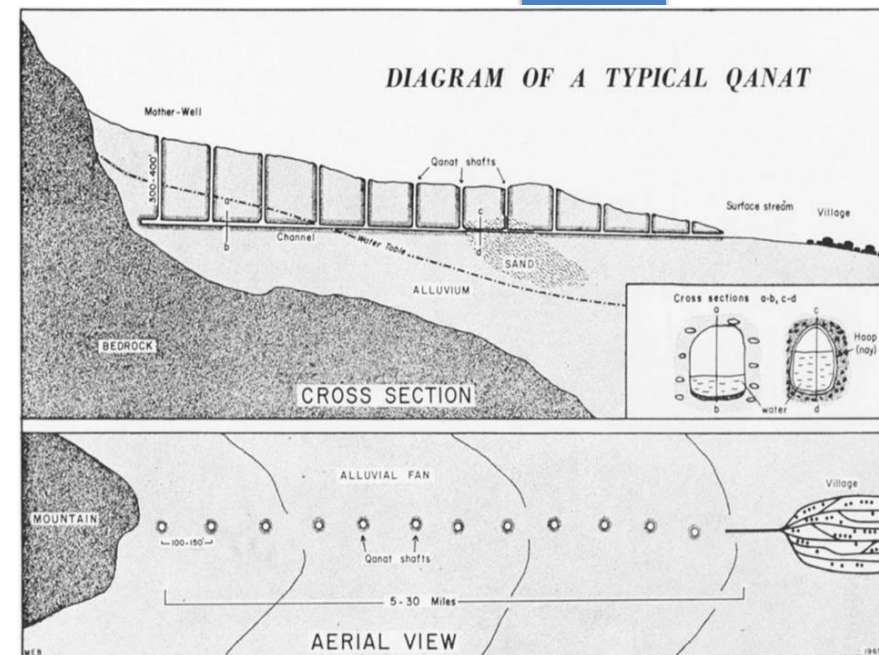
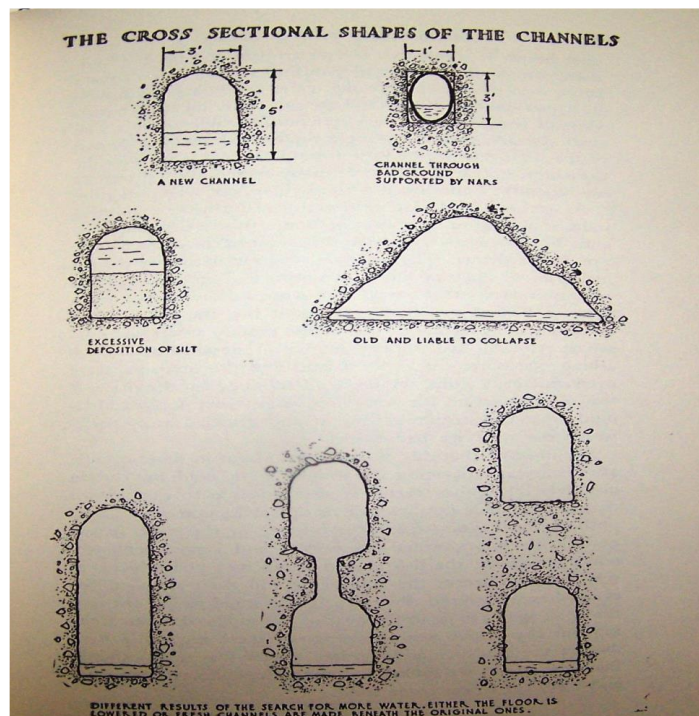
Stefan Siebert, Petra Döll, Sebastian Feick (Institute of Physical Geography, University of Frankfurt/M., Germany) and
Jippe Hoozeven, Karen Frenken (Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy)

Projection: Mollweide



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Qanaty konštrukcia prevzatá a rozšírená z oblasti Arménska cca 700 pred naším letopočtom
- ▶ Qanaty (alebo kanáty) sú staroveké podzemné vodné kanály, ktoré slúžia na zachytávanie a dopravu vody z podzemných zásobární (ako sú pramene alebo zvodnené vrstvy) na povrch pre poľnohospodárske, mestské a iné účely
- ▶ Efektívne hospodárenie s vodou - schopné dodávať vodu bez odparovania
- ▶ Niektoré qanaty fungujú stovky až tisíce rokov
- ▶ Na prepravu vody sa nevyžadovalo čerpanie, poháňala ju gravitácia



Source: NRI/EWR 2000



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Akvadukty - Prvé akvadukty boli konštruované v 7. storočí p.n.l . v Assyrii prvý grécky akvadukt bol postavený 530 p.n.l . na ostrove Samos
- ▶ Pont du Gard pri Nimes postavený 19. pred n.l . (Francúzsko), privádzal 20 000 m³ (cca 250 l.s 1) vody denne zo vzdialenosti 50 km
- ▶ Rím bol zásobovaný 19 akvaduktami s dennou kapacitou až 1 mil. m³, najstarší Aqua Appia pochádza z roku 312 pr.n.l . Celková dĺžka akvaduktov dosiahla 485 km, z toho 2,5 km v tuneloch a 64 km na arkádach vo výške až 89 m. (fontána di Trevi ako ukončenie jedného akvaduktu)

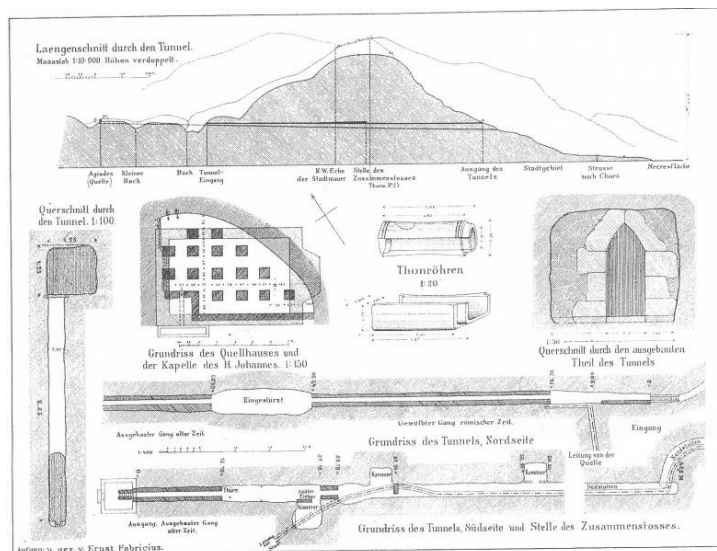
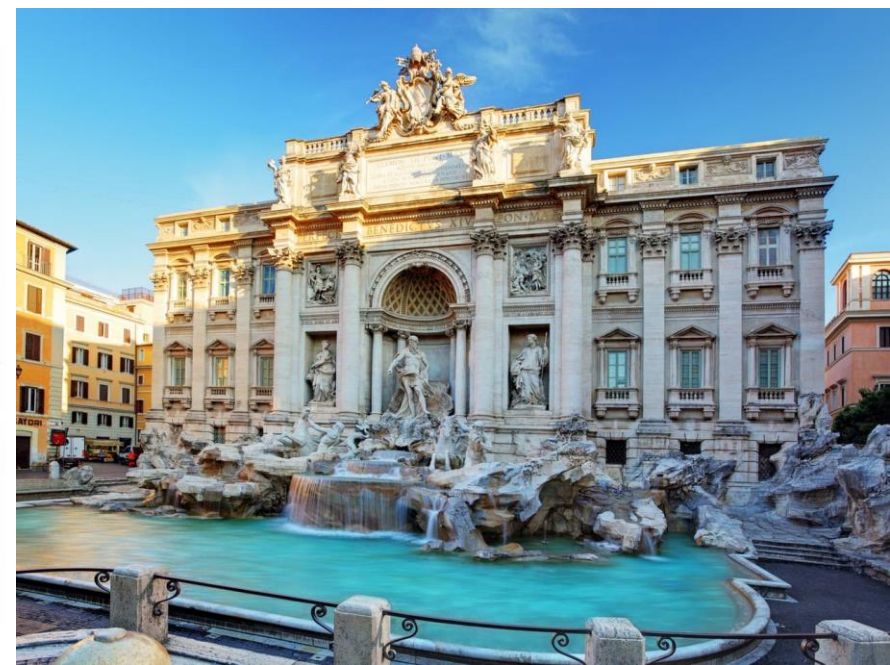
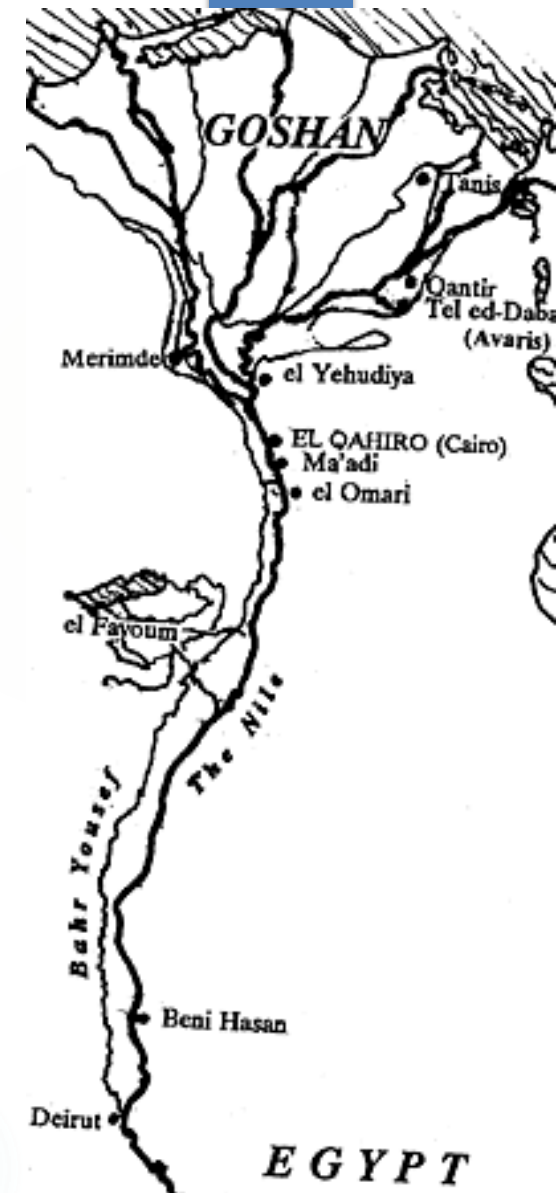
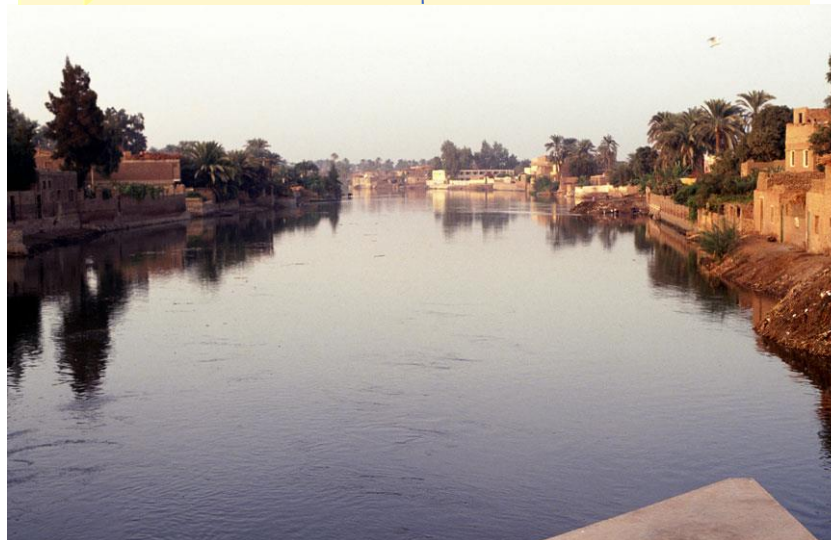


