

Bevezetés a hidrogeológiába

Kreditkód: gg1n1K34

Földtudomány és környezettudomány BSc

3. szemeszterben

meghirdetett kurzus

1. TK. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

Előadó és az elektronikus tananyag összeállítója:

Mádlné Dr. Szőnyi Judit

egyetemi docens

társelőadó: *Czauner Brigitta*

tanársegéd

Célkitűzések

- A víz jelentősége az emberiség életében, vízválság.
- Hidrológiai és hidrogeológiai alapfogalmak, összefüggések bevezetése.
- Legfontosabb mérési, vizsgálati módszerek bemutatása.
- Esettanulmányok a világ minden részéről, kiemelten Magyarországról.
- A tárgy felkészít mind az elméletileg elmélyültebb hidrológiai és hidrogeológiai tanulmányokra.
- Gyakorlati, vízgazdálkodási munka megalapozása.

Változás az előző évekhez képest 2010-től!

- Földtudomány BSc: kizárólag tartalmi változás. A „hidrológia” témakör korábban a Hidrológia és Geomorfológia tárgy keretében került leadásra (Horváth Erzsébet habil. doc.). Mostantól a „hidrológia” fejezetek is bekerültek ebbe a tárgyba. Ez érinti a többi tárgyalt témakört is. Azaz bár a cím „Bevezetés a hidrogeológiába”, hidrológiát és hidrogeológiát is tanulunk ezen óra keretében.

Változás az előző évekhez képest 2010-től!

- Környezettan BSc: A korábbi „Hidrológia és Hidrobiológia” tárgy megszűnt. Helyette lett egy önálló hidrobiológiai tárgy és a „Bevezetés a hidrogeológiába”. Jelen óra keretében hidrológiát és hidrogeológiát tanulunk a földtudományi BSc-vel megegyező tartalommal. Akit érdekel a Hidrogeológia, később felveheti a Földtudományi BSc-n meghirdetett kurzust, speciális kollégiumként.

Ajánlott irodalom

Hidrológia:

- Stelczer Károly (2000): A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. Egyetemi és főiskolai tankönyv. ELTE Eötvös Kiadó
- Padisák Judit (2005): Általános limnológia. Egyetemi tankönyv. ELTE Eötvös Kiadó
- Somlyódy László (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései MTA
- Borsy Zoltán (szerk.) (1998): Általános természetföldrajz. A víz földrajza. Egyetemi tankönyv. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Mádlné Szőnyi Judit (2003): Bevezetés a hidrogeológiába Jegyzet. ELTE TTK ÁAF (pdf)

Hidrogeológia:

M. Price (1986): Introducing groundwater

Mádlné Dr. Szőnyi Judit (2003): Bevezetés a hidrogeológiába
Jegyzet. ELTE TTK ÁAF

További ajánlott olvasmányok:

- A. Freeze és J. Cherry (1979): Groundwater
- C. W. Fetter (1994): Applied Hydrogeology
- Deming (2002). Introduction to Hydrogeology

Előadások elektronikus elérhetősége:

e-learning: aktualizált anyag letölthető az előadás után a hálózatról.

Követelmény

Számonkérés módja: „C” típusú vizsga

- 1. ZH október 28.
- 2. ZH december 16.
- Érdemjegy: a két részjegy átlaga.
- Ha 1 vagy 2 Zh eredménytelen, pót ZH a vizsgaidőszak elején.
- Ha továbbra is eredménytelen: utóvizsga a vizsgaidőszakban.
- Felkészülés:
 - saját jegyzetből,
 - az előadások letölthető elektronikus vázlatából,
 - az ajánlott irodalomból.

Értékelés: 5 fokozatú skálán

A kurzus tematikája

1. TK. A víz jelentősége, a vízkörforgalom (IX.16.)
2. TK. Vízválság (IX.30.)
3. TK. A tavak (X.7.)
4. TK. A folyók és tározók (X.14.)
5. TK. A víz és a kőzetek viszonya, porozitás, felszín alatti vizek nevezéktana (X. 21.)
 1. Zh (X.28.)
6. TK. Felszínalatti vizek dinamikája (XI.11.)
7. TK. Felszín alatti vizek természetes utánpótlódása és megcsapolódása, vízkivétel a felszín alatti vizekből (XI.18.)
8. TK Ivóvizek, a felszín alatti vizek kémiai tulajdonságai (XI.25.)
9. TK. Magyarország vízgazdálkodása, az EU Víz Keretirányelv (XII. 2.)
10. TK. Mérések a hidrológiában és a hidrogeológiában (XII.9.)
 2. Zh (XII.16.)

1. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

1.1. Bevezetés

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

1.1.3. A hidrológia tárgya és kapcsolata a társtudományokkal

1.2. A víz sajátos fizikai és kémiai tulajdonságai

1.3. A vízkörforgalom jellemzői

1.3.1. Definíciója és felismerésének története

1.3.2. A vízkörforgalom folyamatai és a vízmérleg

1.3.3. A Föld vízkészlete

1.3.4. Esettanulmányok

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

- első kutak kiszáradt folyómederbe mélyített „árkok”
- 10000 éves sekély kutak a Közel-Keleten

