

# Hidrogeológia BSc

**Dr. Szűcs Péter, egyetemi tanár**

Miskolci Egyetem,

Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszék

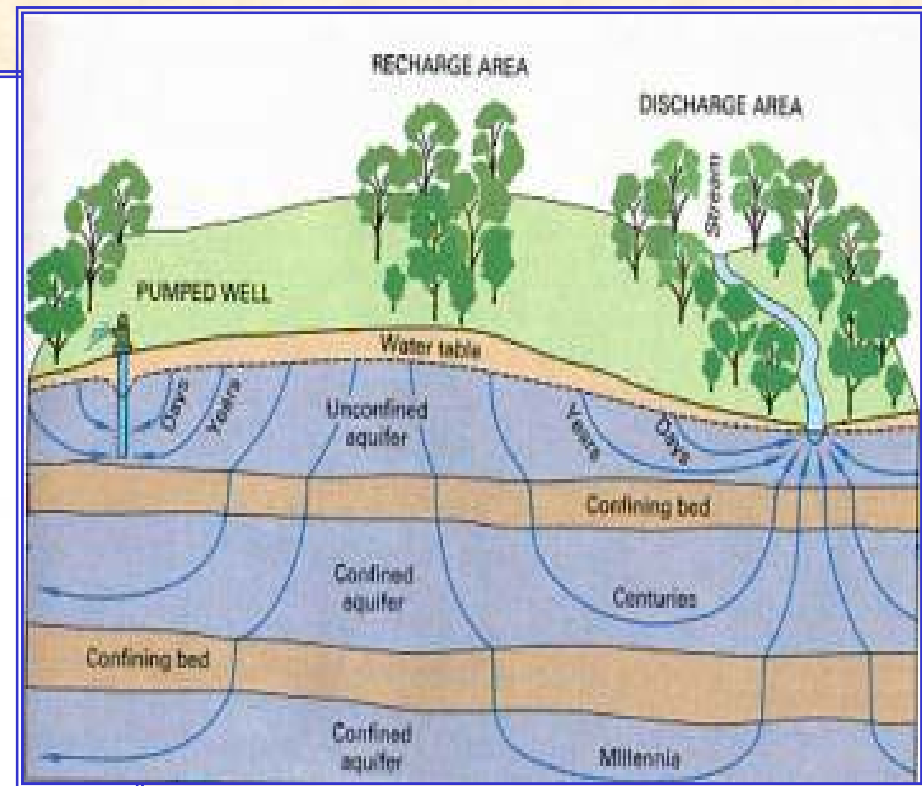
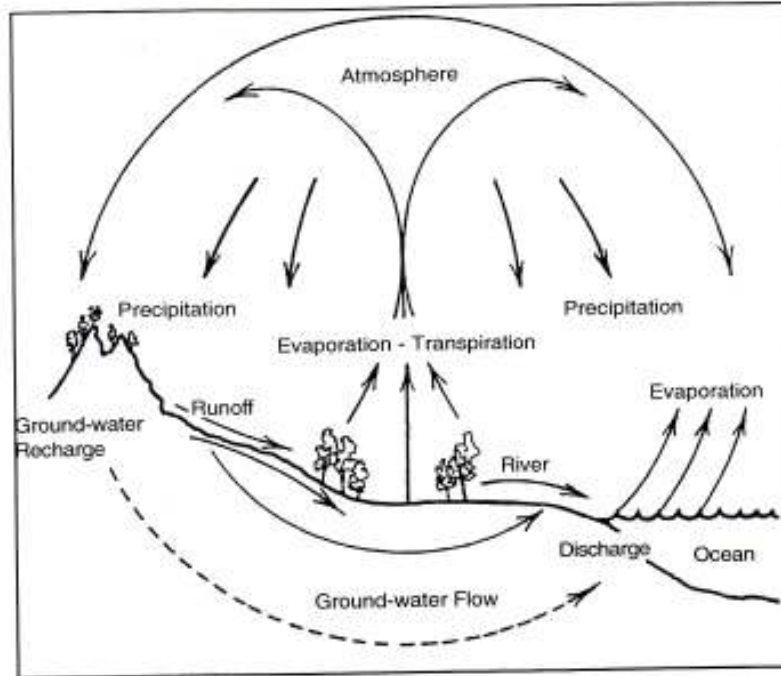
**1. rész**

**Alapfogalmak és definíciók**



# Hidrológia, hidrogeológia

- **Hidrológia:** A Föld és a víz kapcsolatával foglalkozó tudomány, vízkörforgalom
- **Hidrogeológia:** Alkalmazott földtan, a Föld és a víz kapcsolatával foglalkozik a felszín alatt, a litoszférában



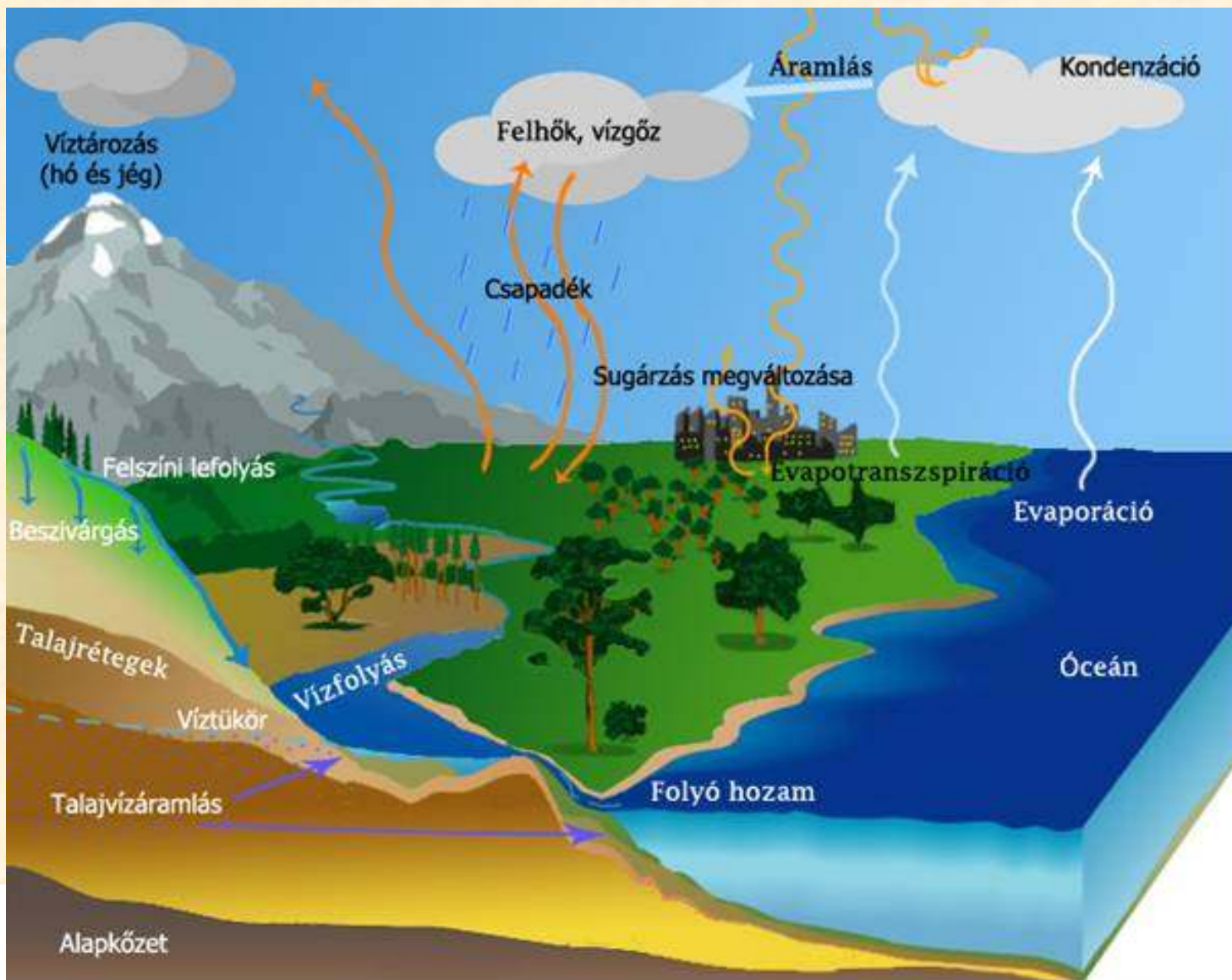
Hydrogeologic cycle (reprinted with permission from "Principles of Hydrology" by John D. Hewlett. Copyright ©, 1982 by The University of Georgia Press. All rights reserved).