Abb. 26 Eupalineion



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Jozefov kanál (Bahr Youssef) z Nílu do depresie al-Fayyum prehĺbený a rozšírený na účely zavlažovania, aby zabezpečil vodné zdroje pre poľnohospodársku oblasť
- ▶ Predpokladá sa, že prvotné práce na kanále sa začali už okolo roku 2000 p.n.l., počas obdobia Starej ríše alebo Strednej ríše starovekého Egypta.
- ▶ Rozsiahle prehlbovanie a úpravy sa často pripisujú faraónovi Amenemhetovi III. z 12. dynastie (okolo 19. storočia p.n.l.). Amenemhet III. bol známy svojimi zavlažovacími projektmi, ktorých cieľom bolo zvýšiť produkciu potravín v oblasti Fajjúm



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Budovanie dopravných kanálov spadá do obdobia 5 storočia pred našim letopočtom – Grand Canal (1780 km) v Číne
- ▶ Budovanie ďalších kanálov spadá do obdobia 13. storočia
- ▶ V Európe obdobie 17.-19. storočia v súvislosti s industrializáciou



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Najstaršie známe snahy o kontrolu vody v oblasti dnešného Holandska súvisia s obdobím Rímskej ríše. Rímske osady sa nachádzali v oblastiach delty riek Rýn, Máza (Maas) a Šelda (Schelde)
- ▶ Rimania začali budovať jednoduché hrádze (nazývané terpy alebo wierden) – umelé kopce a násypy, na ktorých si ľudia stavali obydľia. Cieľom bolo chrániť obydľia pred záplavami
- ▶ Rozvoj hrádzí a odvodňovacích systémov v Holandsku začal až v stredoveku. V tomto období začali miestni obyvatelia spolupracovať na stavbe hrádzí a kanálov
- ▶ Založili sa prvé vodné rady (waterschappen), ktoré koordinovali stavbu a údržbu vodných systémov.
- ▶ Holanďania začali budovať početné hrádze, veterné mlyny a systémy na odvodňovanie močarísk a polderov (suchá pôda získaná vysúšaním vodných plôch)



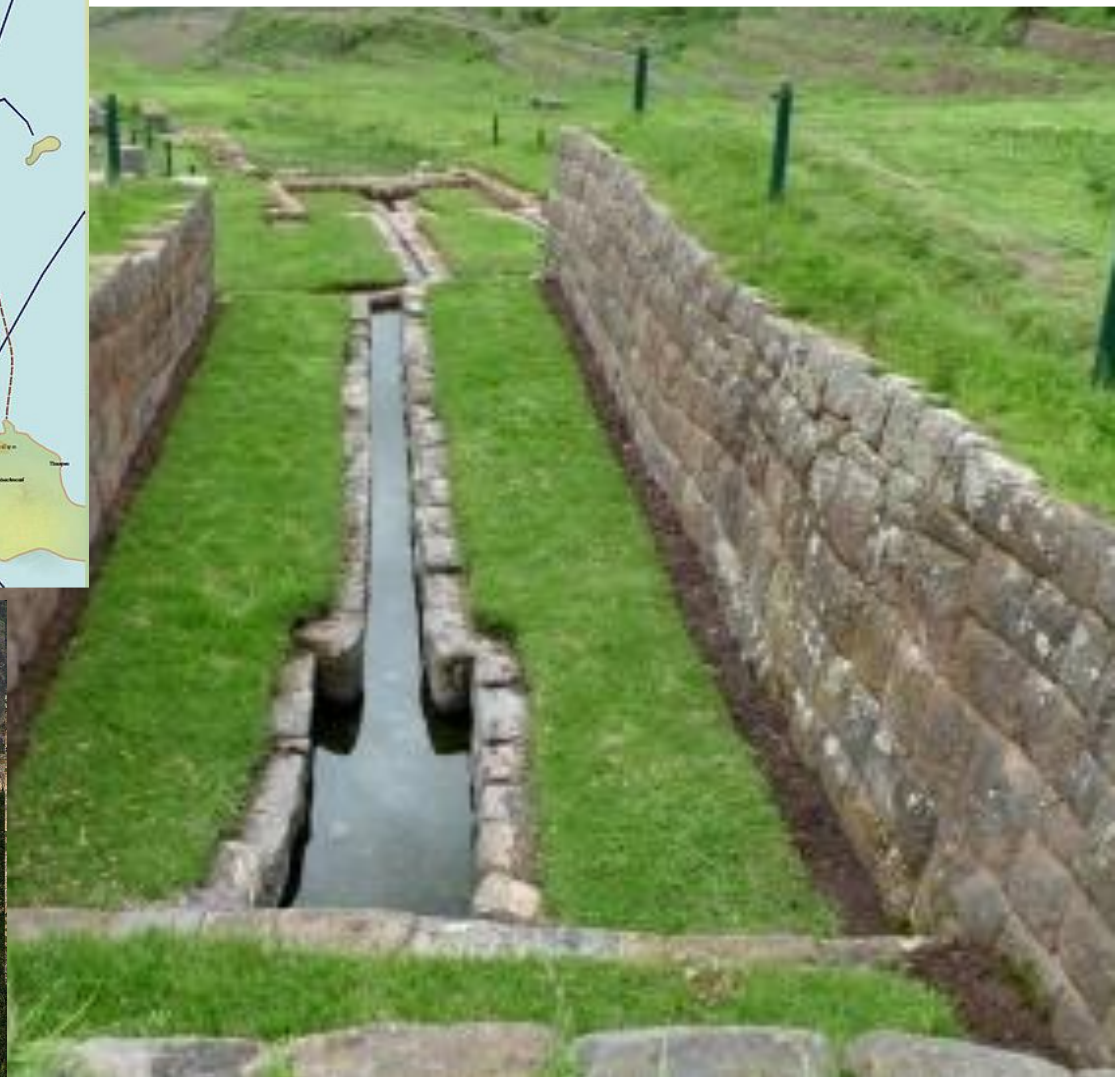
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Ochranné hrádze - Budovanie ochranných hrádzi je spojené s dávnou históriou ľudstva išlo predovšetkým o budovanie ochranných hrádzi v blízkosti sídiel (Čína, Babylon, India, Egypt pred našim letopočtom) v blízkosti Bratislavy sa predpokladá budovanie v 13. storočí
- ▶ Prvé ochranné hrádze neboli budované systematicky to sa zmenilo až v 17. a 18. storočí keď za aktívnej účasti S. Mikovínyho nadobudlo toto úsilie organizovanú formu
- ▶ V 19. storočí založené vodné družstvá už riešili tento problém systematicky