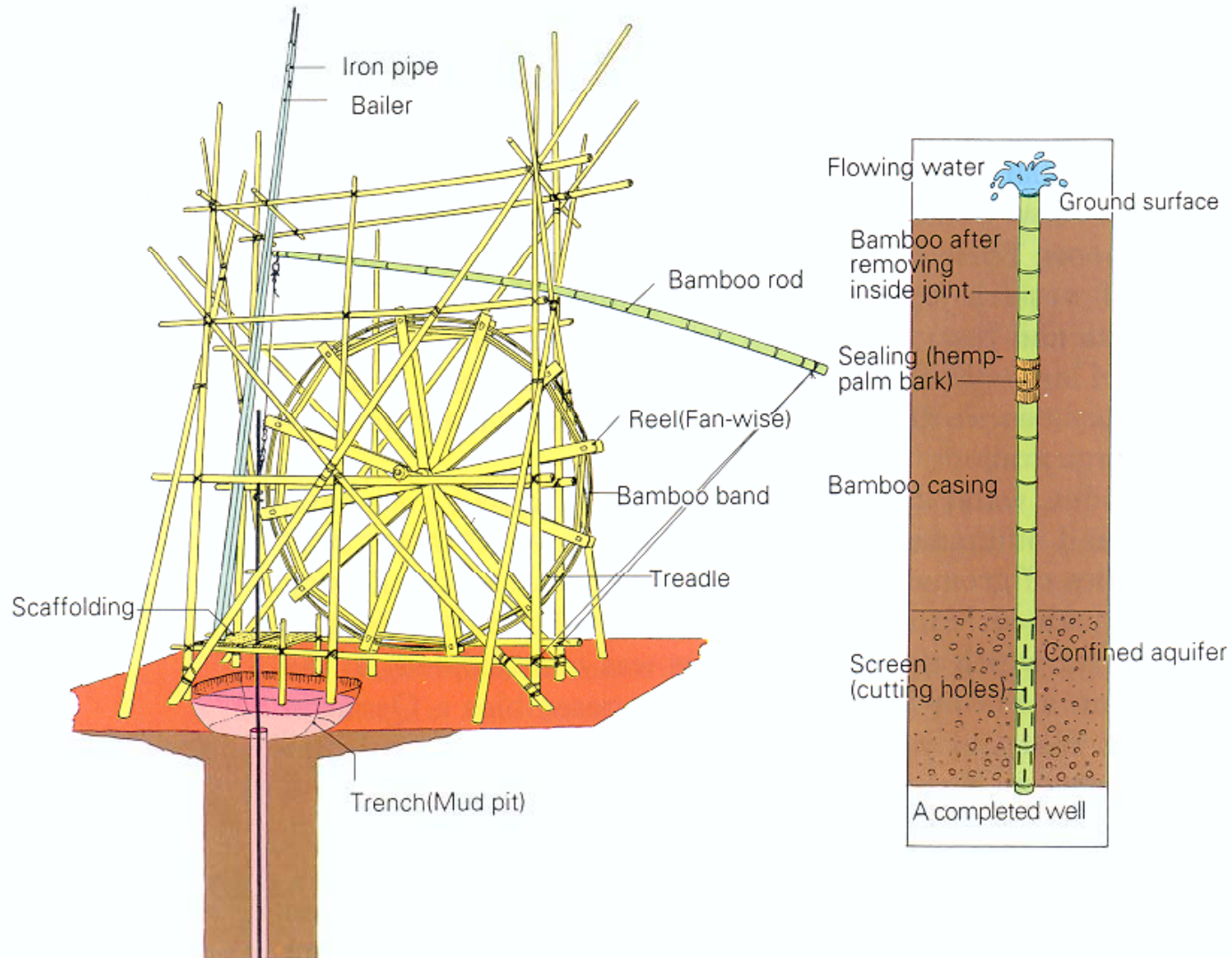
Jákob kútja



József kútja, Kairó

A víznyerés fejlődése

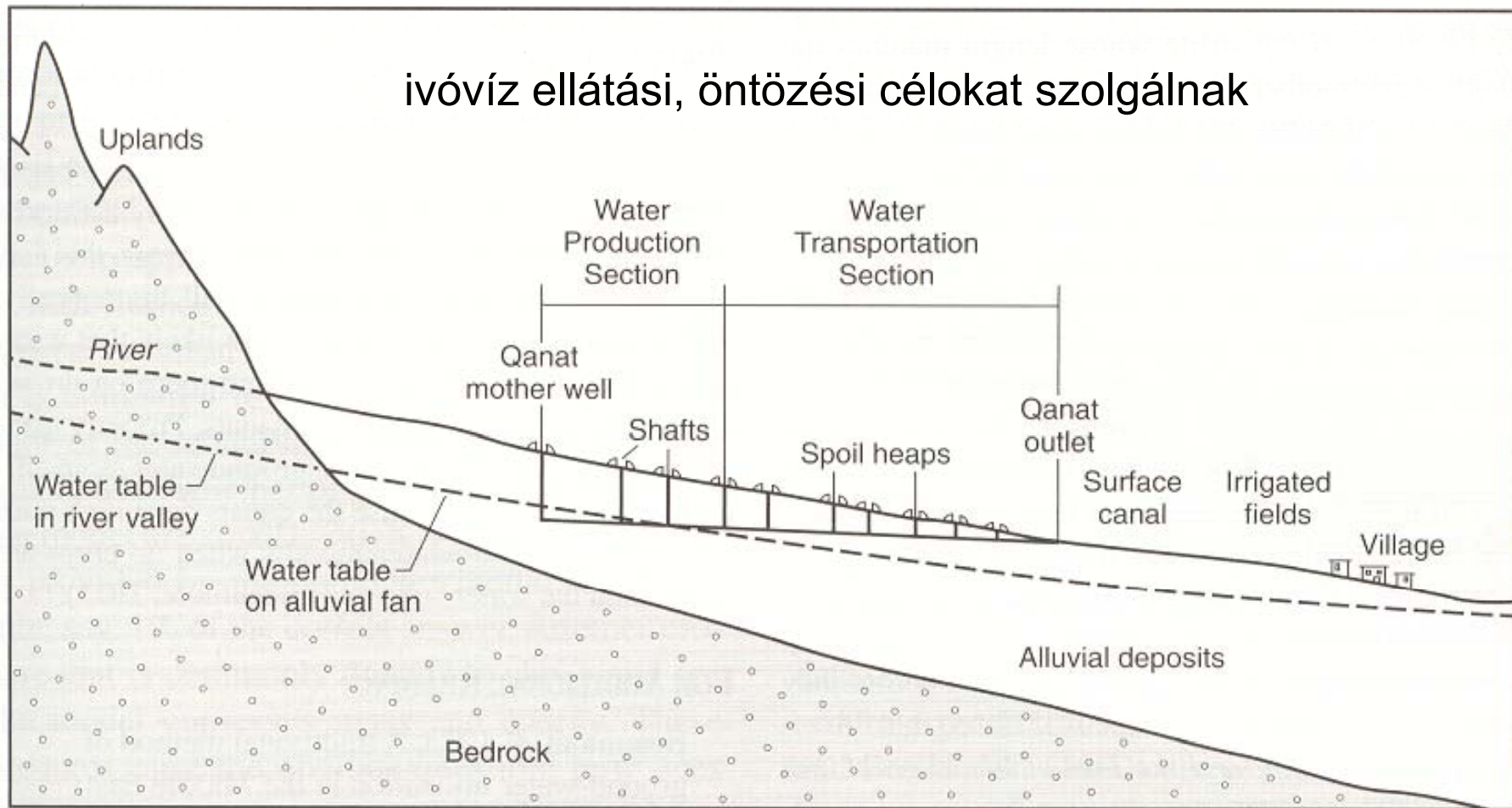
- Az egyiptomiak ie. 3500-3000 hidrológiai megfigyeléseket végeztek a Níluson. Felszíni vizek vagy források használata.
- ie. 3000 az első favázás fúrógépet megalkották a kínaiak.
- Iránban ie. 2500 körül víznyerő létesítményeket (kanatok) építettek.
- ie. 250.: az Archimedes-csavart (első szivattyú) feltalálták.
- ie. IV. sz. - isz. III. sz.: A Római Birodalomban vízvezetékek épültek



IX. századbeli japán kútfúrési technika
(Shibasaki et al., 1995.)

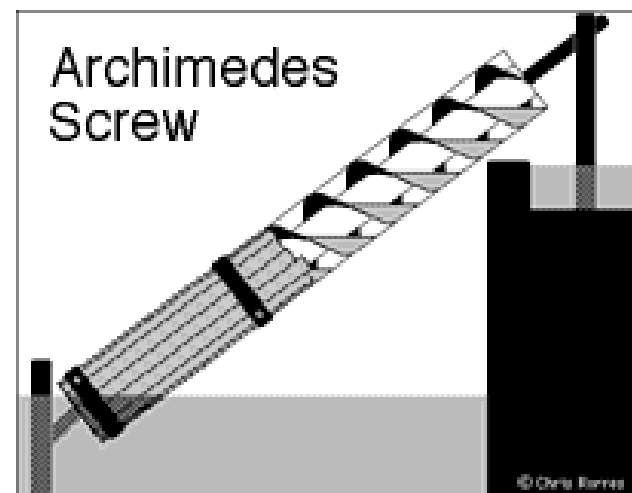
Kanatok: ősi perzsa vízművek (Beaumont 1973, p.24.)

350 - 400 000 l/nap párolgási veszteség nélkül





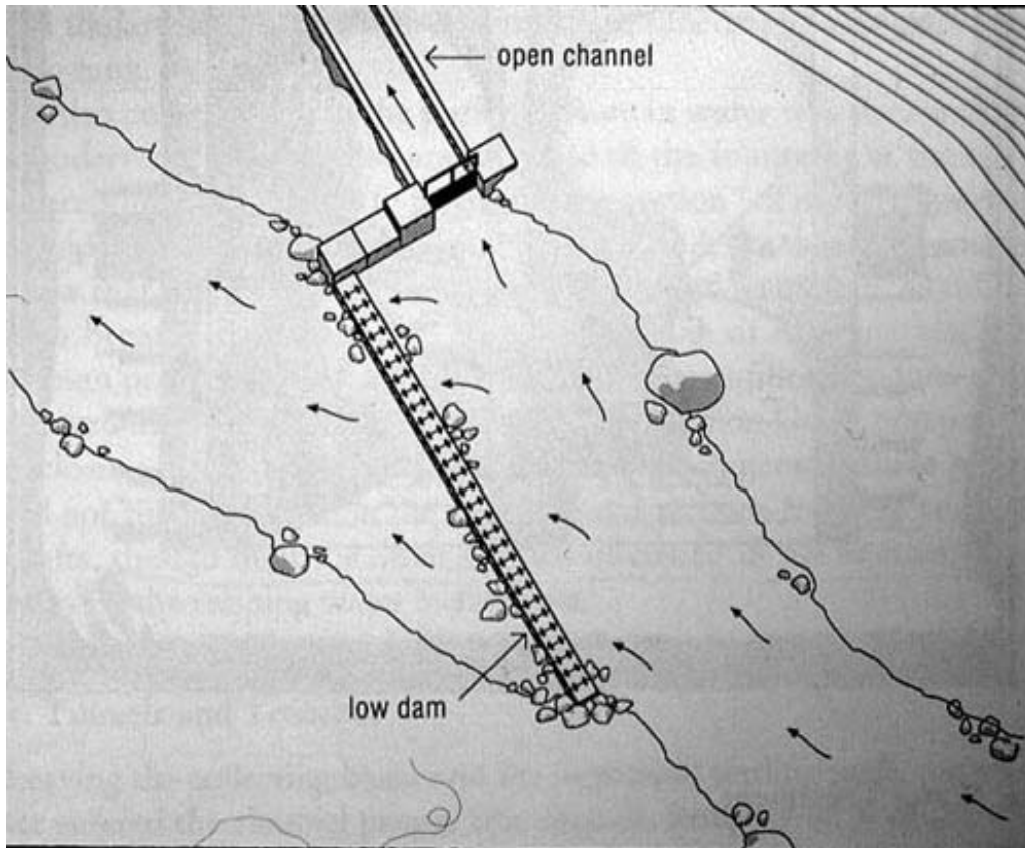
Archimedes-csavar (ie. 250)



(<http://math.nyu.edu/~corres/Archimedes/Screw/ScrewAnimation.html>)

(http://www.mcs.drexel.edu/~corres/Archimedes/Screw/applications/Kinderdijk_screw_big.jpg)

Teljesítménye egy kis dízelmeghajtású szivattyúnak felel meg.



Római vízvezeték és működési elve
(ie. IV. sz. - isz. III. sz.: A Római Birodalomban vízvezetékek épültek)

1. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

1.1. Bevezetés

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

1.1.3. A hidrológia tárgya és kapcsolata a társtudományokkal

1.2. A víz sajátos fizikai és kémiai tulajdonságai

1.3. A vízkörforgalom jellemzői

1.3.1. Definíciója és felismerésének története

1.3.2. A vízkörforgalom folyamatai és a vízmérleg

1.3.3. A Föld vízkészlete

1.3.4. Esettanulmányok

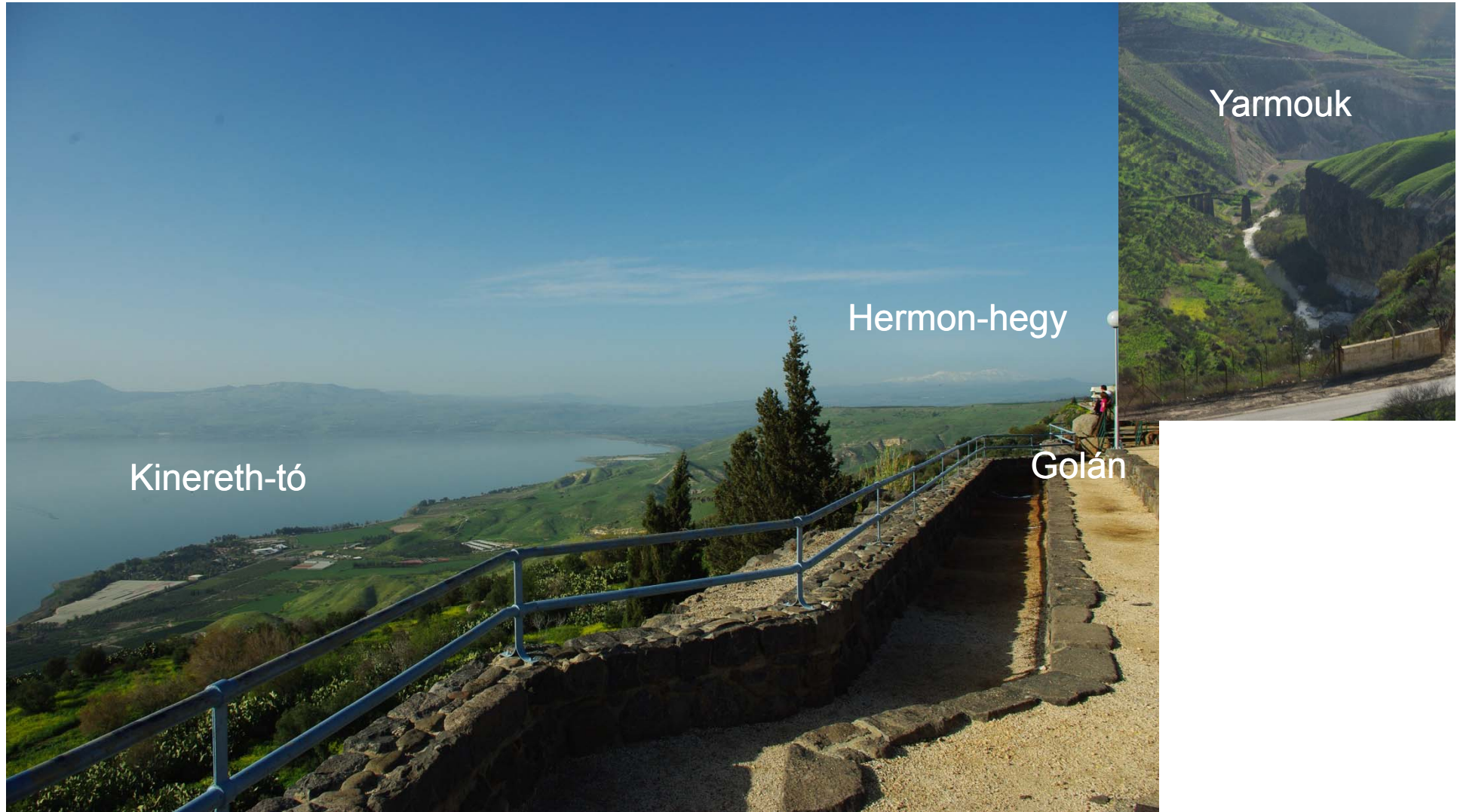
1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