- vadózus és juvenilus vizek



# Hidrológia, hidrogeológia



# Vízészletek a Földön

Water resources (source: Nace, 1967).

| Water Source            | Volume (km <sup>3</sup> ) | % of Total Water |
|-------------------------|---------------------------|------------------|
| Oceans                  | 1,320,000,000             | 97.3             |
| Ice Caps and Glaciers   | 29,200,000                | 2.14             |
| Ground Water            | 8,350,000                 | 0.61             |
| Freshwater Lakes        | 125,000                   | 0.009            |
| Saline Lakes            | 104,000                   | 0.008            |
| Soil Moisture           | 67,000                    | 0.005            |
| Atmosphere              | 13,000                    | 0.001            |
| Rivers (average volume) | 1,250                     | 0.0001           |
| <b>Total (rounded)</b>  | <b>1,360,000,000</b>      | <b>100</b>       |

Water resources.

| Water Source          | % of World's Water Supply | % of World's Fresh Water Supply | % of Available Fresh Water |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Oceans                | 97.3                      | 0                               | 0                          |
| Ice Caps and Glaciers | 2.14                      | 77.3                            | 0                          |
| Ground Water          | 0.61                      | 22.1                            | 98                         |
| Freshwater Lakes      | 0.009                     | 0.33                            | < 2                        |
| Soil Moisture         | 0.005                     | 0.18                            | 0                          |
| Atmosphere            | 0.001                     | 0.03                            | 0                          |
| Rivers                | 0.0001                    | < 0.004                         | < 0.015                    |



A víz körforgása: 396000 km<sup>3</sup>/év

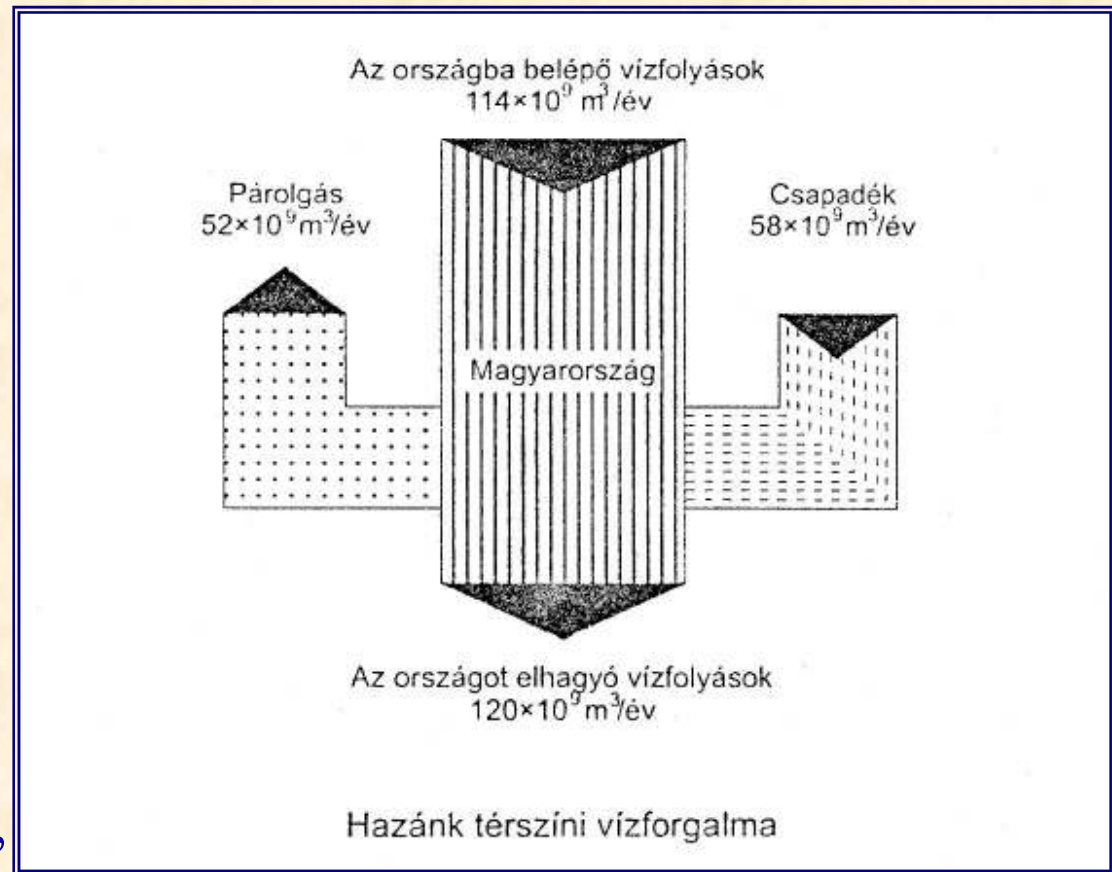


# Vízkészletek a Földön és Magyarországon

Kanada:  
a Föld lakosság 0.5 %-a,  
az édesvízkészlet 20 %-a

Kína:  
a Föld lakosság 20 %-a,  
az édesvízkészlet 7 %-a

Magyarország:  
felszíni vízkészlet:  $120 \text{ km}^3$ ,  
FAV készlet:  $3000 \text{ km}^3$



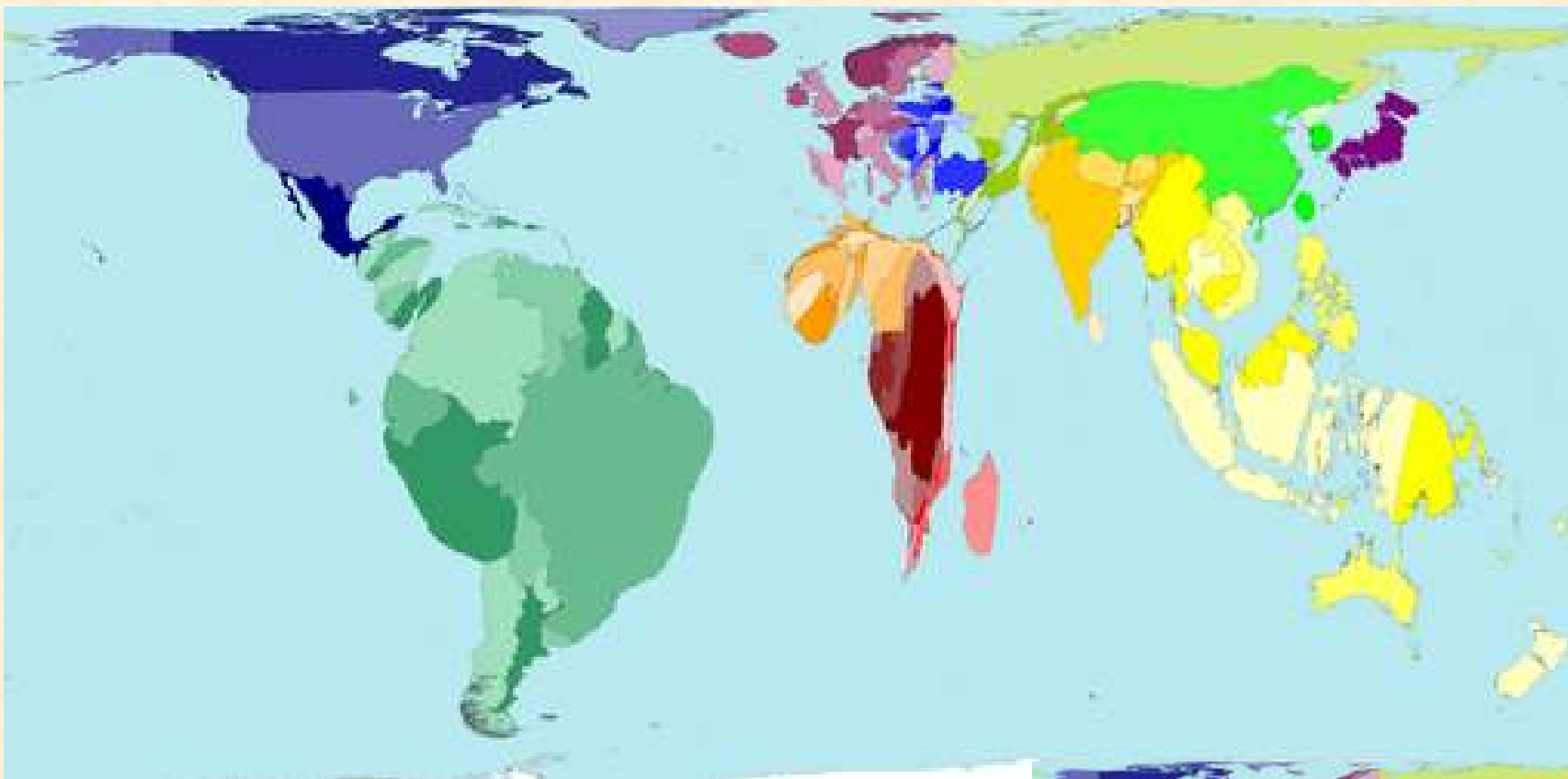
Egy évi szükséges vízmennyiség a Földön:  
 $6 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 365 \text{ km}^3/\text{év} = 4000 \text{ km}^3/\text{év}$