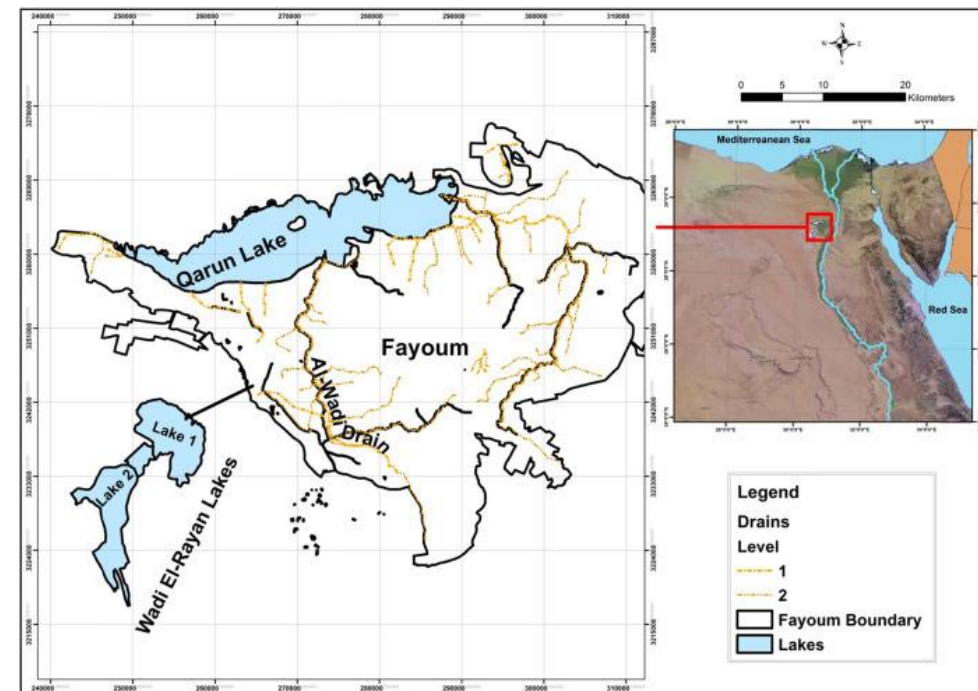
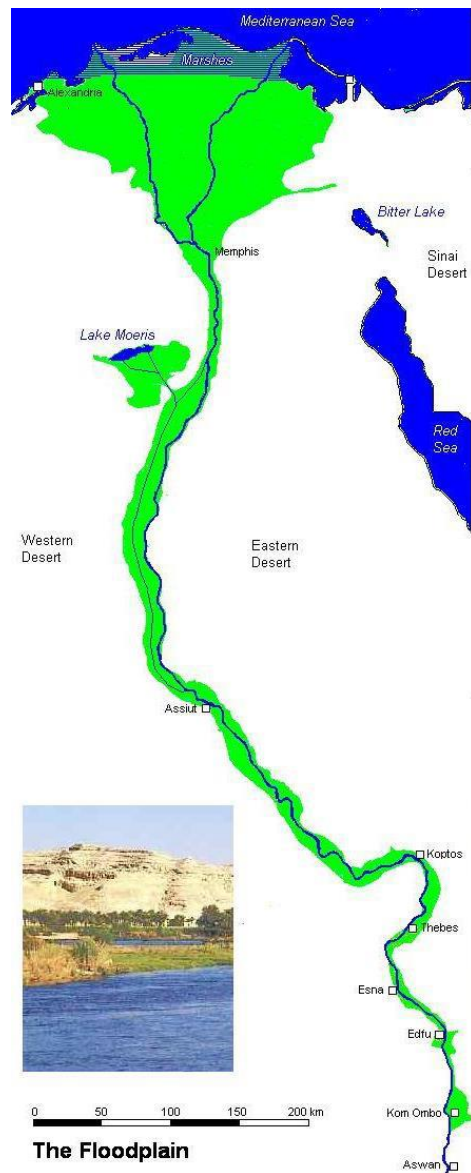
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Mexiko bolo známe civilizáciou Aztékov jej vzťah k vode dokumentuje i poloha hlavného mesta na ruinách, ktorého vzniklo dnešné hlavné mesto
- ▶ Ríša Inkov sa vyznačovala vysokým stupňom kultúry, čo dokumentujú zavlažovacie kanály v ich mestách
- ▶ Zavlažovacie kanály v Peru z pred Kolumbovského obdobia



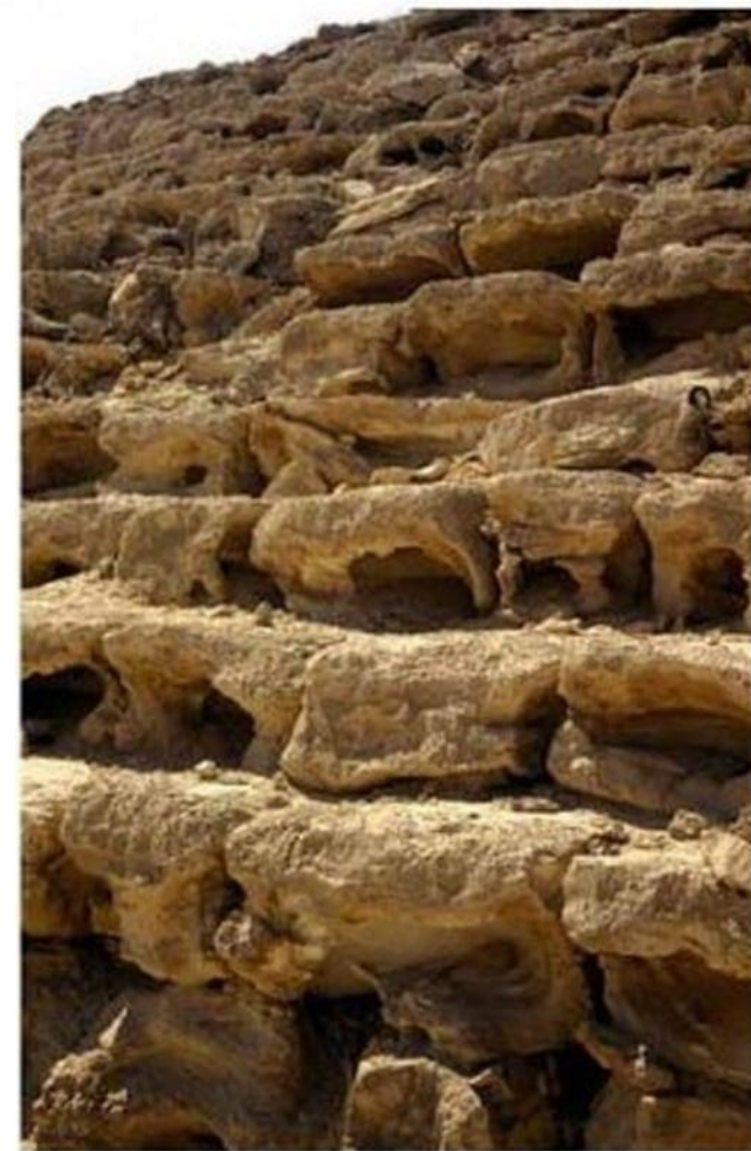
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Hydromeliorácie v dávnej minulosti cca 3000 p.n.l..
- ▶ Prvé inžinierske diela, ktoré riešili ochranu pred záplavami a zavlažovanie boli vybudované ríšou Sumerov a ríšami v priestore Mezopotámie (zničené mongolmi 1258)
- ▶ Významne prispeli k poznatkom o záplavách Egypta pre ktorých záplavy boli základom ich hospodárstva
- ▶ Závlahový systém bol využívaný tiež v Mexicu cca 600 500 p.n.l..



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Prvé informácie o stavbe priehrad pochádzajú z obdobia cca 3000 p.n.l. Sadd el Kafara s dĺžkou 113 m a výškou 14m a Jawa priehrada na Jordáne postavená cca 4000 p.n.l.
- ▶ Sú indície že prvé priehrady boli postavené ešte 5000 p.n.l. na rieke Indus respektíve možno i v Číne
- ▶ V roku 2000 p.n.l. bola postavená pri Babylóne nádrž Nimrod



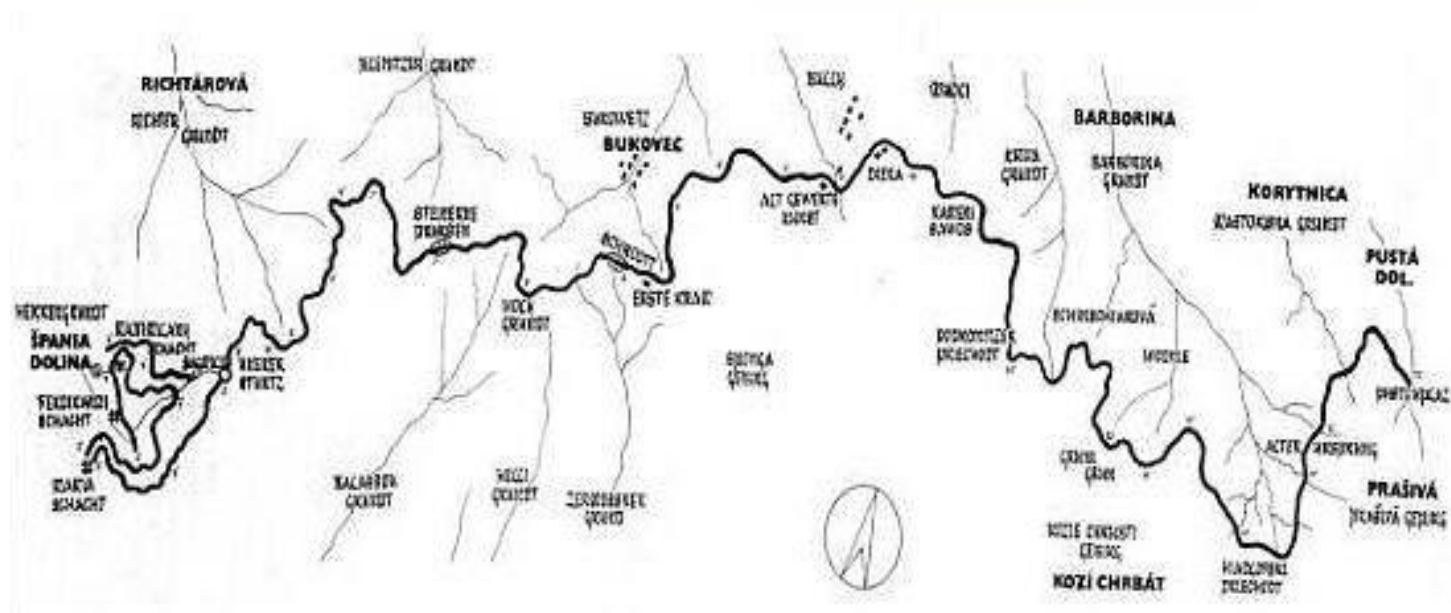
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Cornalvo priehrada v Španielsku jej výstavba je datovaná do 1 2 storočia nášho letopočtu
- ▶ Veľmi podobný vývoj má manažment vody v oblasti Mexica 1 400 p.n.l. sú náznaky relokácie tokov 400 p.n.l. úprava hrádzi 750 výstavba priehrad
- ▶ Počiatok nášho letopočtu je spojený zo stavbou priehrad v oblasti Španielska a ďalších krajín pod správou Ríma