- A víz stratégiai jelentőségű, mely a tulajdonságok és a használatok együttesében jelentkezik.
- Örökség, alkotmányos- és emberi jog -- fenntarthatóság
- Korlátozottan rendelkezésre álló, sérülékeny és jelentős gazdasági értékkel bíró erőforrás
- Az élet előfeltétele-élővilág, ivóvíz és élelmezés.
- Alap- és segédanyag -- gazdasági hajtóerő
- Áru, aminek értéke van
- Az egészség fenntartója, a természeti szépség forrása
- Kockázati tényező -- élet és vagyonbiztonság

Forrás:

Somlyódy László: Töprengések a vízről. Lépéskényszerben. Magyar Tudomány,2008/4

Izrael, Közel-Kelet, súlyos vízhiány, az ország vízellátása jórészt a Kinereth-tóból



1. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

1.1. Bevezetés

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

1.1.3. A hidrológia tárgya és kapcsolata a társtudományokkal

1.2. A víz sajátos fizikai és kémiai tulajdonságai

1.3. A vízkörforgalom jellemzői

1.3.1. Definíciója és felismerésének története

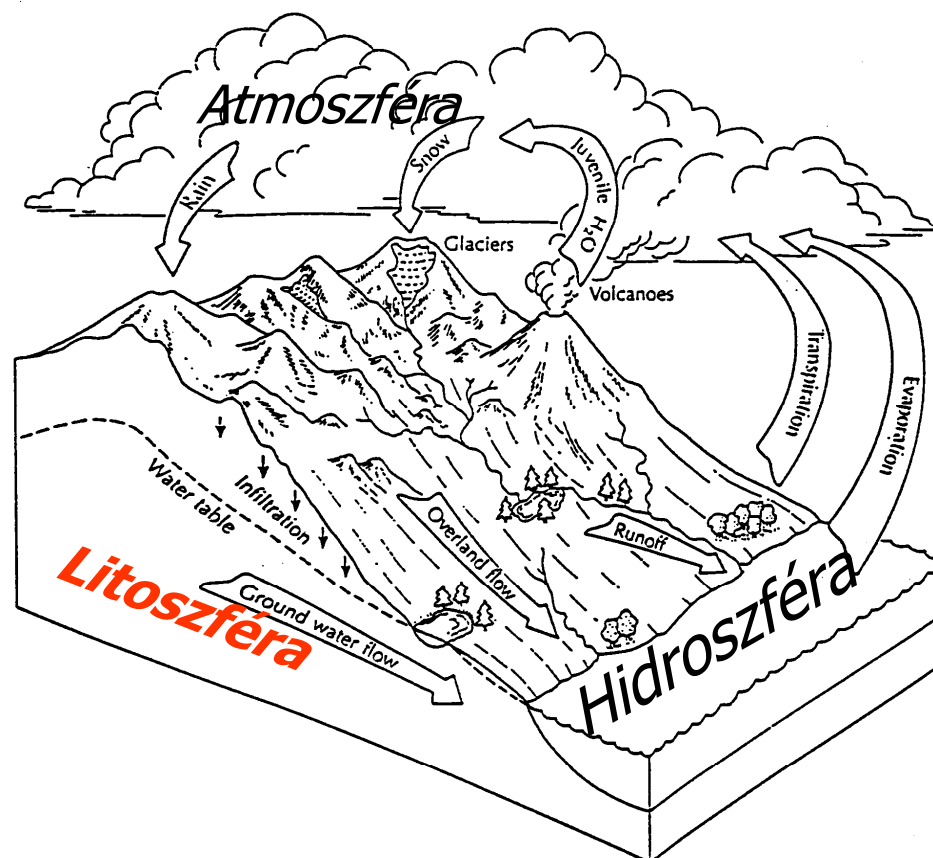
1.3.2. A vízkörforgalom folyamatai és a vízmérleg

1.3.3. A Föld vízkészlete

1.3.4. Esettanulmányok

•Hidrológia (gör. víztan): a Földön előforduló vizek eloszlásával és előfordulásával, mennyiségtani elemzésével foglalkozó tudomány. A víztömegek globális, szférák közötti és azokon belüli szállítódásának tudománya. Feladata a vízkörforgalom elemeinek meghatározása, vízmérleg készítése egy-egy hidrológiai rendszerre.

A vízkörforgalom tárolói



(Fetter, 1994)

Kapcsolódó tudományok

hidrológia részei ill. mellérendeltségi viszonyban állnak vele

- *Az atmoszféra* vizeivel foglalkozó tudomány:
 - Légtörtan
- *A hidroszféra* vizeit tárgyaló tudományterületek:
 - Limnológia:
 1. nem tengeri állóvizekkel foglalkozó tudomány
 2. édesvizekkel, mint komplex – fizikai, kémiai és biológiai kölcsönhatások által létrejövő – rendszerekkel foglalkozik (Padisák, 2005)
 - Potamológia: folyamok és folyók tudománya
 - Glaciológia: a jégjelenségek és gleccserek tudománya
 - Océonológia: tengerrel és az óceánokkal foglalkozik
- *A litoszféra* vizeit tárgyaló tudományterület:
 - Hidrogeológia: a felszín alatti vizek tudománya

A hidrológia, a limnológia és a hidrobiológia viszonya

Hidrológiai kérdések:

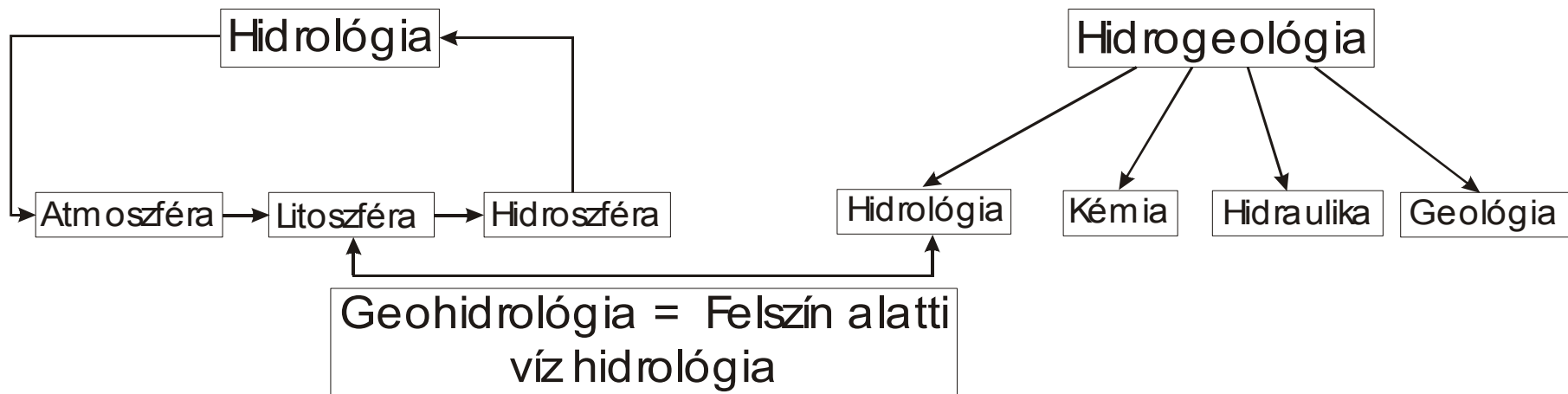
- klimatikus, hidrográfiai tényezők szerepe, jelentősége egy tó áramlási, keveredési viszonyaiban

Limnológiai kérdések:

- a limnológust érdeklik a tavak áramlástanai viszonyai, de csak annyiban, hogy mindezek hogyan hatnak egy tóra, mint élőhelyre és a benne élő szervezetekre

Limnológia és Hidrobiológia Magyarországon szinonimaként használt megnevezések.

A hidrológia, hidrogeológia és geohidrológia viszonya



(Tóth, 1986 nyomán)

Hidrológia: a Föld és a víz kapcsolatával tág értelemben foglalkozó tudomány, amely a víztömegek globális, szférákon belüli és azok közötti szállítódását elemzi.

Geohidrológia: a felszín alatti vizek részvételét értékeli a vízkörforgalomban

A *litoszféra* vizeit tárgyaló tudományterület:

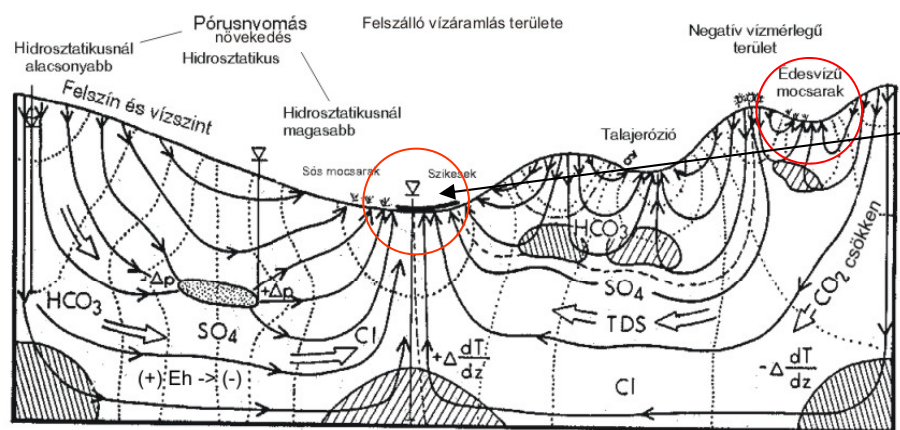
- Hidrogeológia (hydrogeology): a felszín alatti vizek tudománya, alkalmazott földtani tudományterület. A Föld és a víz kapcsolatával foglalkozik a felszín alatt, a litoszférában. Azon folyamatok és jelenségek tartoznak vizsgáladási körébe, melyek a felszín alatti víz és a kőzetváz egymásra hatásából erednek.
- Felszín alatti víz (groundwater): az összes földfelszín alatt található víz egészen addig a mélységig, ameddig szabad víz előfordulhat.