# Vízkészletek eloszlása a kontinenseken



# Vízkészletek eloszlása a kontinenseken



<http://www.worldmapper.org/>



# Vízkiészletek eloszlása a kontinenseken



**Kanada**





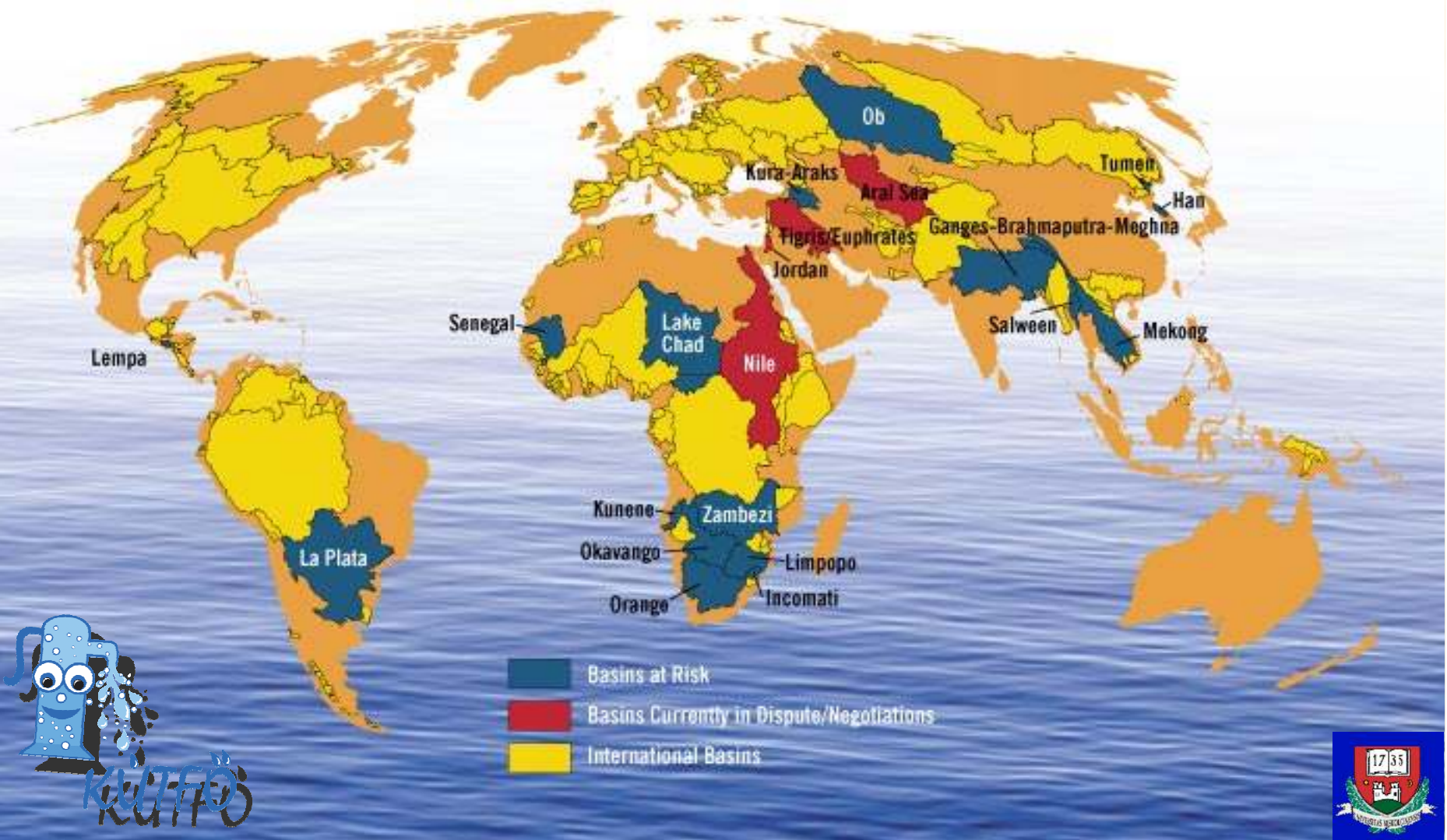
# Vízkészletek eloszlása a kontinenseken



Eritrea



**“Fierce competition for fresh water may well become a source of conflict & wars in the future.”  
Kofi Annan, March 2001**



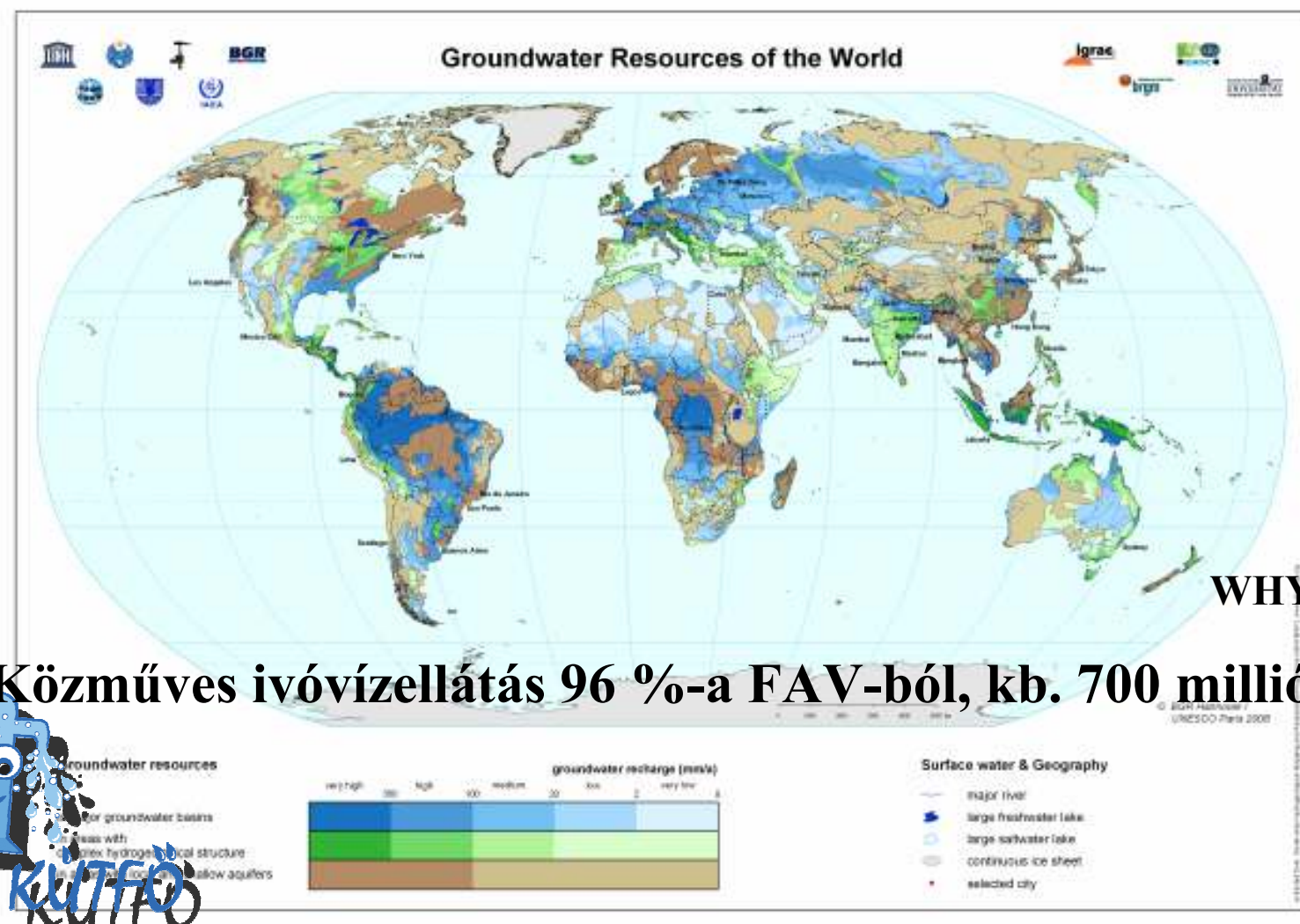
# Felszín alatti vizek a vízellátásban

A felszín alatti vízkészletek szerepe az ivóvíz-ellátásban napjainkban.