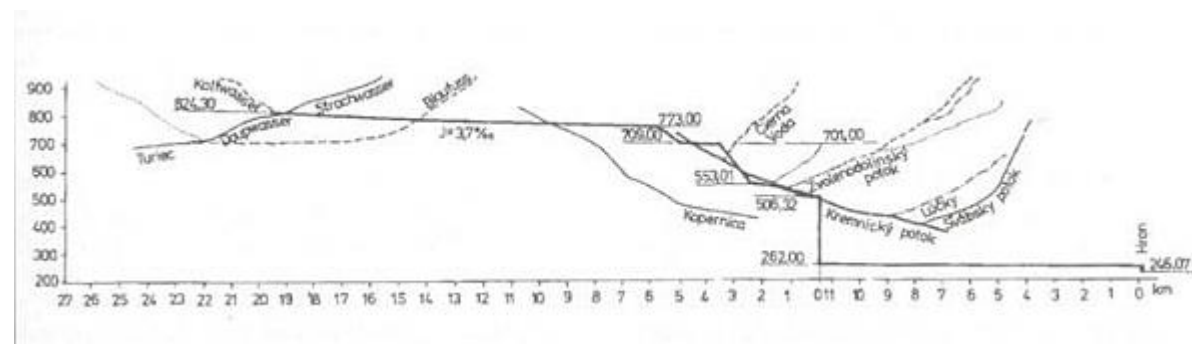
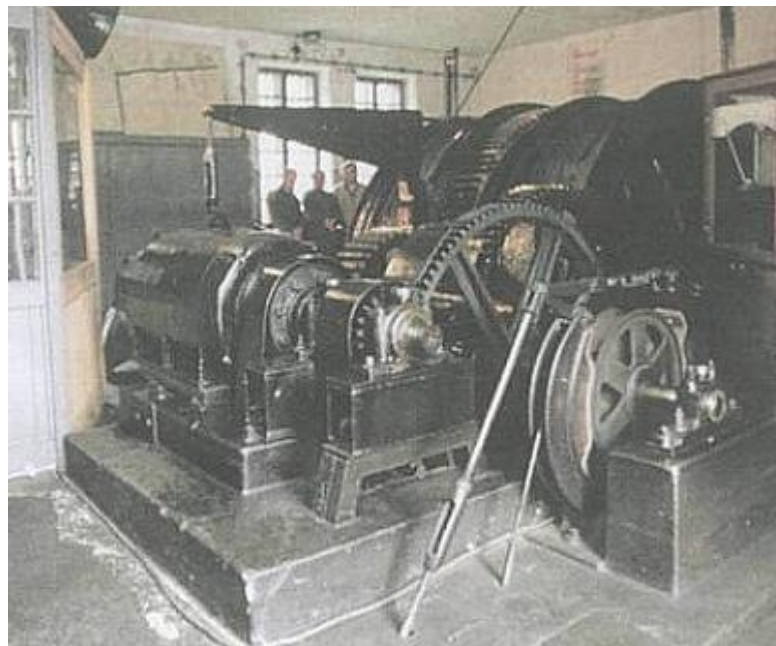
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Historický vývoj vodohospodárskych diel na Slovensku je spojený s vývojom baníctva
- ▶ Prvé vodohospodárske diela súviseli s odvodnením štôlni banských diel prípadne prevodom vody za účelom zásobovania. Samozrejme možno sem zaradiť i hrádze, ktoré zabezpečovali vytvorenie ochranných priekop naplnených vodou v blízkosti miest respektíve prívod vody na mlynské kolesá
- ▶ Najstaršou technickou pamiatkou je Špaňodolinský banský vodovod s dĺžkou 42 km s prevádzkou od 15 storočia po 1910



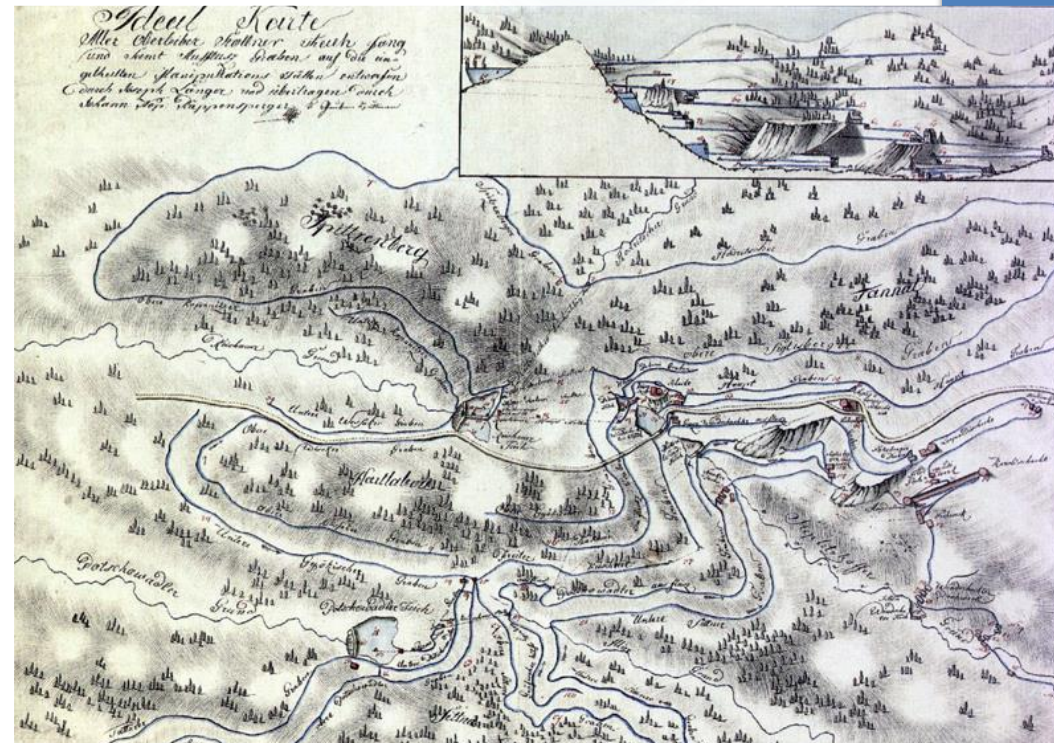
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Ďalším unikátnym vodovodným systémom je Turčecký vodovodný systém bol vodovod úžitkovej vody, vybudovaný v rokoch 1443 až 1500
- ▶ Privádzal vodu z Turčeka (povodie Váhu) do Kremnice (povodie Hrona) pre banské a iné technické účely (pohon strojného zariadenia)
- ▶ Aby bol možný gravitačný prívod vody medzi dvoma povodiami, musela sa preraziť vodná štôľňa pod vrchom Revolta
- ▶ Celková dĺžka privádzača bola 17 277 m, s priemerným odberom vody 600 l/s z rieky Turiec a jej prítokov
- ▶ V rámci privádzača boli vybudované vodne elektrárne, ktoré fungujú i v súčasnosti jedna je v hĺbke 240 m



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Ďalší vývoj vodohospodárskych diel na Slovensku je spojený podobne ako predchádzajúce vodohospodárske systémy s banskou činnosťou prípadne s ťažbou dreva
- ▶ Tajchy predstavujú unikátny systém nádrží navzájom pospájaných:
- ▶ princíp fungovania bol založený na zachytávaní povrchového odtoku zrážkovej vody (cez 100 km zberných jarkov)
- ▶ Využitie na pohon banských strojov
- ▶ Celkovo bolo vybudovaných 60 tajchov počiatok výstavby začiatok 16 storočia
- ▶ Maximálny rozvoj 17 18 storočie



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Ďalšou skupinou vodohospodárskych diel sú hámre
- ▶ Ide o malé nádrže napojené na kováčske dielne
- ▶ Cieľom týchto nádrží bolo akumulovať vodu potokov, ktorá sa potom využívala na pohon bucharov
- ▶ Priestor rozšírenia v oblasti Medzeva pri Košiciach
- ▶ V období najväčšieho rozmachu tu bolo až cca 109 hámrov
- ▶ Počiatok zakladania sa datuje do obdobia 1314