A földi víz vizsgálatának szemlélete: interdiszciplináris, környezettudományi

Például egy „wetland” vizes élőhely megőrzése során:

- Légekörtan (klimatológia, meteorológia)
- Geológia (kristálytan, ásvány-kőzettan, szedimentológia, szerkezetföldtan)
- Fizikai-kémia
- Analitikai kémia
- Hidrodinamika
- Biológia (mikrobiológia, növénytan)
- Stb.

Esettanulmány: Duna-Tisza közti tavak Kelebiai-halastavak



- Kvázi stagnáló zóna, magas TDS
- Hidraulikai csapda: a szállított anyagok konvergenciája
- Ekvipotenciális felület
- Áramvonal
- Vízkémiai fációs határ
- Kútban észlelhető vízszint
- Forrás
- Szárazságkedvelő növényzet
- Nedvességkedvelő növényzet
- $+/- \Delta p$ Negatív nyomásanomália
- $+/- \Delta \frac{dT}{dz}$ Konvekció okozta geotermális-gradiens anomália
- Nagy átteresztőképességű lencse

1. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

1.1. Bevezetés

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

1.1.3. A hidrológia tárgya és kapcsolata a társtudományokkal

1.2. A víz sajátos fizikai és kémiai tulajdonságai

1.3. A vízkörforgalom jellemzői

1.3.1. Definíciója és felismerésének története

1.3.2. A vízkörforgalom folyamatai és a vízmérleg

1.3.3. A Föld vízkészlete

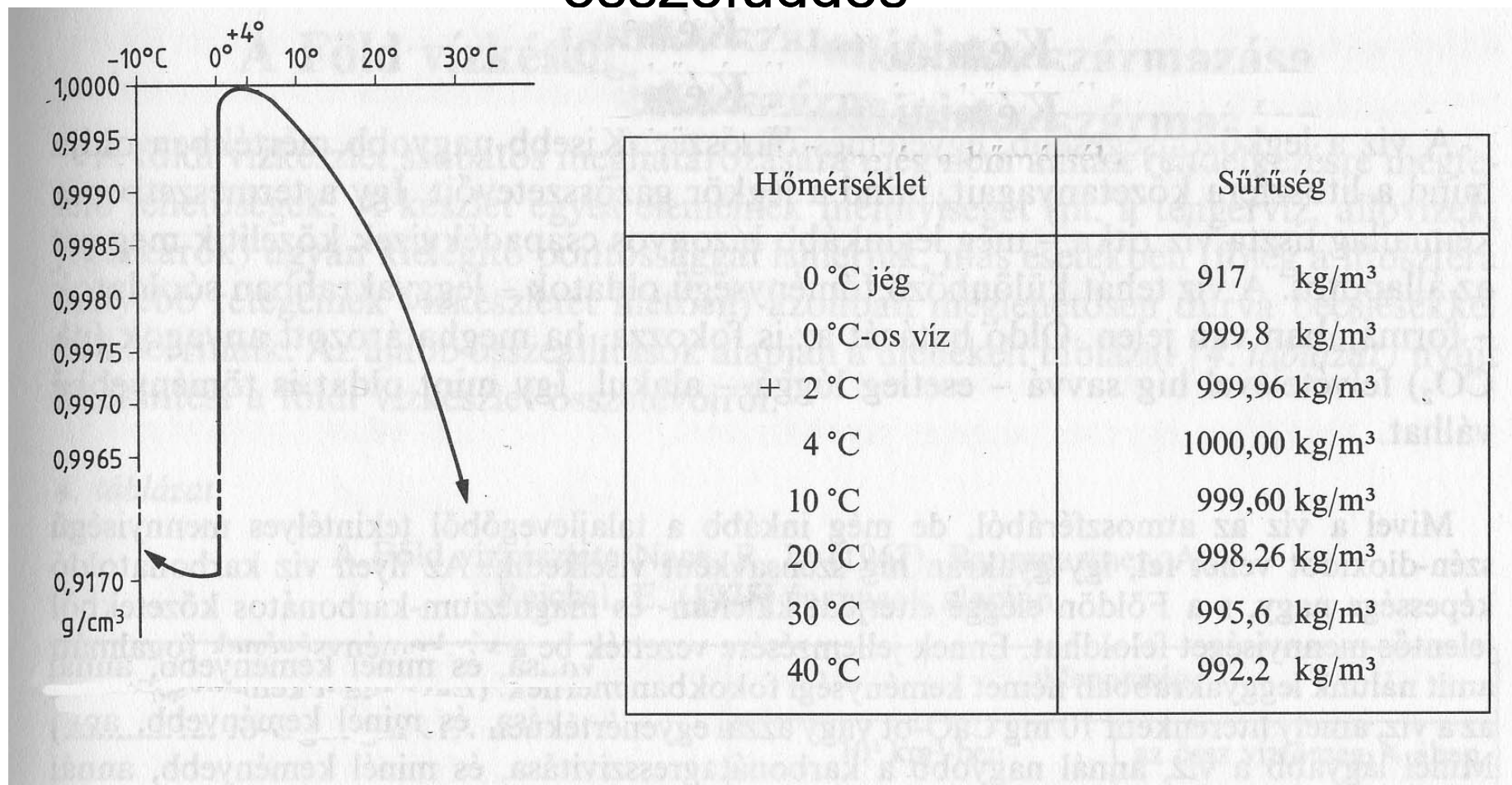
1.3.4. Esettanulmányok

A víz sajátos fizikai tulajdonságai

Sűrűség (fajsúly) (25°C), kg m ⁻³	997,075
Maximális sűrűség, kg m ⁻³	1000,000
Sűrűségmaximum, °C	3,98
dinamikus viszkozitás pascalsecundumban (25 °C), Pa s	0,890 10 ⁻³
kinematikus viszkozitás (25 °C), m ² s ⁻¹	0.89 10 ⁻⁶
Fagyáspont (101 325 Pa légköri nyomáson) °C	0,000
Forráspont (101 325 Pa légköri nyomáson) °C	100,000
Olvadáshő, kJ mol ⁻¹	6,0104
Párolgáshő, kJ mol ⁻¹	40,66
Specifikus hőkapacitás (15 °C), J kg ⁻¹	4186,0
Hővezető képesség (25 °C), J cm ⁻¹ s ⁻¹ °C	0,00569
Felületi feszültség, (25 °C), N m ⁻¹	71,97 10 ⁻³
Dielektromos állandó (25 °C)	78,54

(A víz fizikai tulajdonságai: Schwoerbel, 1999 in Padisák 2005)

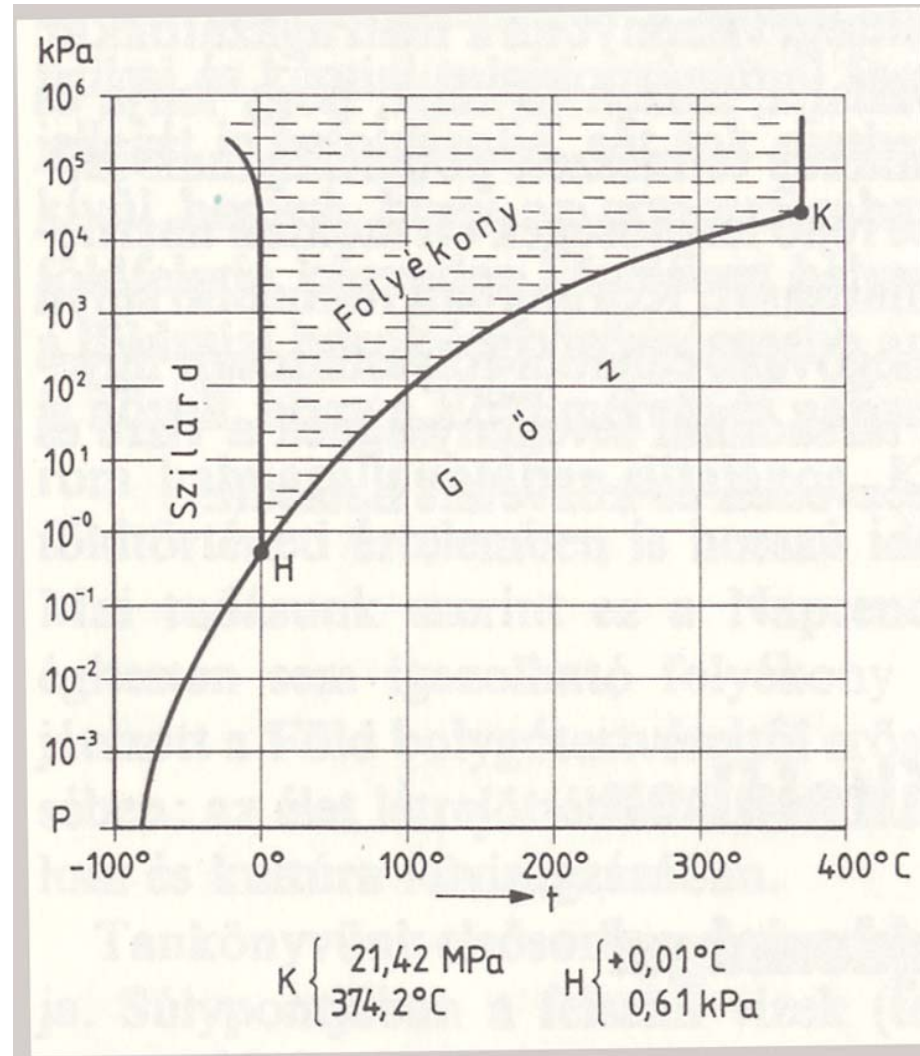
A víz sűrűsége és hőmérséklete közötti összefüggés



Ha a hőmérséklet +4 °C alá hűl a víz fordítva rétegződik. Alul van a +4 °C-os, fölül az annál hidegebb víz, tehát a nulla fokos is. A befagyás a felszínen kezdődik.