Világ több mint 50 %-ban FAV

Európa több mint 75 %-ban FAV

Magyarország több mint 96%-ban FAV



WHYMAP, 2008

**Közműves ivóvízellátás 96 %-a FAV-ból, kb. 700 millió m<sup>3</sup>/év**



# Speciális hidrogeológiai viszonyok a Duna vízgyűjtő területén belül a Kárpát-medencében



Hidrológiai szempontból a Föld egyik legzártabb medencéje



Hazánk folyóinak sokévi középvízhozama

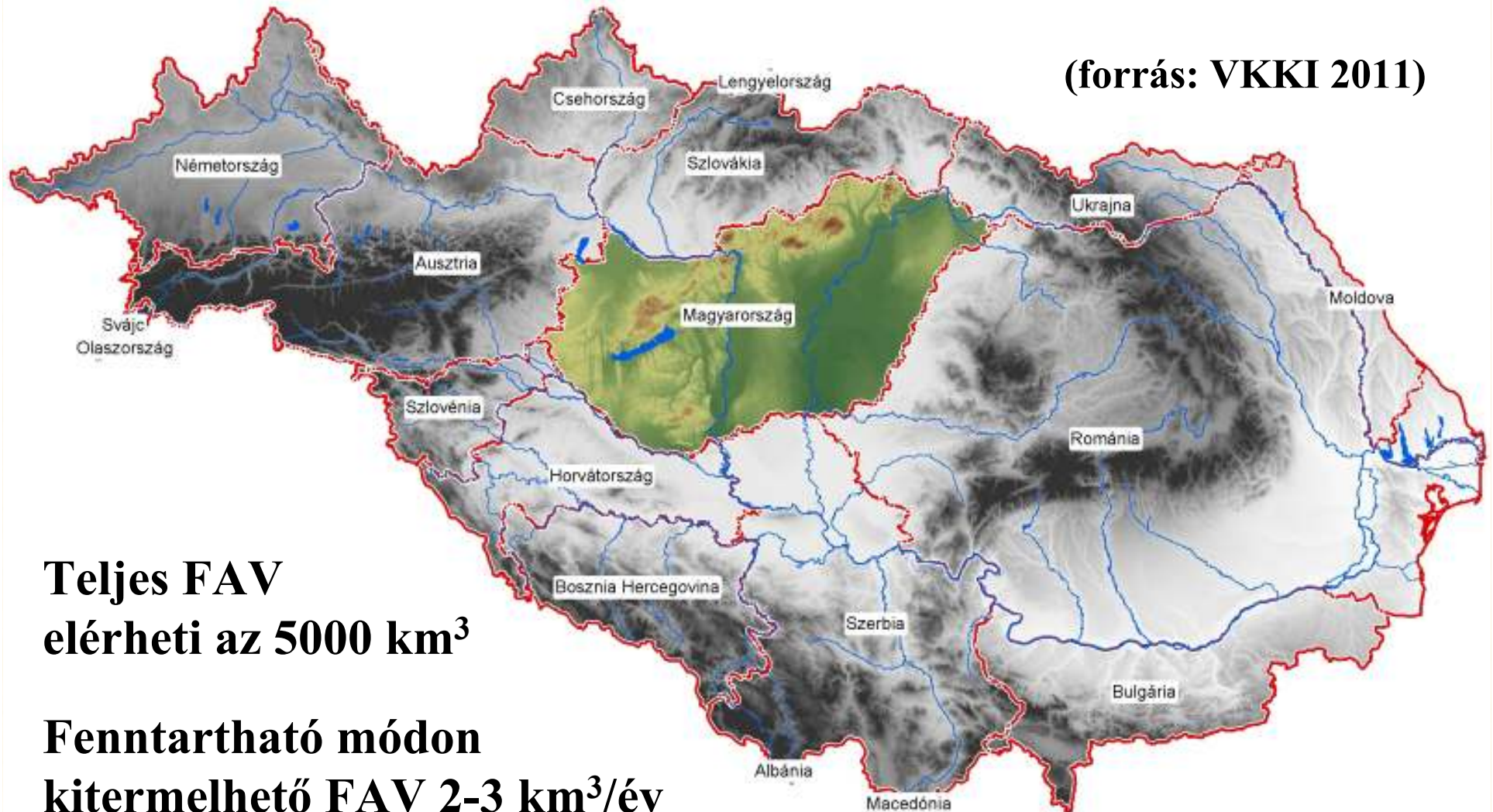


Felszíni vizeink 96 %-a külföldről érkezik hazánk földjére



# Speciális hidrogeológiai viszonyok a Duna vízgyűjtő területén belül a Kárpát-medencében

(forrás: VKKI 2011)



**Teljes FAV  
elérheti az 5000 km<sup>3</sup>**

**Fenntartható módon  
kitermelhető FAV 2-3 km<sup>3</sup>/év**

**Közműves ivóvízellátás 96 %-a FAV-ból, kb. 600 millió m<sup>3</sup>/év**

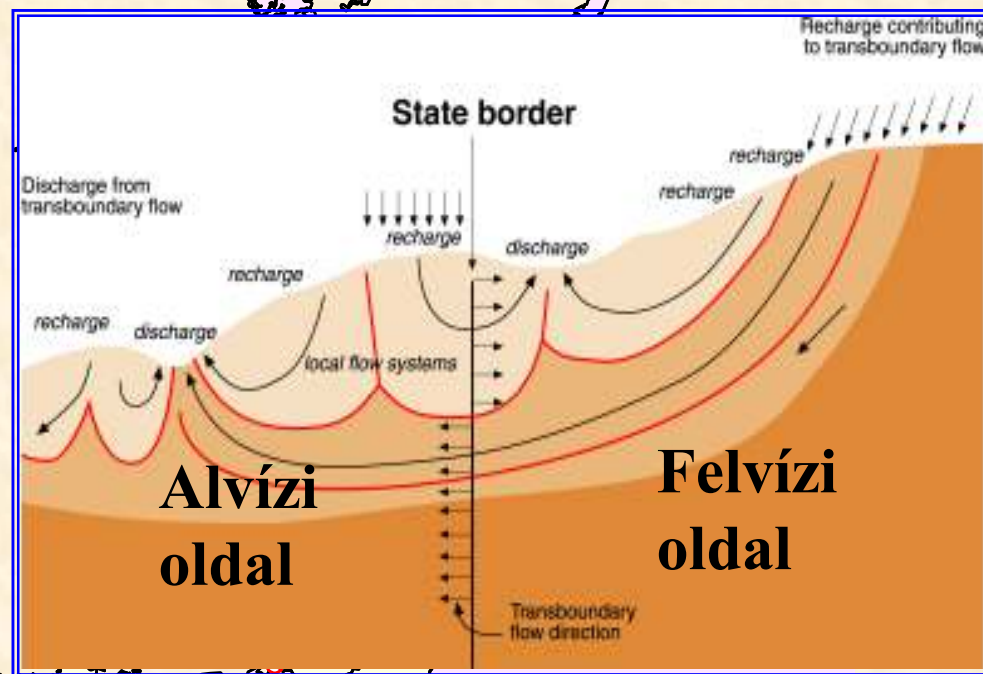
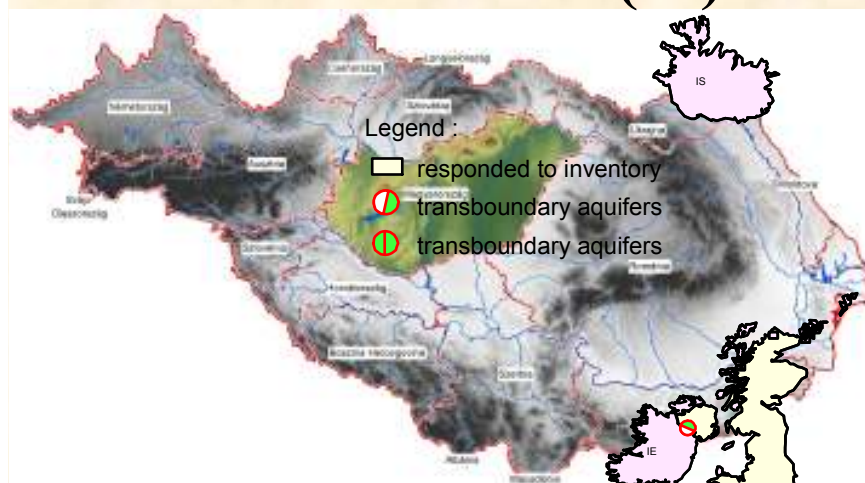