História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Novodobé priehrady sa na Slovensku začali budovať v dobe elektrifikácie
- ▶ Išlo o malé nádrže s elektrárnou pre dodávky energie v lokalite spotreby (Krompachy)
- ▶ V druhej polovici 20.storočia nastáva rozvoj priemyslu a tým i rozvoj výstavby elektrární
- ▶ Priehrada Čierny Váh (špičková prečerpávacia elektrárňa s prevýšením cca 500 m s výkonom 660 MW)
- ▶ Celkovo je súčasťou Vážskej kaskády 22 diel



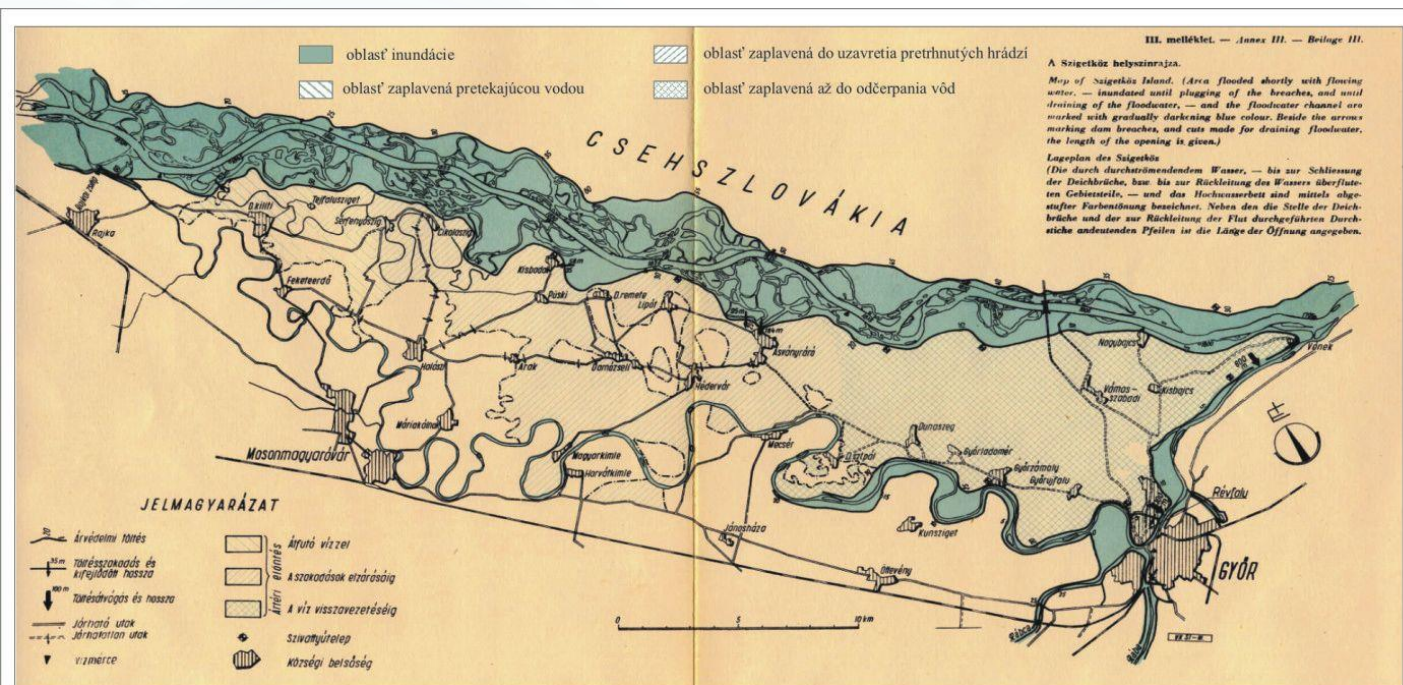
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Na Hornáde v Čani bol elektrifikovaný mlyn už v roku 1880
- ▶ Do konca 19. storočia sa na Slovensku vybudovalo 17 vodných elektrární, z toho väčšina na východnom Slovensku
- ▶ Ich celkový výkon bol 2 812 k (2 067 kW)
- ▶ Ďalším hraničným rokom je rok 1918. Bol to koniec prvej svetovej vojny a zároveň rok veľkých politicko hospodárskych zmien.
- ▶ V období rokov 1900 až 1918 sa vybudovalo 20 vodných elektrární s inštalovaným výkonom 11 910 k (8 754 kW)
- ▶ Spolu tu existovalo 37 vodných elektrární s inštalovaným výkonom 14 722 k (10 836 kW), republika teda zaujímala popredné miesto v rámci Európy, a to aj v pokrokovom technickom riešení týchto elektrární

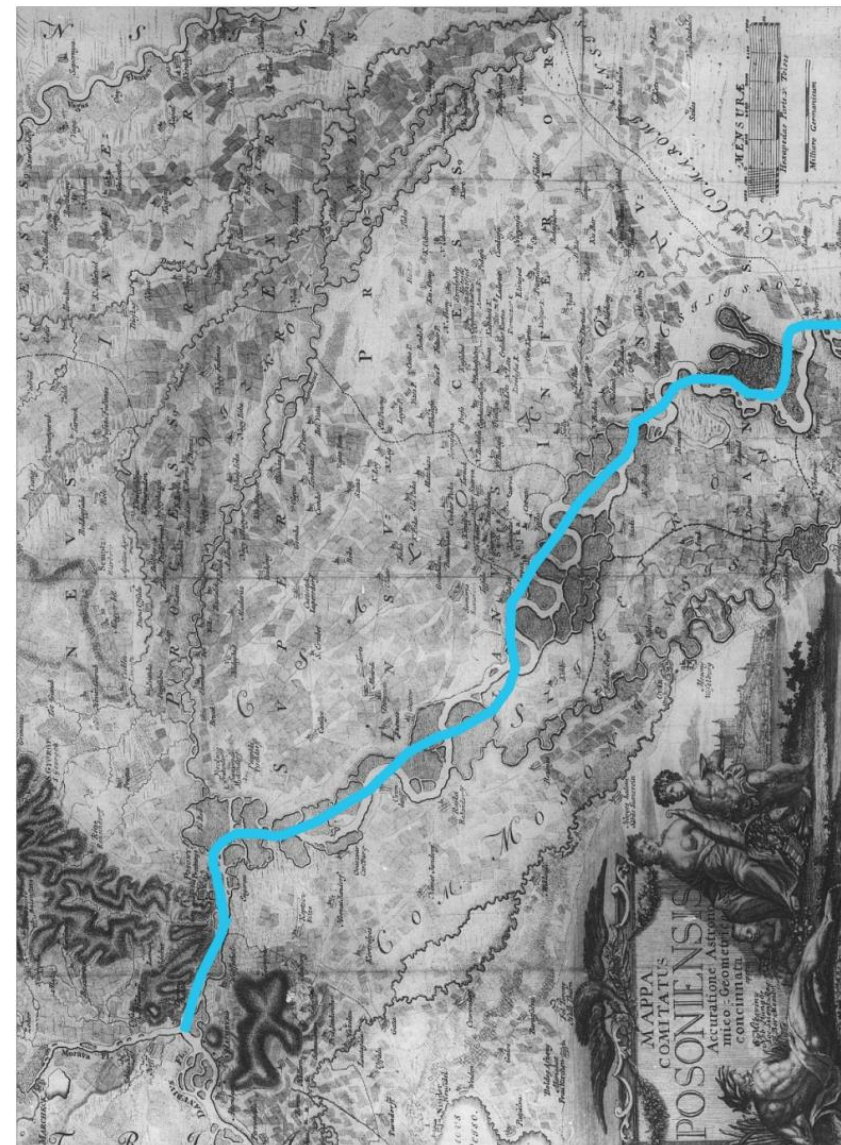


História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Prvá polovica 19. storočia sa nesie v znamení organizovaného budovania proti povodňovým hrádzi
- ▶ Počiatok siaha do skoršieho obdobia avšak hrádze boli budované individuálne pre ochranu majetku 13. storočie



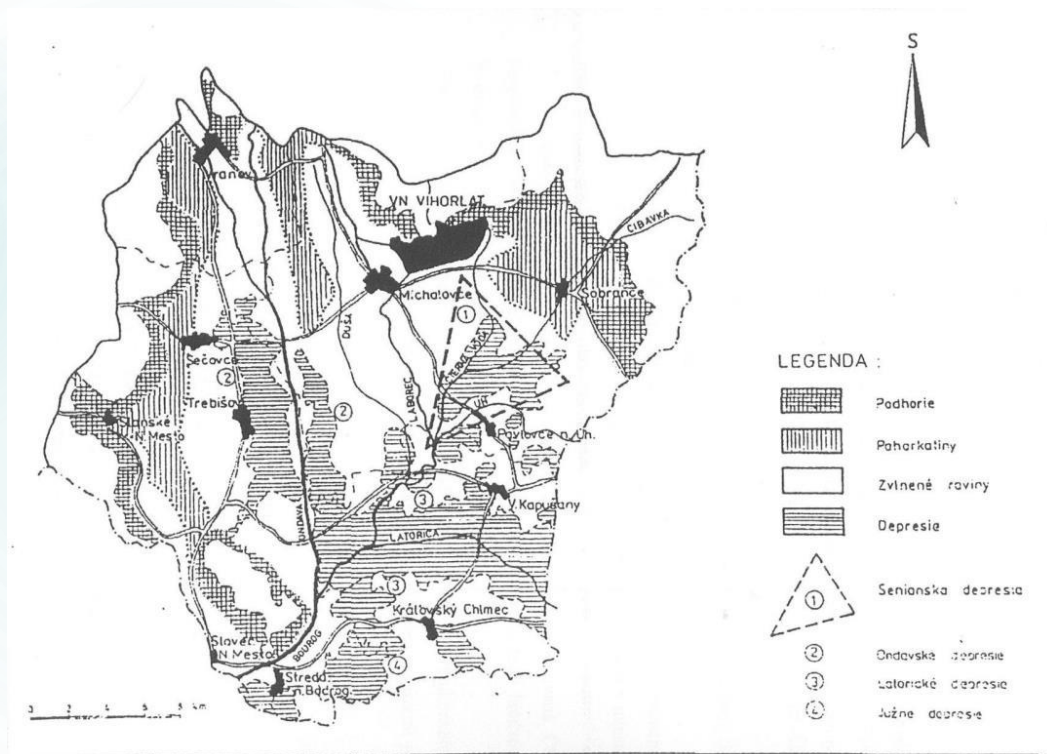
Obr. III.6b Zaplavené územie ostrova Szigetköz v roku 1954 (Lászlóffy, W., 1955)