A képződött jég szintén a felszínen marad, mert a 0 °C-os jég sűrűsége 9%-al kisebb, mint az ugyanolyan hőmérsékletű vízé.

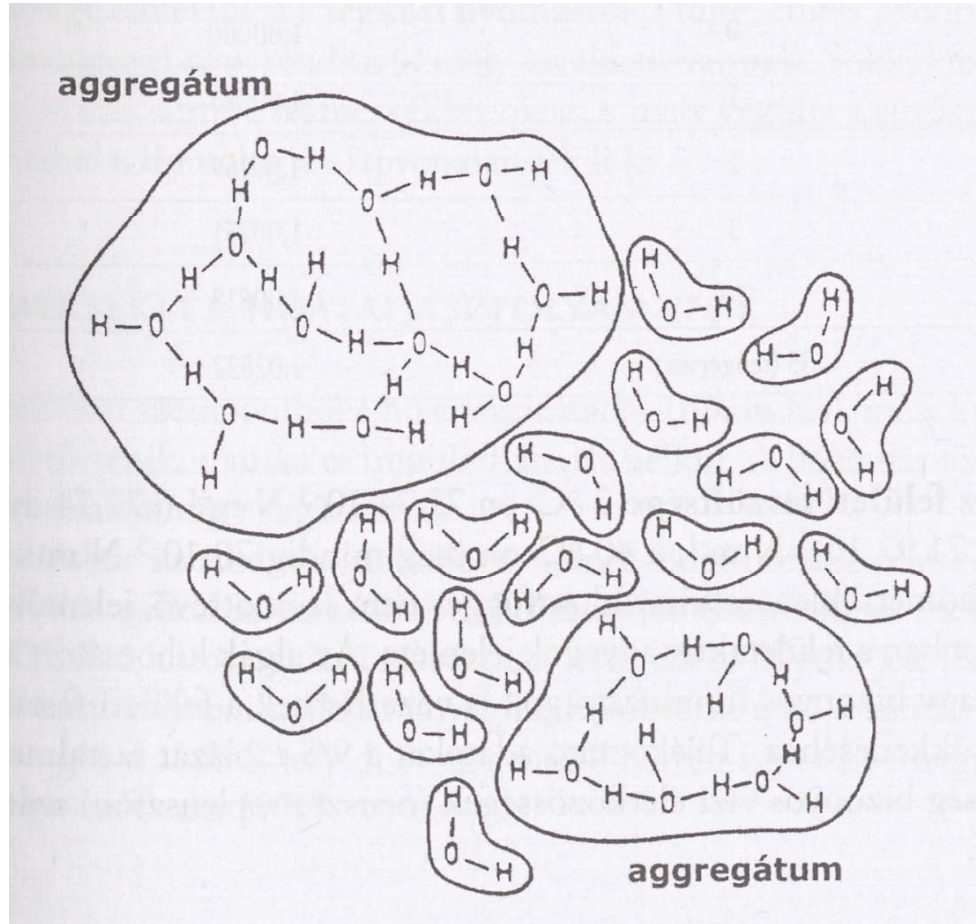
A víz fázisdiagramja



K=kritikus pont, H=hármass pont

(Budó-Póca alapján)

A víz kémiai jellemzői: molekula aggregátumok és következményeik



Dipólus

H-O-H kötés: $104,5^\circ$

Hidrogén hidak ($18,8\text{kJ/mól}$)

révén

szuperponálódnak

Víznek folyékony

állapotban is van

„kristályszerkezete”

(Némethy és Scheraga 1962 alapján in Padisák, 2005)

Sótartalom

A víz kémiai szerkezeténél fogva a legközönségesebb oldószer. Kisebb-nagyobb mértékben oldja a litoszféra kőzetanyagait és a légkör gázösszetevőit. Ezért folyóinkban, tavainkban és felszín alatti vizeinkben olyan víz található, amely szerves és szervetlen oldott anyagokat tartalmaz, ami a tiszta vízre vonatkozó fizikai tulajdonságokat jelentősen módosítja.

Sótartalom (‰)	Sűrűség, kg l ⁻¹ (4°C)
0	1,00000
1	1,00085
2	1,00169
3	1,00251
10	1,00818
35 (tengervíz)	1,02822

Vizek szalinitása: az összes oldott só tartalom ‰-ben kifejezve (légköri nyomáson)

Sótartalom: 10 g/l, akkor a Szalinitás: 10 ‰

1. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

1.1. Bevezetés

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

1.1.3. A hidrológia tárgya és kapcsolata a társtudományokkal

1.2. A víz sajátos fizikai és kémiai tulajdonságai

1.3. A vízkörforgalom jellemzői

1.3.1. Definíciója és felismerésének története

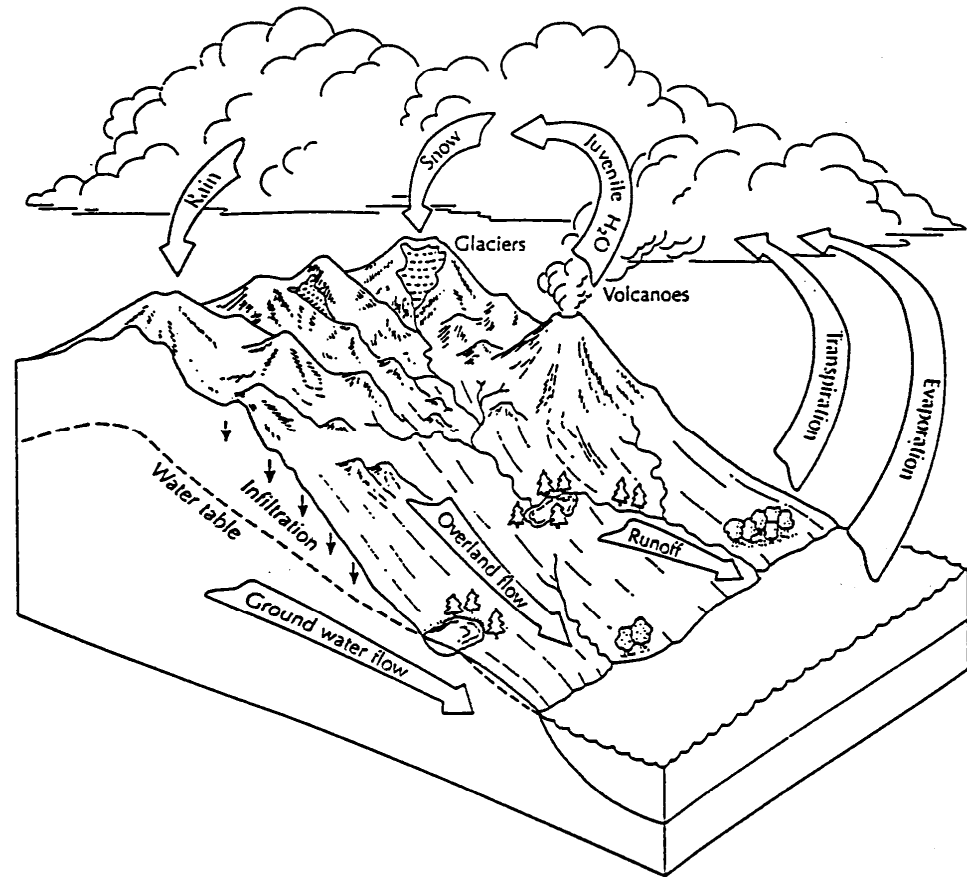
1.3.2. A vízkörforgalom folyamatai és a vízmérleg

1.3.3. A Föld vízkészlete

1.3.4. Esettanulmányok

Definíciója

DEFINÍCIÓ: A víz különböző formában történő körforgása a Föld három fő víz rezervoárja, az atmoszféra, a hidroszféra és a litoszféra között.



A hidrológiai körfolyamat felismerésének története

- A „csapadék-eredet elmélet” általános elismerése (XVI.-XVII. sz.): Marcus Vitruvius Pollo (I. sz.), Leonardo da Vinci (XIV-XV. sz.), Bernard Palissy (XVI. sz.)
- Pierre Perrault fizikus (1608-1680): a vízgyűjtőn mért csapadékot összehasonlította a Szajna hozamával ($CS=6 \cdot Q_{\text{Szajna}}$)
 - Edmond Halley csillagász (1656-1742): kimutatta, hogy az óceánok párolgása elégséges a csapadék fedezésére, ami pótolja a szárazföldi vizeket

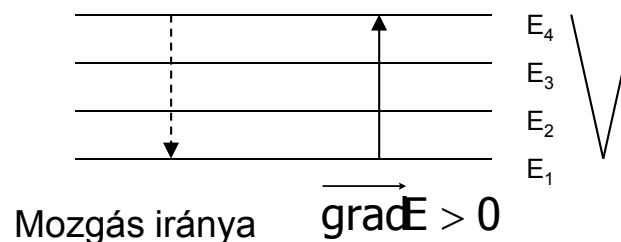


Írásai: „Tisztán árulkodnak a hidrológiai ciklus megértéséről és a folyók esővíz beszivárgásból való eredeztetéséről”
(Deming, 2002)

Leonardo da Vinci : Alpesi táj viharban, 1503, Windsor

Jellemzői

1. Energetikailag vezérelt: Nap hő és sugárzó energiája



2. Konzervatív

- Emberi léptékkal víztömeg konstans
- Halmazállapot-változás és a tározás formájának megváltozása zajlik
- Geológiai időskálán víztömeg nő