# Speciális hidrogeológiai viszonyok

Forrás: UNECE

Felszín alatti víztestek: 185

Határral osztott: 40 (96)



Magyarország



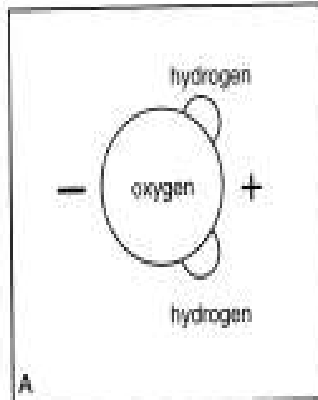
Közműves ivóvízellátás 96 %-a FAV-ból, kb. 700 millió m<sup>3</sup>/év

Fajlagosan a legtöbb határral osztott felszín alatti vízbázis Európán belül



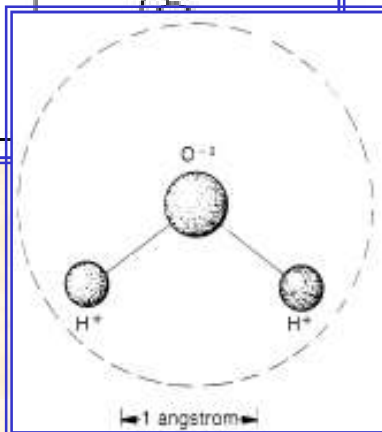
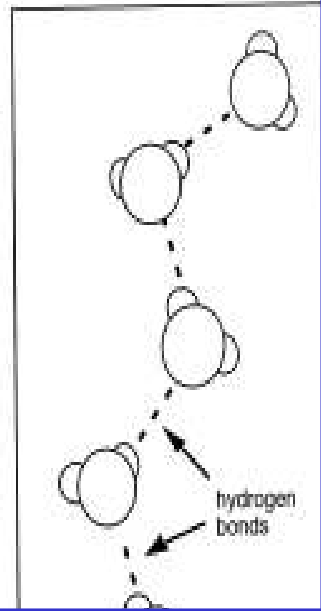
# A víz speciális tulajdonságai

WATER MOLECULE



A. Single water molecule with covalent bonds.

B. Chain of water molecules with hydrogen bonds.



Facts about water.

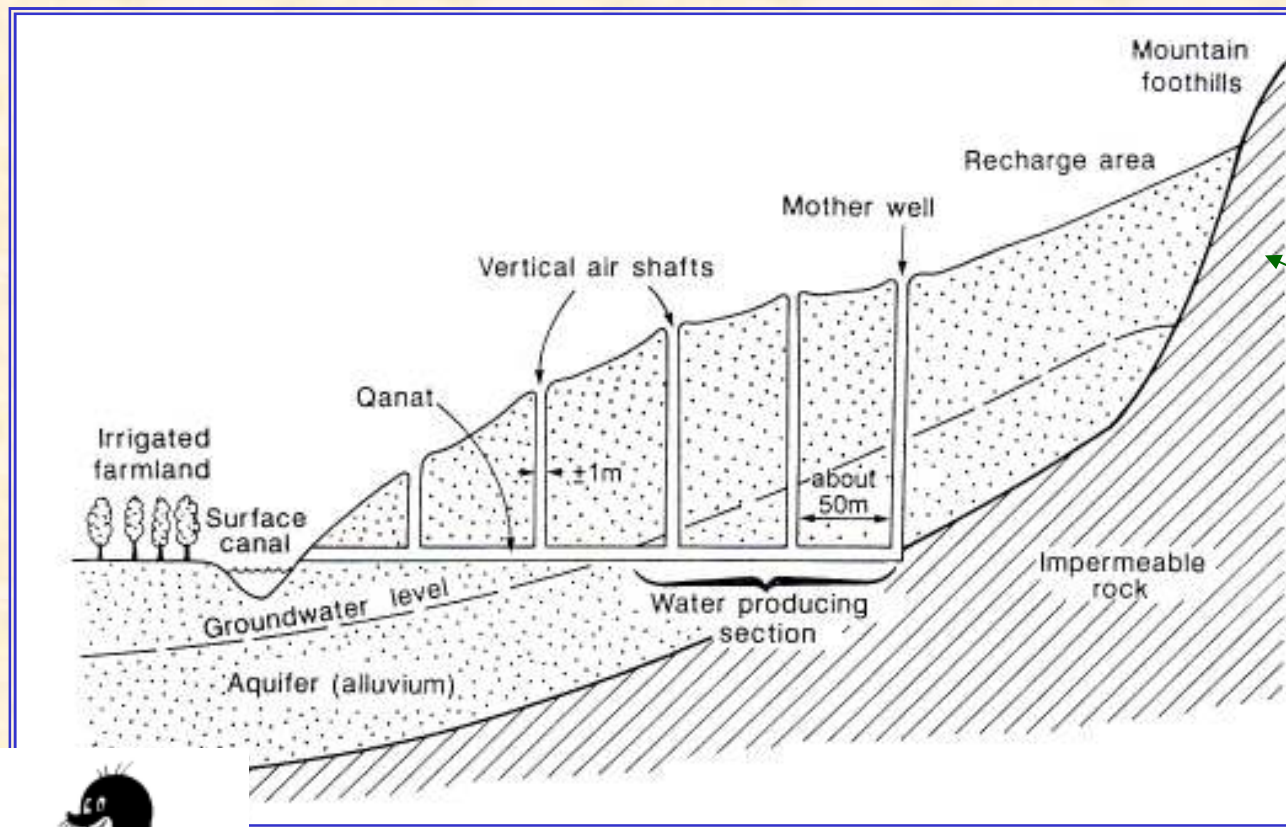
|                                     | *Typical Values                              |  |
|-------------------------------------|--|--|
|                                     | English                                      | Metric   |
| Freezing point:                     | 32°F   | 0°C  |
| Boiling point:                      | 212°F  | 100°C  |
| Surface tension at 20°C:            | 0.00497 lb/ft                                | 0.0728 N/m<br>72.8 dynes/cm  |
| Heat of vaporization:               |  | absorbs 540 cal/g  |
| Heat of condensation:               |  | releases 540 cal/g   |
| Heat of fusion (melts ice):         |  | absorbs 80 cal/g   |
| Elastic modulus at 20°C:            | $3.19 \times 10^5$ lb/in <sup>2</sup>        | $2.20 \times 10^9$ N/m <sup>2</sup>  |
| Compressibility factor of water     |  | 0.000003   |
| Compressibility of water            | $3.3 \times 10^{-6}$ in <sup>2</sup> /lb     | $4.6 \times 10^{-10}$ m <sup>2</sup> /N<br>$4.8 \times 10^{-11}$ cm <sup>2</sup> /dyne |
| Specific heat:                      |  | 1.0 cal/g-°C   |
| Density at 3.98°C (fresh):          | 1.94 slug/ft <sup>3</sup>                    | 1.000 g/cm <sup>3</sup><br>1000 kg/m <sup>3</sup>                                      |
| Density at 3.98°C (ocean):          | 1.99 slug/ft <sup>3</sup>                    | 1.025 g/cm <sup>3</sup>  |
| Specific gravity at 3.98°C (fresh): |  | 1.000  |
| Specific gravity at 3.98°C (ocean): |  | 1.025  |
| Specific weight of water            | 62.4 lb/ft <sup>3</sup>                      | 9800 N/m <sup>3</sup>  |
| Dynamic viscosity                   | $2.04 \times 10^{-5}$ lb-sec/ft <sup>2</sup> | $1.02 \times 10^{-3}$ N • s/m <sup>2</sup>   |
| Kinematic viscosity                 | $1.059 \times 10^{-5}$ ft <sup>2</sup> /sec  | $0.0984 \times 10^{-7}$ m <sup>2</sup> /sec  |

\*Typical values are generally obtained at 4°C, 20°C or 25°C.