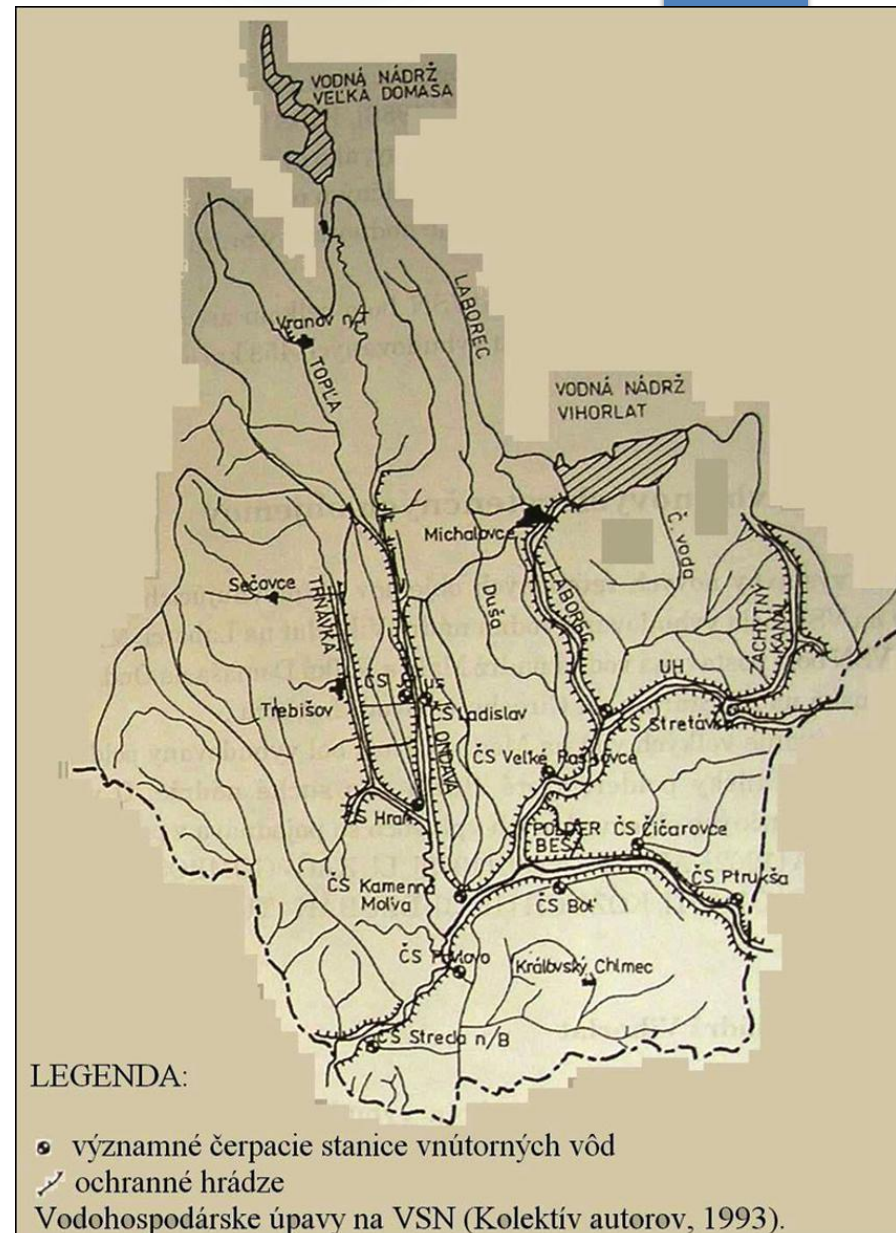
Obr. 2.2 Dunaj na Mikovinyho mape Bratislavskej župy (1735) a o 250 rokov neskôr (DOSZTÁNYI 1988)
Fig. 2.2 Danube in the Mikovinyho map of Bratislava District (1735) and 250 years later

História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ Protipovodňová ochrana na Východoslovenskej nížine je datovaná do obdobia 19. storočia
- ▶ Plány boli spracované už v 18. storočí. V minulosti išlo o územie postihnuté záplavami a zamokrením v dôsledku vysokej hladiny podzemnej vody



Depresné oblasti VSN (RUŽIČKA a kol. [1986]).



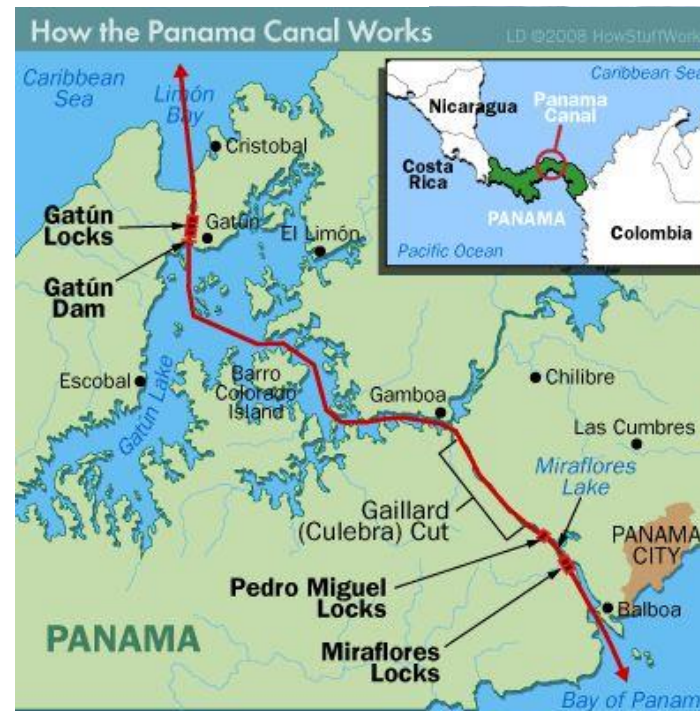
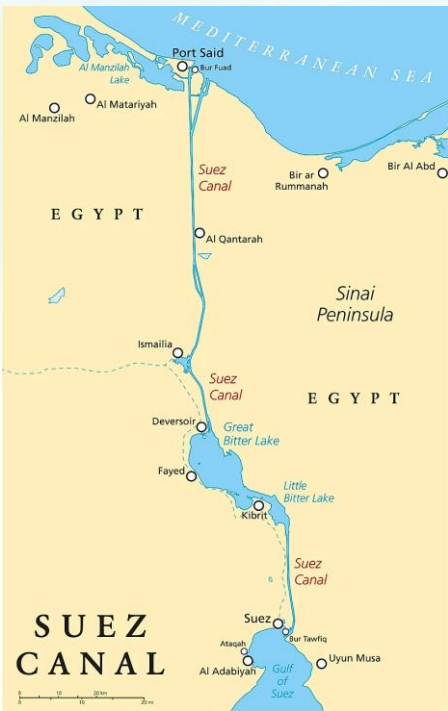
História vodných diel vo svete a na Slovensku

- ▶ V prvej etape boli vybudované proti povodňové hrádze
- ▶ v 60 80. rokoch 20. storočia bolo vybudované odvodnenie pomocou systematickej drenáže
- ▶ Protipovodňové hrádze boli doplnené o čerpacie stanice na prečerpávanie vnútorných vôd
- ▶ Aj napriek tomu sa zachovali lokality ktoré sú významným chráneným územím



Prieplavy

- Špecifickou kategóriou vodohospodárskych diel sú prieplavy
- Vyplýva to z rozsahu prác ako i z dopadu na rozvoj dopravy
- Najvýznamnejšie stavby tohto druhu boli budované v 19. a 20. storočí a ich výstavba bola vyvolaná intenzívnou dopravou a snahou skrátiť dopravné cesty