3. Ciklikus és egyirányú

1. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

1.1. Bevezetés

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

1.1.3. A hidrológia tárgya és kapcsolata a társtudományokkal

1.2. A víz sajátos fizikai és kémiai tulajdonságai

1.3. A vízkörforgalom jellemzői

1.3.1. Definíciója és felismerésének története

1.3.2. A vízkörforgalom folyamatai és a vízmérleg

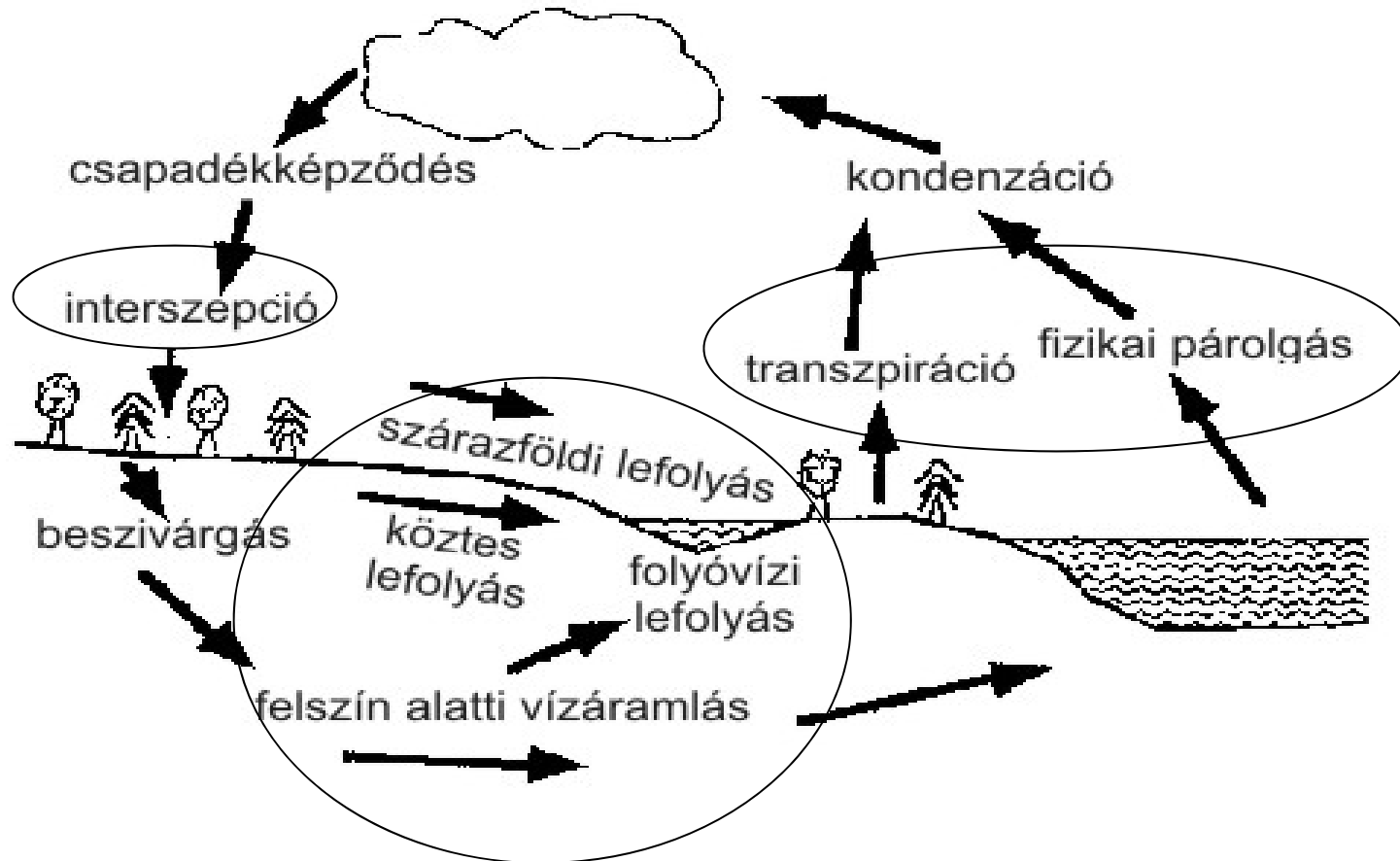
1.3.3. A Föld vízkészlete

1.3.4. Esettanulmányok

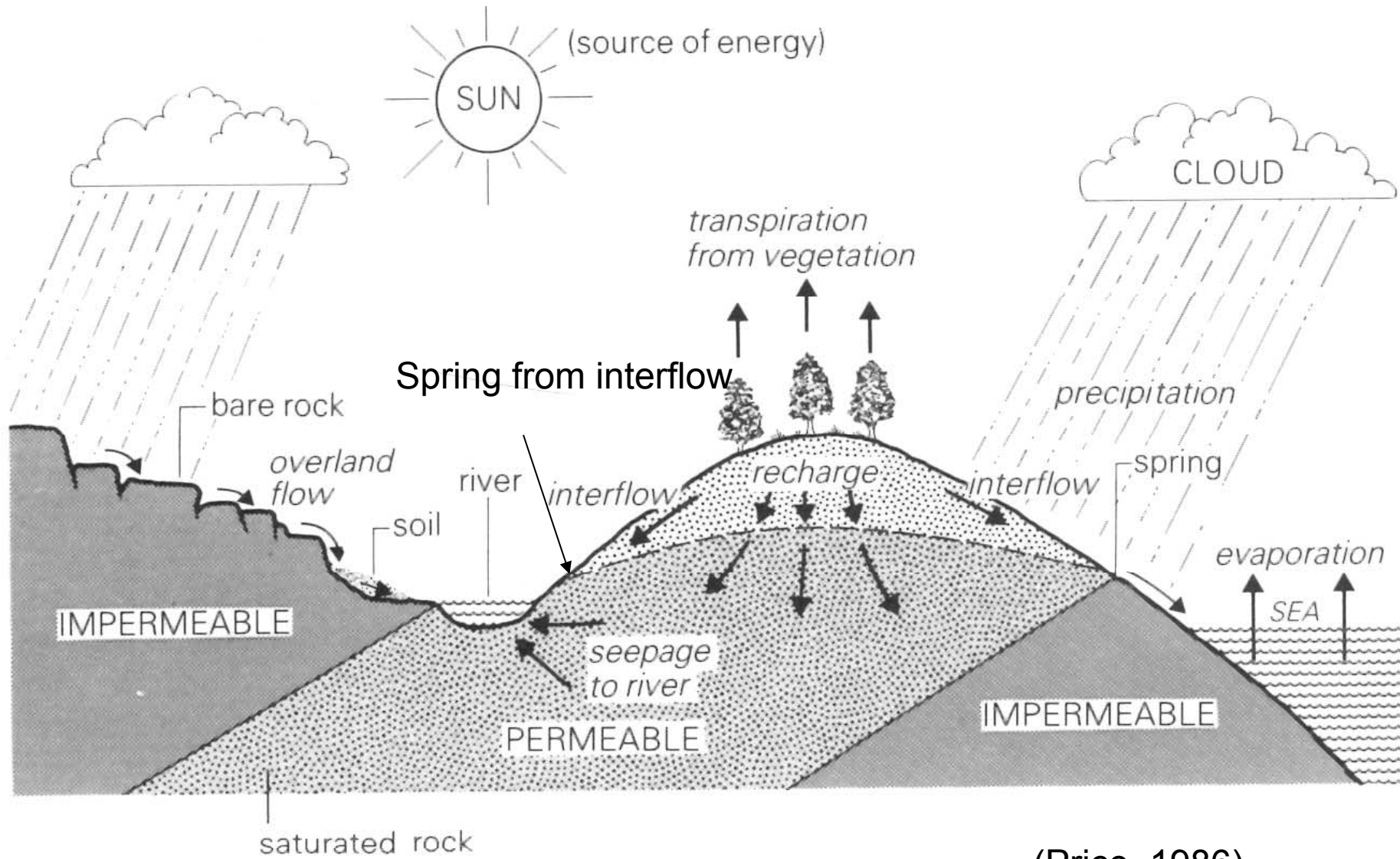
A vízkörforgalom folyamatai

1. Párolgás – evapotranspiráció
2. Kondenzáció – csapadékképződés
3. Interszepeció – felszíni visszatartás
4. Beszivárgás (infiltration)
5. Lefolyás (runoff)
 - Szárazföldi lefolyás (overland flow)
 - Folyóvízi (stream flow)
 - Köztes (interflow)
 - Felszín alatti (groundwater flow)

A hidrológiai ciklus folyamatai

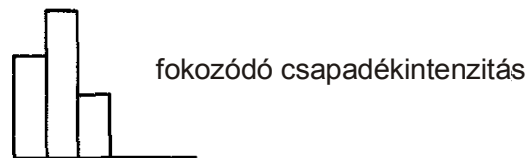
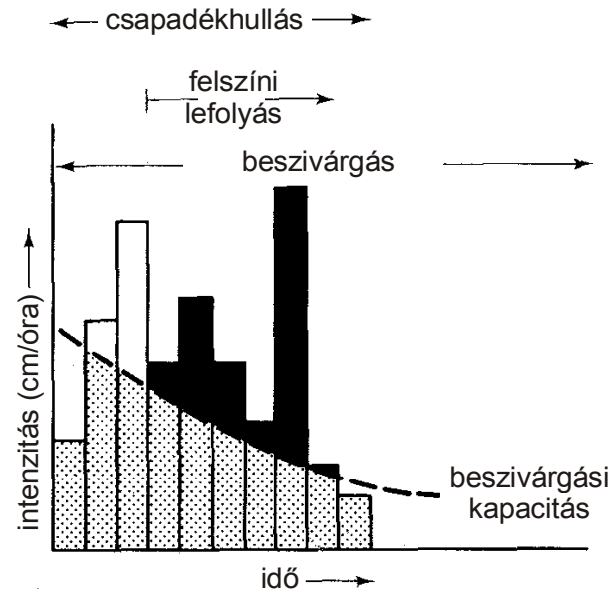





(Tóth and Rostron, 1992)



(Price, 1986)

A csapadék, beszivárgás és lefolyás összefüggései



-  a beszivárgás mennyisége
-  a depressziós tározás mennyisége
-  a felszíni lefolyás mennyisége