# A hidrogeológia története

- A felszín alatti vizek áramlásának fizikája
- Kúthidraulikai vizsgálatok
- Regionális áramlási rendszerek vizsgálata (Tóth J. 1963)
- Kémiai hidrogeológiai (transzport folyamatok)



- Qanats,
- Kína -
- bambusznád kutak,
- 1126 A.D.
- Province of Artois

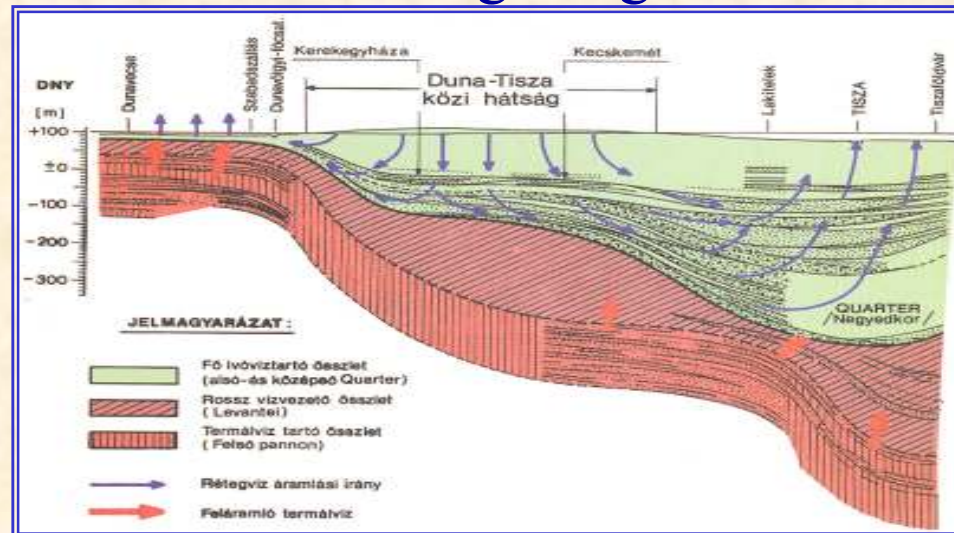
artézi víz





# A hidrogeológia története

- 1856 – a Darcy egyenlet születése,
- 1857 – Dupuit leírja a kapilláris csövek áramlási viszonyait,
- 1877 – Lucas definiálja a hidrogeológiát,
- 1923 – Terzaghi megadja az 1D-tranziens áramlás egyenletét,
- 1928 – Meinzer megadja a nyomás alatti rendszerek leírását,
- 1935 – Theis egyenletek megadása,
- 1940 – Jacob továbbfejleszti a Theis egyenleteket,
- 1940 – Hubbert „The theory of groundwater motion”,
- 1963 – Tóth J. megadja regionális áramlási rendszerek leírását,
- 1968 – Pinder és Bredehoeft hidrogeológiai modellezése.



# A hidrogeológia története, hazai vonatkozások

- XIX. század – Bányamérnökök, a mélyfúrás elterjedése,
- XIX. század – Barnakőszén bányászat, vízvédelem,
- XIX. század – Zsigmondy Vilmos és Béla,
- 1911 – Lóczy Lajos szerint 3000 fúrt kút az Alföldön,
- 1945 – Nagy lendülettel megindul a vízellátási program,
- 1954 – A Tiszalöki vízlépcső (öntözés, hajózás, vízenergia)



# A felszín alatti vizek eredete

- **Kondenzáció**
- A hőmérséklet csökkenésével a vízgőz nagy része kondenzálódott
- $T_{\text{kritikus}} = 375 \text{ Celsius}$
  
- **M. de Turville szoláris szél elmélete**
- A naptól érkező hidrogén a földi légkör oxigénjével vízzé egyesülhet
- Naponta így  $2 \cdot 10^3 \text{ kg}$  víz keletkezik

→ A vadózus vizek döntő része kondenzációval keletkezett



# A felszín alatti vizek osztályozása

1. A vizet tartó rétegek anyaga szerint
2. A rétegben elhelyezkedő vízre ható főerők szerint
3. A rétegben helyet foglaló víz nyugalmi nyomása szerint
4. Hidraulikai szempont szerint
5. Hőmérséklet alapján
6. Kémiai összetétel szerint
7. Gyakorlati osztályozás

1. Porózus és repedezett kőzetek. Kettős porozitású rendszerek.

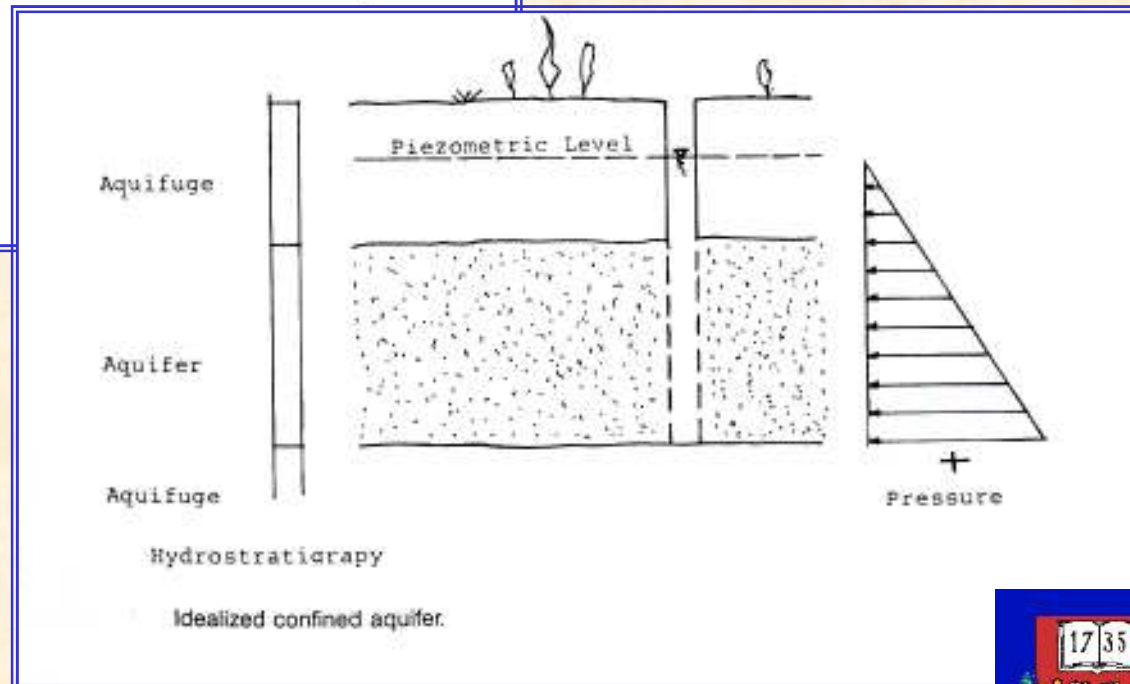
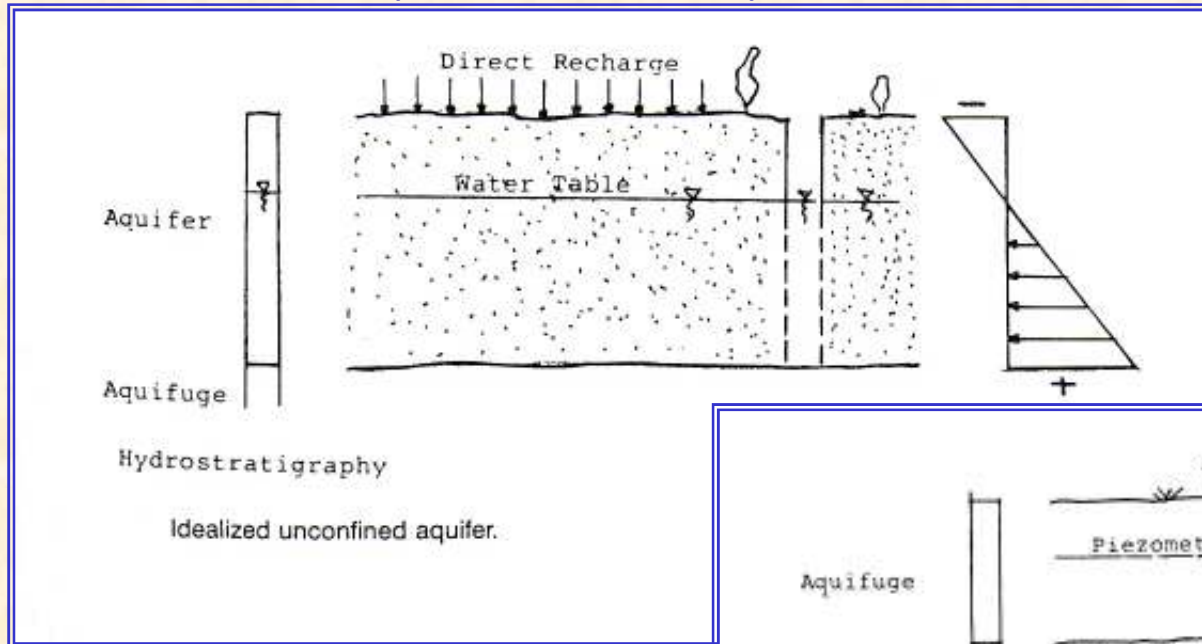
2. Aktív erők: a nehézségi erő, a kapilláris erő, ozmotikus erő