Vodné nádrže

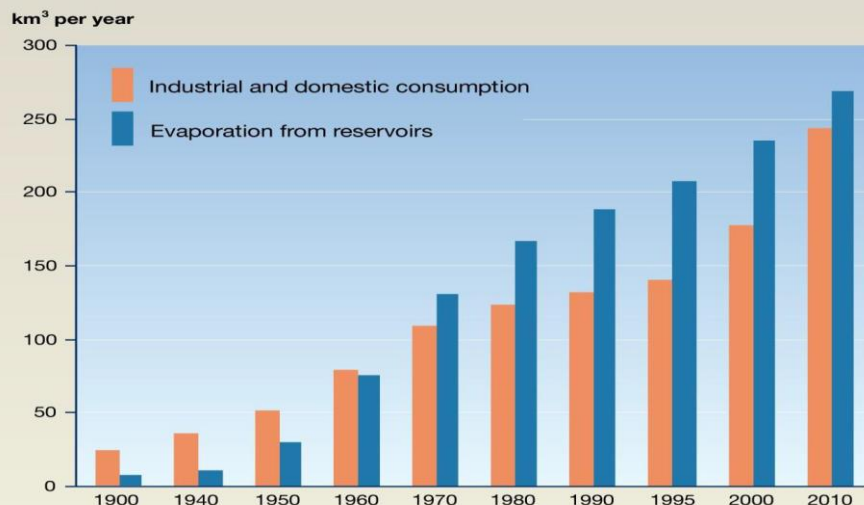
- ▶ Výstavba nádrží veľmi úzko súvisí so zmenou života človeka. Od dôb kedy sa človek mení z lovca a zberača na roľníka čo je spojené s jeho usadením na jednom mieste a výstavbou stálych sídiel začína obdobie výstavby nádrží.
- ▶ Proces usadenia sa veľmi úzko súvisel s klimatickými podmienkami a potenciálom územia poskytnúť druhy rastlín, ktoré vytvárali podmienky pre akumuláciu zásob potravín (pestovanie obilnín). Tieto podmienky vznikli v oblastiach s prevažne výparným režimom, kde je potrebné polia zavlažovať - to samozrejme vytváralo tlak na akumuláciu vody
- ▶ Môžeme predpokladať že výstavba nádrží začala pred 8-9000 rokmi, čo zodpovedá obdobiu formovania sa sídiel (Jericho)
- ▶ Dokázateľné pozostatky nádrží sú z obdobia pred 5000-6000 rokov
- ▶ Prevažná časť nádrží v minulosti bola budovaná za účelom závlah
- ▶ Za obdobie 3000 p.n.l.-1700 n.l. bolo zdokumentovaných 175 nádrží zavlažovacích z celkového počtu 295
- ▶ Za účelom **plavby** 30, **chov rýb** 28 a 25 nádrží za účelom **zásobovania vodou**. Zvyšne nádrže mali **kombinovaný účel**. I v súčasnosti je toto delenie aktuálne doplnené o **energetický účel**. Na Slovensku je 6 historických priehrad ktoré sú v databáze ICOLD, celkovo je v tejto databáze zo Slovenska zaradených 50 nádrží z celkového počtu 330. Miera regulácie odtoku nádržami dosahuje na Slovensku 14 %

Názov priehrady (krajina)	Typ	H(m)	L(m)	približné datovanie
Mokhrablur (Arménsko)	Z	3	320	4000 – 3000 pred n.l.
Jawa (Jordánsko)	Z	5	90	4000 pred n.l.
Sad-el-Kafara (Egypt)	K	5	110	2600 pred n.l.
Kofini (Grécko)	Z	14	440	1300 pred n.l.
Marib (Jemen)	Z	10	400	800 pred n.l.
Purron (Mexiko)	Z	20	100	č. 7. stor. pred n.l.
Kesis Göllü (Turecko)	GM	18	50	koniec 8. stor. pred n.l.
Qayin (Irak)	GM	10	240	703 – 690 pred n.l.
Proserpina (Španielsko)	GM	22	427	110 n.l.
Baume (Francúzsko)	KL	12	18	2. stor. n.l.

Typ priehrady: Z- zemná (sypaná), K- kamenitá (murovaná), GM- gravitačná (murovaná), KL- klenbová Údaje o priehrade: H - výška priehrady, L – dĺžka priehrady v korune

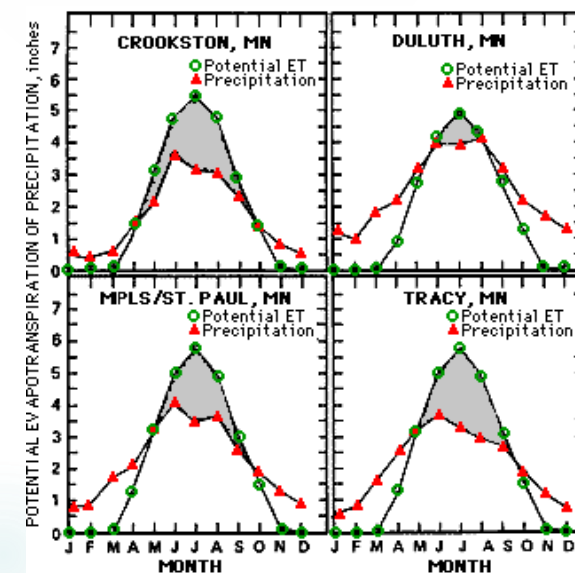
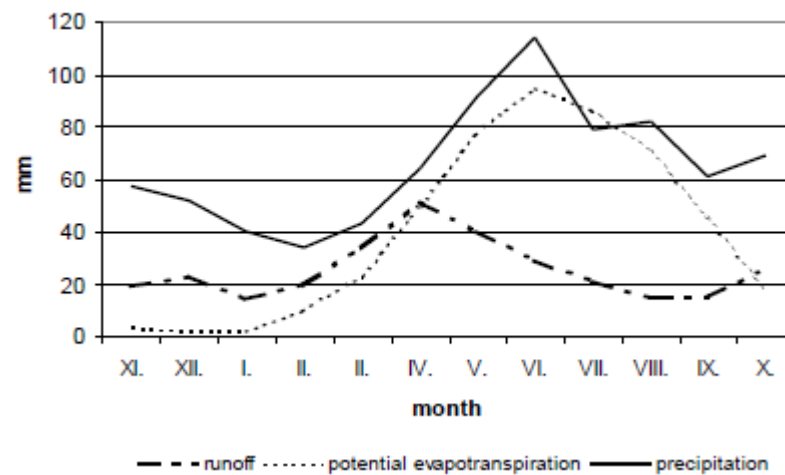
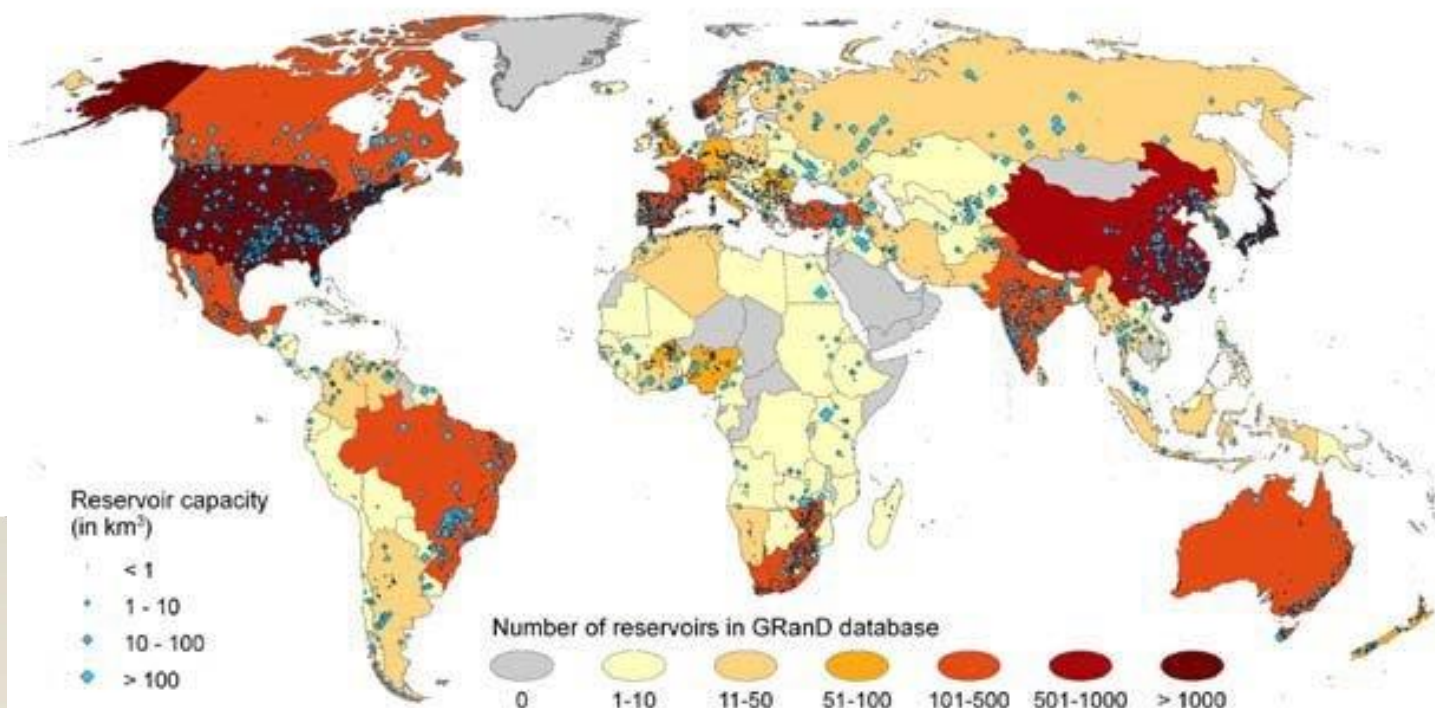
Vodné nádrže

- Priestorové rozšírenie veľkých nádrží vo svete
- Príčiny výstavby nádrží v minulosti a súčasnosti je bilančná rovnica