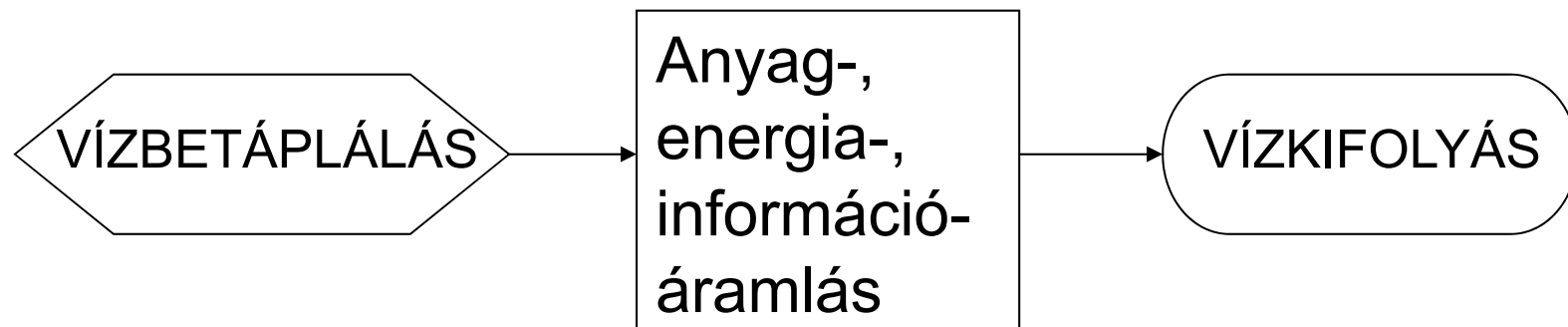
(Fetter, 1994)

A vízkörforgalom rendszerei, alrendszerei és működése

- *„Rendszer”*: alkotóelemek összessége, melyek tulajdonságaik és jellemzőik révén dinamikus kapcsolatban állnak egymással.
- A vízkörforgalom alap rendszerei/rezervoárjai: az atmoszféra, hidroszféra és a litoszféra.
- Ezekben belül további alrendszerek : a növényzet, a földfelszín, talajnedvesség, felszín alatti víz medencék, folyóvízi medertárolás, óceáni medencék.

A dinamikus rendszer sémája

Az (al)rendszerek vizet transzportáló folyamatai külön kezelendők az adott (al)rendszer szempontjából.
Jelentőség: vízmérleg számításoknál



A rendszeren/
alrendszeren
keresztül

(Ward, 1975 alapján)

A vízmérleg

A vízmérleg/hidrológiai egyenlet

- Tömegmegmaradás törvényén alapul
- Egy adott rendszerben előforduló vízmennyiségek (be-, át- és kifolyó) nyilvántartásba vétele
- Adott térfogatra és időtartamra vonatkoztatható (referencia V és t)

$$\text{BEFOLYÁS} = \text{KIFOLYÁS} \pm \Delta S \text{ TÁROZÁS}$$

Definíció: Leltár, adott térrészbe adott idő alatt bejutó, onnan kijutó vízmennyiség, valamint a tárolt vízmennyiség változása.

Jelentősége: Szakszerű gazdálkodás a felszíni és a felszín alatti vízkészletekkel.

A hidrológiai egyenlet komponensei felszín alatti rendszereket tekintve

- Befolyás: csapadék, felszín alatti hozzáfolyás, felszíni hozzáfolyás, emberi import (pl. csatornán keresztül a területre bevezetett víz, öntözés).
- Kifolyás: evaporáció, transpiráció, felszín alatti elfolyás, felszíni elfolyás, emberi export (pl. csatornán a területről elvezetett víz, vízkivétel kutakon keresztül stb.).
- Tározott készletváltozás: a felszín alatti vízmennyiség megváltozása, amely jelentkezhet talajnedvesség, vízszint, vízhozam változásban.

Referencia térfogat és idő jelentősége

- Referencia térfogat: Térben lehatárolt felszín alatti medence, folyó vagy tó vízgyűjtője
- Referencia idő:
 - Rövid idő: $\pm \Delta S \rightarrow$ számottevő, nem elhanyagolható.
 - Hosszú idő: $\pm \Delta S \rightarrow 0$ elhanyagolható (min. idő egy év).
- Hidrológiai rendszerek osztályozása: **nyitottak** vagy **zártak**.

Nyitott hidrológiai rendszer

Kisebb területi kiterjedésűek és rövidebb időszakra vonatkoznak, mint a zárt rendszerek. A rendszer adott részeiben ideiglenes felhalmozódás, illetve víztömegcsökkenés felléphet.

- Permanens, egyensúlyi állapotban:

A rendszerbe bejutó valamennyi víz egyidejűleg átszállítódik a környező rendszerekbe.

($\Delta S=0$)

- Nem permanens esetben:

A kifolyás nagyobb vagy kisebb mint a betáplálás. A rendszerben a tározott víz mennyisége nő vagy csökken a kiindulási állapothoz képest. ($\Delta S \neq 0$)

Zárt hidrológiai rendszer

Hosszú időtartam, nagy területek

Globálisan → konstans víztömeg vonatkoztatási térfogaton belül ($\Delta S=0$)

1. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

1.1. Bevezetés

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

1.1.3. A hidrológia tárgya és kapcsolata a társtudományokkal

1.2. A víz sajátos fizikai és kémiai tulajdonságai

1.3. A vízkörforgalom jellemzői

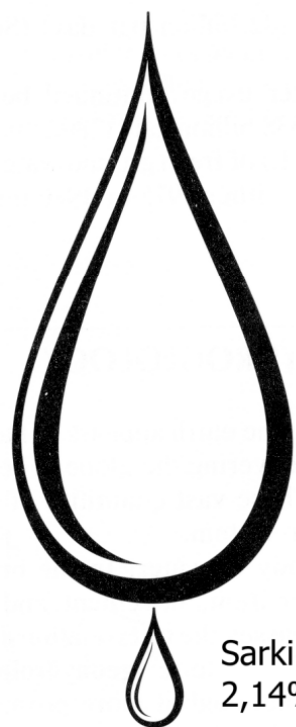
1.3.1. Definíciója és felismerésének története

1.3.2. A vízkörforgalom folyamatai és a vízmérleg

1.3.3. A Föld vízkészlete

1.3.4. Esettanulmányok

A Föld vízkészlete



Sós tengervíz
97,2%



Sarki jég és gleccerek
2,14%



Felszín alatti víz
0,61%



Felszíni víz 0,009%



Talajnedvesség 0,005%



Atmoszféra 0,001%

(Fetter, 1994)

Tározó	Felület (10 ⁶ × km ²)	Térfogat (10 ⁶ × km ³)	Térfogat (%)	Ekvivalens mélység (m)	Tartózkodási idő
Óceánok és tengerek	361	1370	94	2500	~4000 év
Tavak és víztározók	1,55	0,13	<0,01	0,25	~10 év
Mocsarak	<0,1	<0,01	<0,01	0,007	1-10 év
Folyók	<0,1	<0,01	<0,01	0,003	~2 hét
Talajnedvesség	130	0,07	<0,01	0,13	2 hét-1 év
Felszín alatti víz	130	60	4	120	2 hét- 10000 év
Sarki jég és gleccserek	17,8	30	2	60	10-10000 év
Légköri víz	504	0,01	<0,01	0,025	~10 nap
Víz a Bioszférában	<0,1	<0,01	<0,01	0,001	~1 hét

(Freeze and Cherry, 1979)

1. A víz jelentősége, a vízkörforgalom

1.1. Bevezetés

1.1.1. A kútásás kezdetei, a víznyerés fejlődése

1.1.2. A víz stratégiai jelentősége

1.1.3. A hidrológia tárgya és kapcsolata a társtudományokkal

1.2. A víz sajátos fizikai és kémiai tulajdonságai

1.3. A vízkörforgalom jellemzői

1.3.1. Definíciója és felismerésének története

1.3.2. A vízkörforgalom folyamatai és a vízmérleg

1.3.3. A Föld vízkészlete

1.3.4. Esettanulmányok

1.3.3. Esettanulmányok

Az ember befolyásolja a vízkörforgalmat

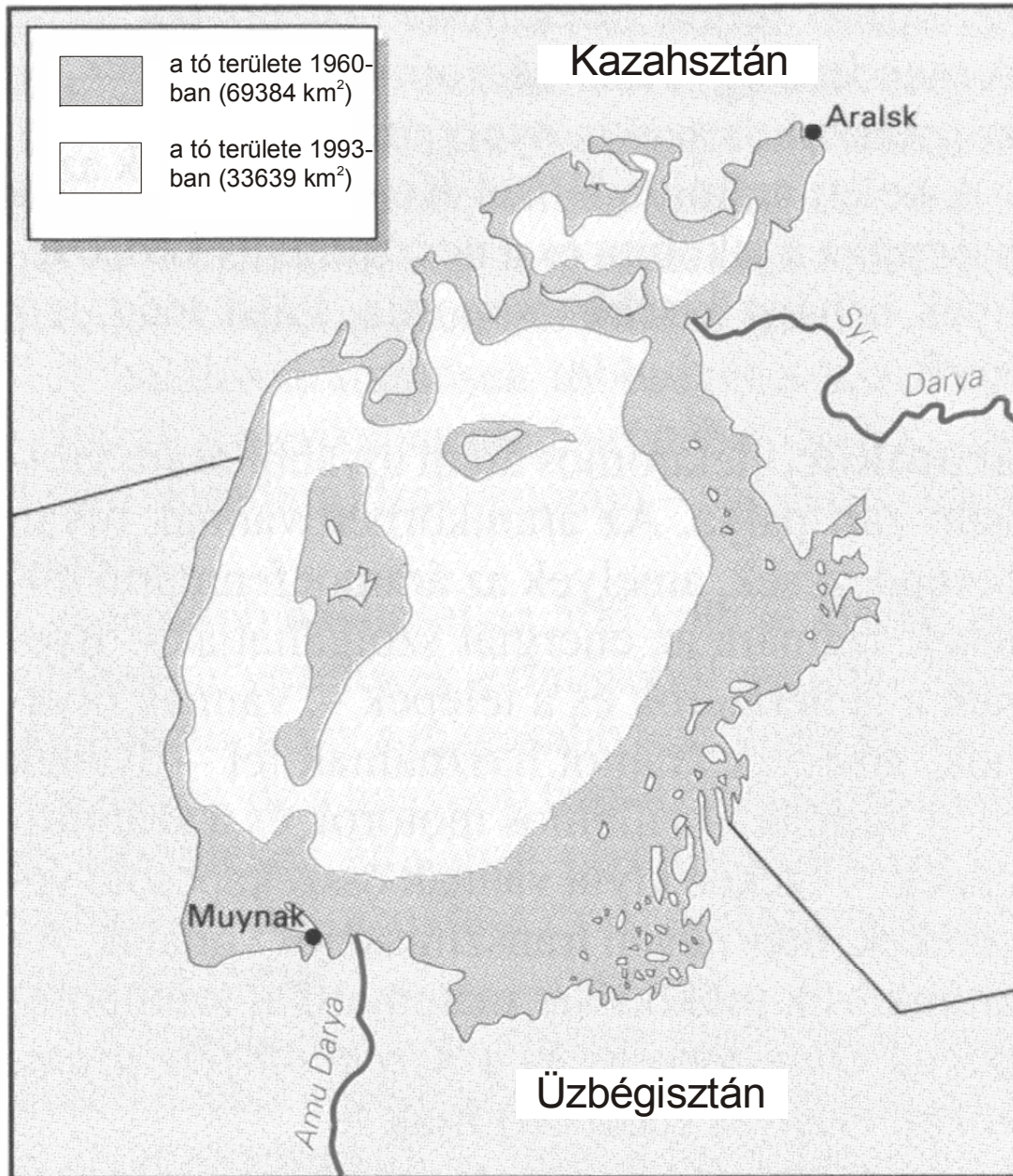
- **Nílus / Tigris, Eufrátesz:**
 - Vízyűjtők különbözőek. Mezopotámia virágzásának a túlzott öntözés, a terület elsivatagosodása vetett véget.
 - Nílus felső szakaszán az áradások kivédésére épített Nasszer-tó kedvezőtlen hidrológiai hatásai.
- **Tározók:**
 - Számuk az utóbbi évszázadban exponenciálisan nőtt
 - Hatások: nő a tartózkodási idő, megváltoznak lefolyási viszonyok. Lassul a hidrológiai ciklus ezen szakasza. Vizüket intenzíven használják öntözésre. Pl. Jordán folyó vize hiányzik a Holt-tengerből.