Passzív erők: molekuláris erők, súrlódás, tehetetlenség,  
kapilláris erő



# A felszín alatti vizek osztályozása

## 3. Szabad „nyílt tükrű” és nyomás alatti „zárt tükrű” rendszerek.

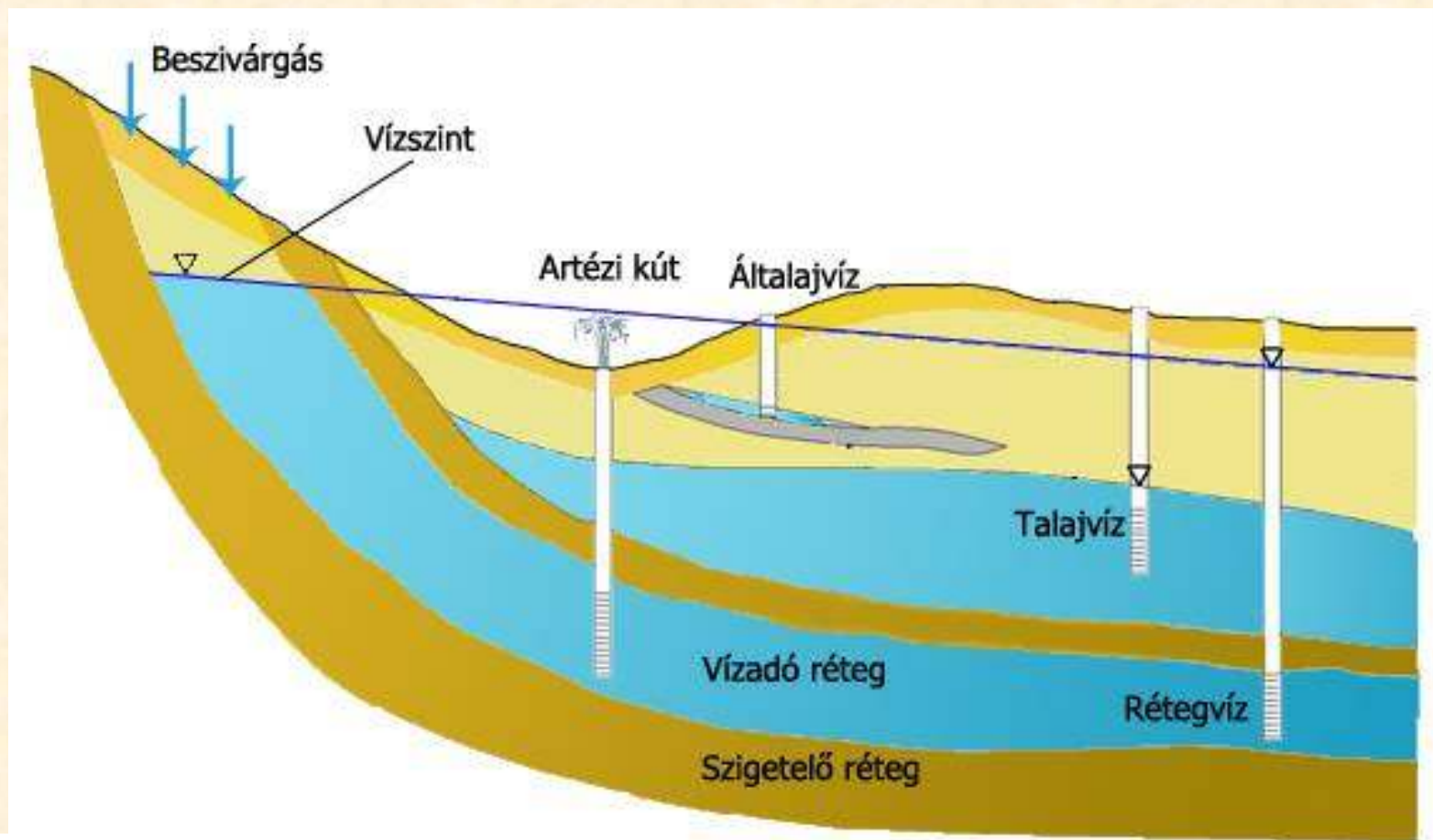


## 4. Stagnáló és áramló vizek (I, hidraulikai gradiens)



# A felszín alatti vizek osztályozása

Szabad „nyílt tükrű” és nyomás alatti „zárt tükrű” rendszerek.



# A felszín alatti vizek osztályozása

## 5. Sokféle T osztályozás.

Bélteky – Papp – Scmidt beosztása

18 C – hideg víz

18 C – 25 C langyos víz

25 C - 37 C meleg víz

37 C – hévíz

37 C – 60 C kevésbé forró víz

60 C – 90 C forró víz

90 C igen forró víz



## 6. Egyszerű víz, ásványvíz, gyógyvíz

- Savanyú víz
- Kalcium-magnézium hidrogénkarbonátos víz
- Kloridos víz
- Szulfátos (keserű) víz
- Vasa víz
- Kénes víz
- Jódos, brómos víz



# A felszín alatti vizek osztályozása

## 6. Egyszerű víz, ásványvíz, gyógyvíz

- több mint 1000 mg/l oldott szilárd alkotórész
- Egyes ritka biológiailag aktív nyomelemekből 1-20 mg/l
- Kevesebb mint 1000 mg/l oldott szilárd alkotórész, de az oldott gáztartalom jelentős (>500 mg/l)

Ásványvíz:

Gyógyvíz:  
amelyet a hatóság  
azzá nyilvánít,  
olyan ásványvíz, amely  
gyógyhatással bír,