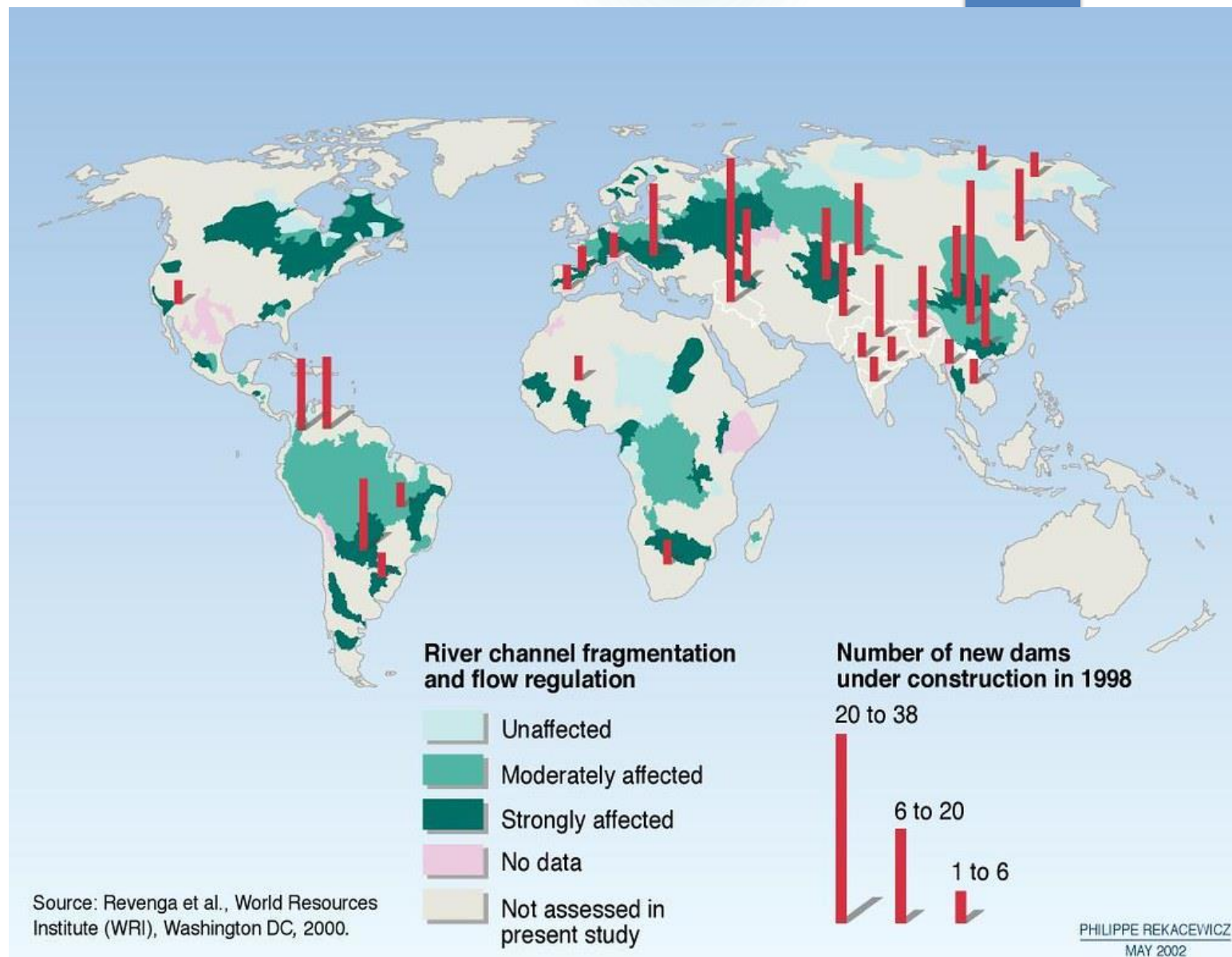
Source: Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999.

PHILIPPE REKACEWICZ
FEBRUARY 2002



Vodné nádrže

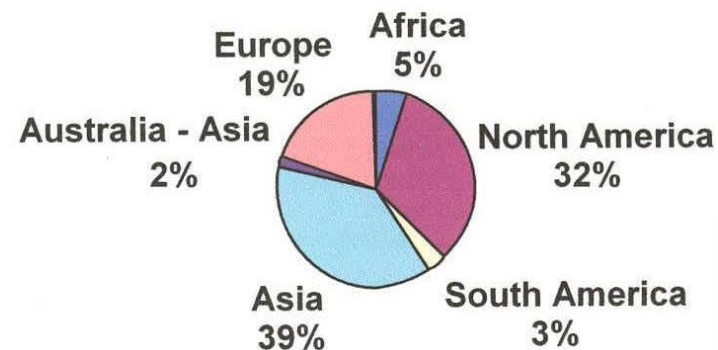
- ▶ Zastúpenie priehrad v jednotlivých regiónoch sveta
- ▶ Priemerná výška priehrad, sa odhaduje na 30 34 m 1940, v roku 1990 sa zvýšil na cca 45 m, najmä vďaka technickým zmenám v konštrukcii
- ▶ Priemerná plocha a objem sladkovodných nádrží stále rastie, rastie asi 50 km² v rokoch 1945 až 1970, pokles do roku 1980 na 17 km², a zvýšenie znovu v roku 1990 na asi 23 km²
- ▶ V roku 1997 bolo na celom svete viac než 45.000 veľkých priehrad, z toho 22.100 z nich v Číne. K štátom s mnohými veľkými priehradami patria Spojené štáty (s 6.390 veľkých priehrad), India (s viac ako 4000) a v Španielsku a Japonsku (1,000 1,200)



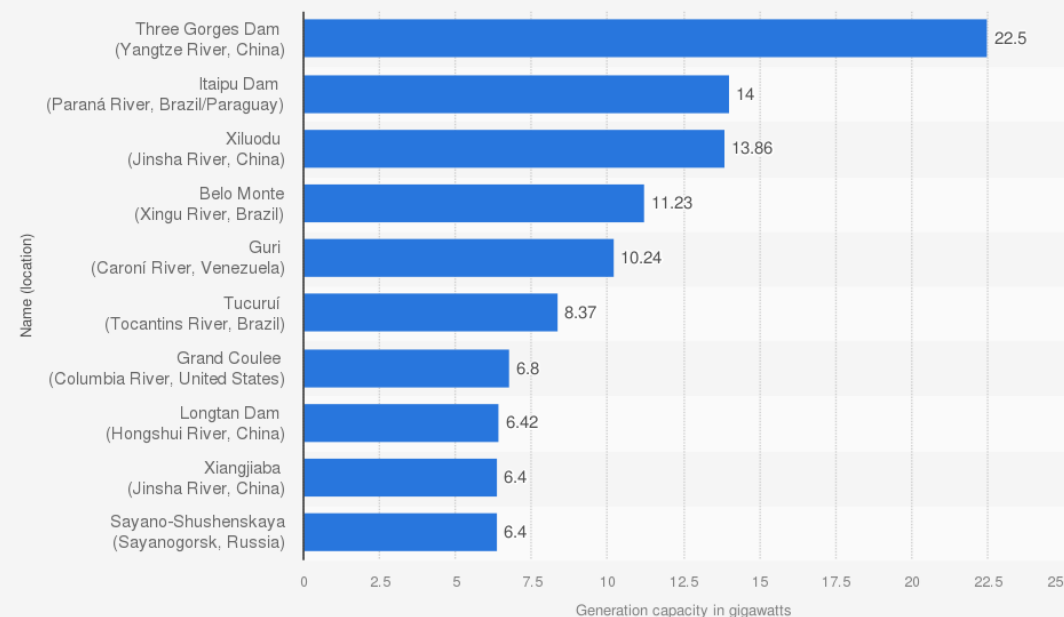
Vodné nádrže

- ▶ Nádrže podľa účelu delíme na:
 - ▶ **závlahové** tvoria až 50 % z celkového počtu registrovaných 59 071
 - ▶ **energetické (20%)**
 - ▶ **zásobné (11%)**
 - ▶ **Ochranné (9%)**
 - ▶ **Rekreačné (5%)**
 - ▶ **dopravné a chov rýb (0,23%)**
 - ▶ **iný účel (5%)**
- ▶ Pre porovnanie najväčšie vodné elektrárne na Slovensku:
 - ▶ Gabčíkovo 746,5 MW
 - ▶ Čierny Váh 734,4 MW (prečepavacia)
 - ▶ Liptovská Mara 198 MW
 - ▶ Mišková 94 MW

Distribution of Large Dams by Geographical Area



Largest hydroelectric dams worldwide as of 2021, based on power generation capacity (in gigawatts)



Vodné nádrže

- Najvyššie priehrady sveta
- Vo výstavbe Rogun (Tadžikistan 335 m), Bakhtiari (Irán 325 m)
- Na Slovensku Ružín 63 m
- Katastrofické pohyby vody:
Do nádrže Vajont (Taliansko) v roku 1963 došlo zosunu materiálu a vzniku 235 m vysokej vlny

Rank	Dam name	Country	Dam type	Dam height (m)	Total storage capacity ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Installed capacity (MW)	Year of completion
1	Jinping I	China	Arch dam	305.0	79.88	3 600	2014
2	Nurek	Tajikistan	Earth-rock dam	300.0	105.00	2 700	1980
3	Xiaowan	China	Arch dam	294.5	150.00	4 200	2012
4	Xiluodu	China	Arch dam	285.5	126.70	13 860	2015
5	Grande Dixence	Switzerland	Gravity dam	285.0	4.00	2 069	1962
6	Kambarata-I	Kyrgyzstan	Earth-rock dam	275.0	36.00	1 900	1996
7	Inguri	Georgia	Arch dam	271.5	11.00	1 320	1980
8	Vajont	Italy	Arch dam	262.0	1.69	—	1961
9	Nuozhadu	China	Earth-rock dam	261.5	237.03	5 850	2015
10	Chicoasén	Mexico	Earth-rock dam	261.0	16.80	2 430	1981