(http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:JordanRiver_en.svg&filetimestamp=20070503161447)

A Holt-tenger tagolttá vált medencéje



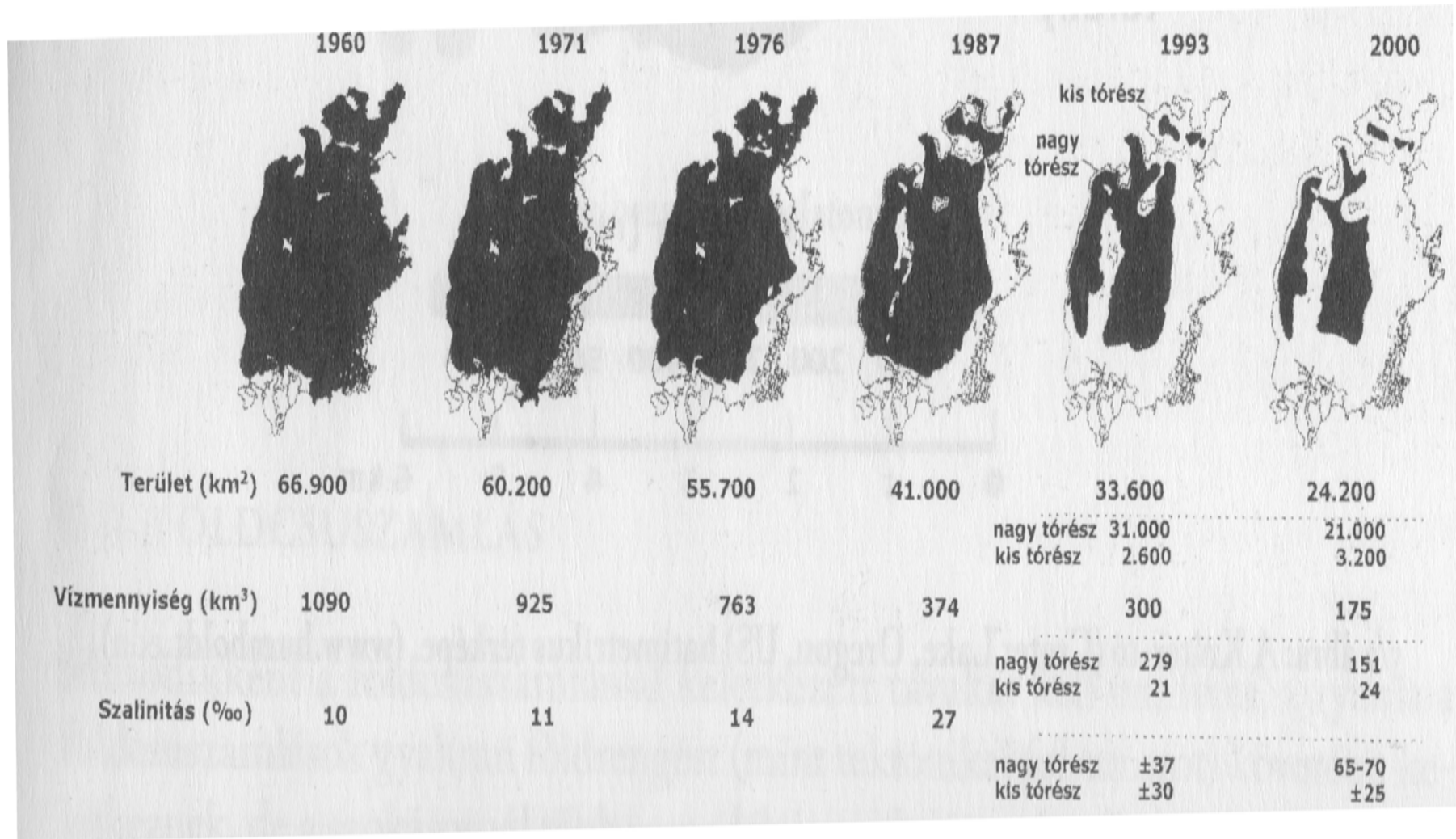


Az Aral-tó összezsugorodása

Aral-tó: az utóbbi 30 évben

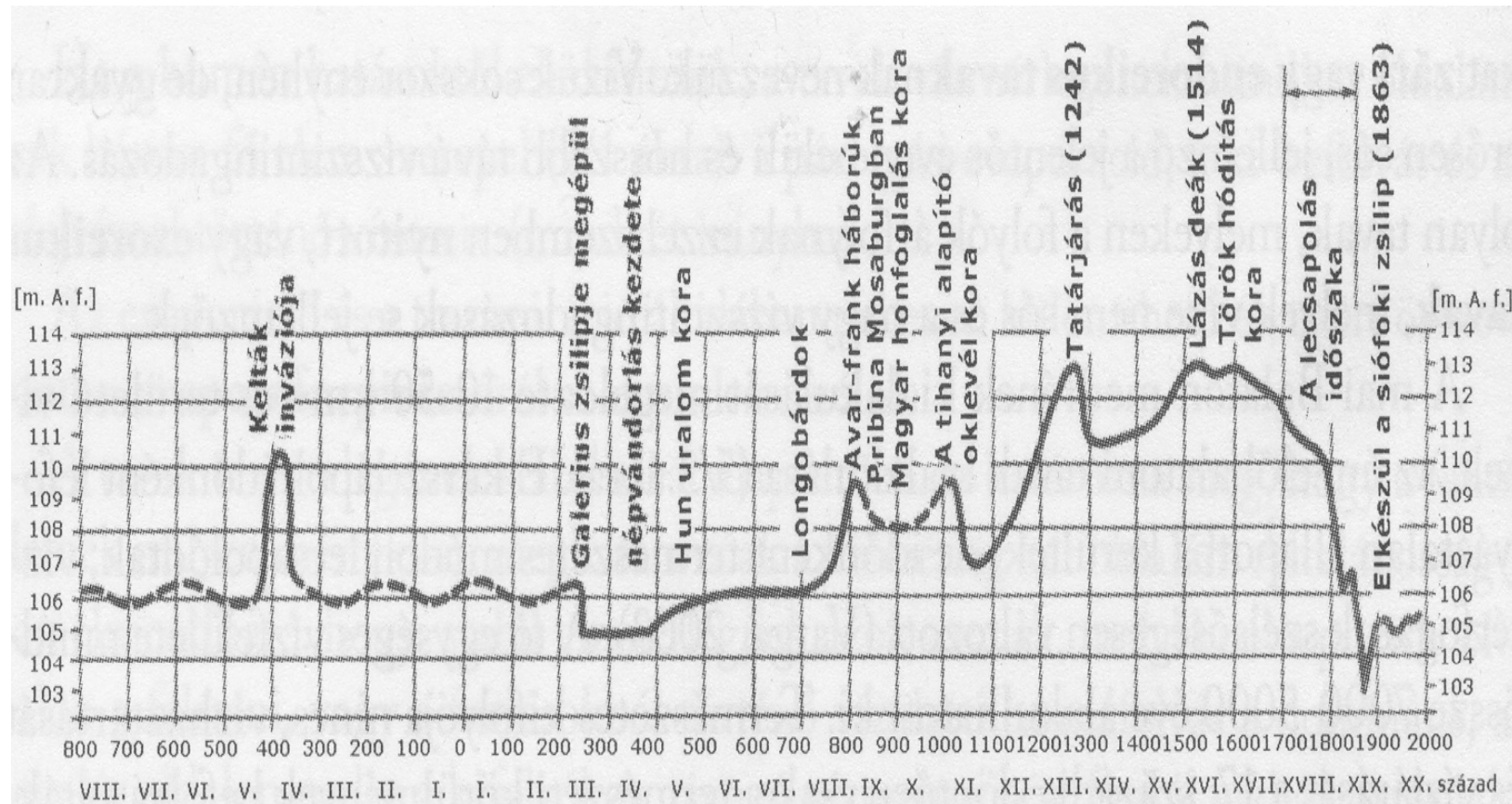
- Öntözővizet a Szir-darja és Amu-darja folyókból szereztek a gyapotültetvényekhez.
- A tó 70 ezer km² területének felét elvesztette.
- Vízsínt 14 m-t csökkent.
- Vízmennyiség $\frac{3}{4}$ -re apadt .
- Tó kiszáradt, sós por légzőszervi és szembetegségeket okoz 3,5 millió embernek.

Az Aral-tó összezsugorodása 1960-1993, a 2000-es adat előrejelzés



(Kalff, 2000 nyomán, Padisák, 2005)

A Balaton tartós vízállásainak változása i.e. 800-tól napjainkig



(Bendefy László in Padisák, 2005)



Aral-tó

A vízhiánynak más az oka, ezért másképpen kezelendő!



Balaton 2003