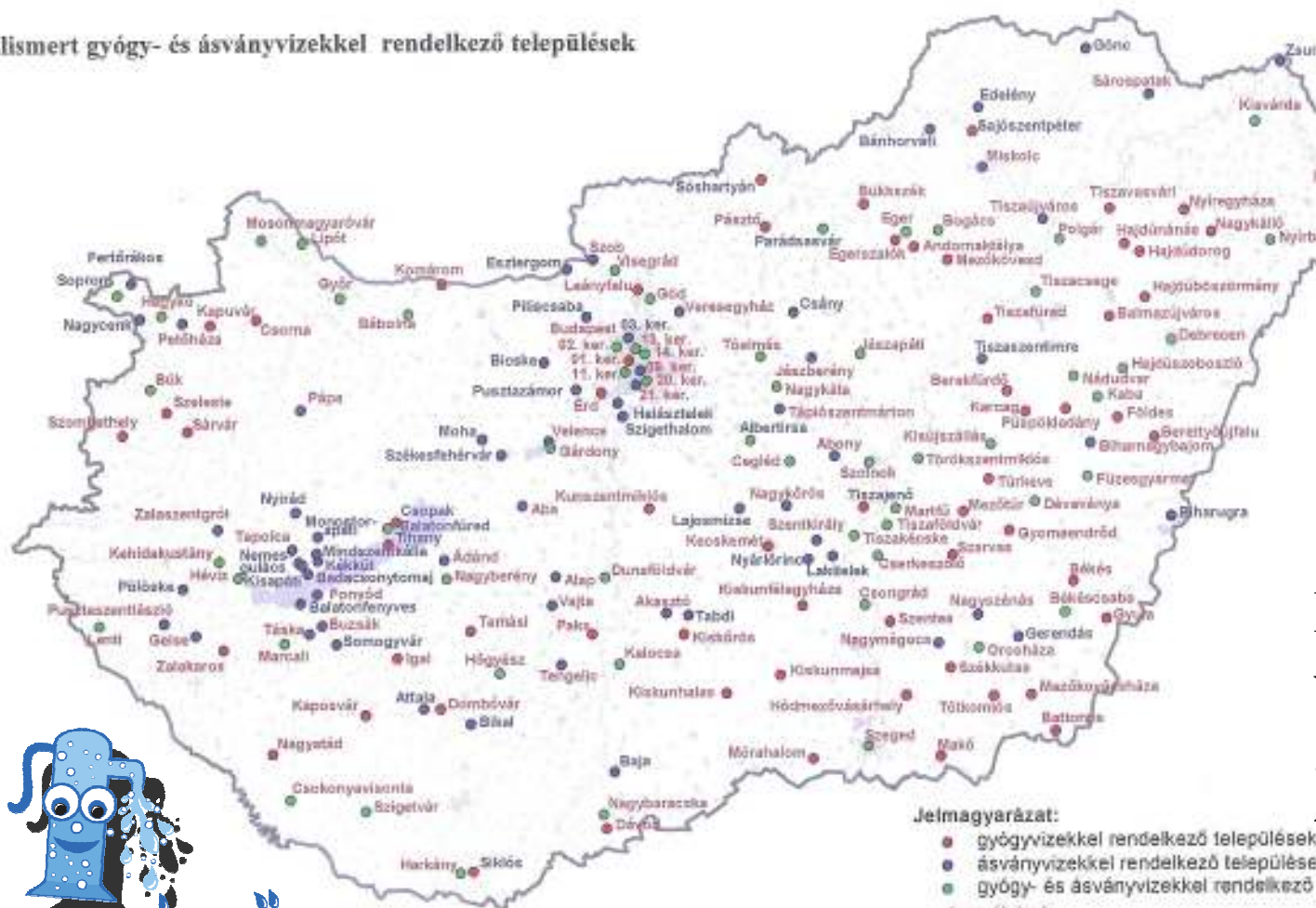




# Ásvány- és gyógyvíz, valamint hévízkészleteink hasznosítása

OGYFI – 195 elismert ásványvíz, 220 elismert gyógyvíz,  
70 gyógyfürdő, 13 gyógyhely, 1 mofetta

Elismert gyógy- és ásványvizekkel rendelkező települések



- Jelmagyarázat:
- gyógyvizekkel rendelkező települések
  - ásványvizekkel rendelkező települések
  - gyógy- és ásványvizekkel rendelkező települések
  - termálvizek
  - nem termálvizek



Egyedülálló  
változatosság  
a vízminőség  
tekintetében



## Ásványvíz szabályozás jelenleg – EU (mediterrán országok + Francia.)

A magyar ásványvíz szabályozás összhangban az EU szabályozásával.

Csak az a víz nevezhető természetes ásványvíznek, amely

-szennyeződéstől védett vízadó rétegből származik,

-egészségre kedvező hatással rendelkezik,

-összetétele a természetes ingadozás határain belül állandó,

-összetevői megfelelnek a megadott határértékeknek,

-mikrobiológiailag tiszta,

-a víznyerő helyen palackozzák,

-kezelésben nem részesül, kivéve a levegőztetést,

-nem tartalmaz a széndioxidon kívül idegen anyagot,

-hivatalos elismerésben részesül.



# Az ásványvizekre vonatkozó jelenleg érvényes rendeletekben megfogalmazott feltételek az ásványianyag-tartalom (szárazanyag-tartalom) alapján

| 65/2004                              |                         | 74/1999   |  |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------|--|
| elnevezés                            | kritérium               | elnevezés | kritérium  |
| Nagyon csekély ásványianyag-tartalmú | kevesebb, mint 50 mg/l  |           |  |
| Csekély ásványianyag-tartalmú        | kevesebb, mint 500 mg/l |           |  |
|                                      |                         | Ásványvíz | 500-1000 mg/l oldott anyag és feltételek egyes komponensekre |
| Ásványi anyagban gazdag              | több, mint 1500 mg/l    | Ásványvíz | több, mint 1000 mg/l oldott anyag                            |



Országos Gyógyhelyi és Gyógyfürdői Főigazgatóság – hatóság  
Természetes ásványvízként való elismerés



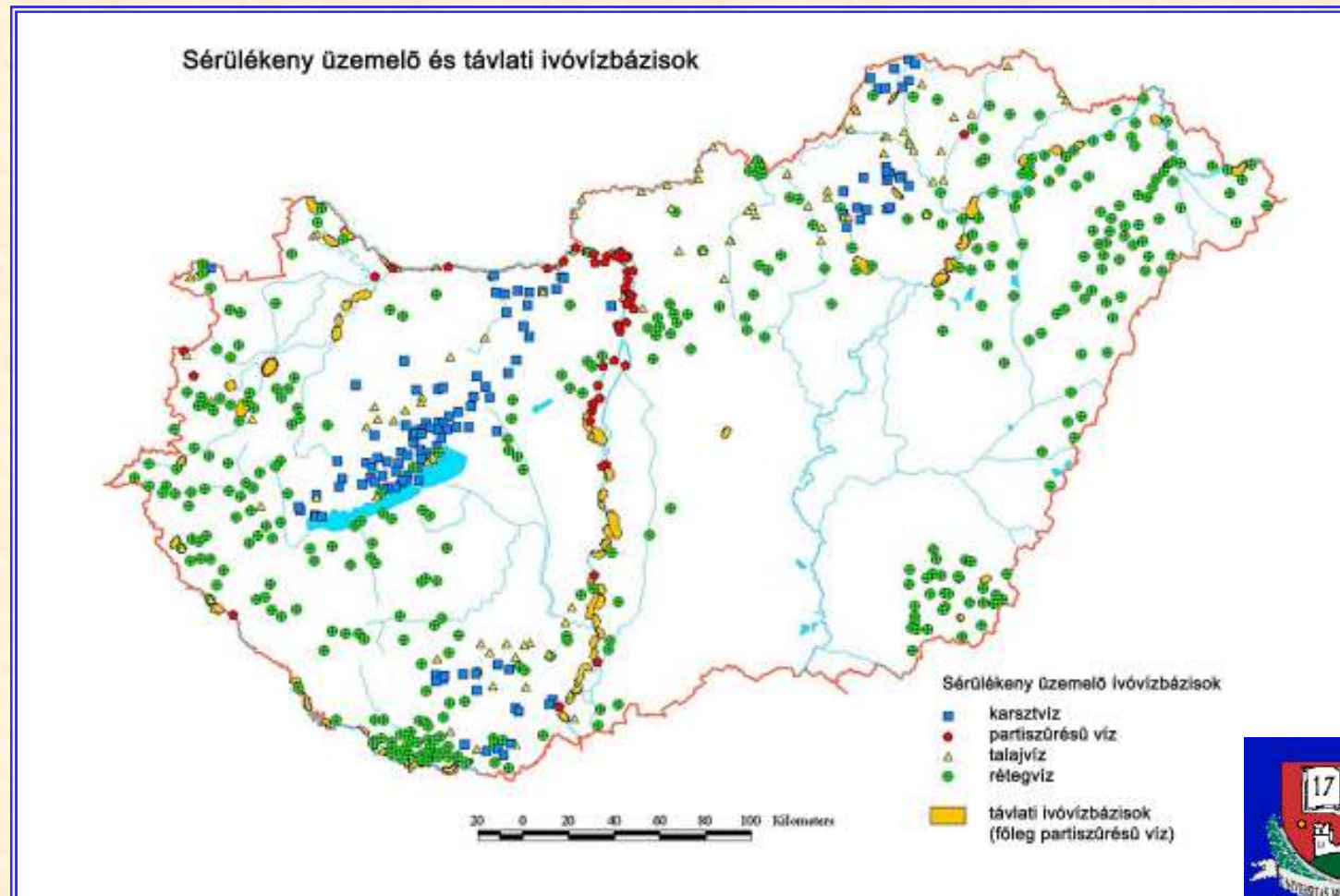
# A felszín alatti vizek osztályozása

## 7. Partiszűrészű víz (kapcsolat vízfolyással)

Talajvíz (meteorológiai viszonyok számottevő hatása)

Rétegvíz

Karsztvíz



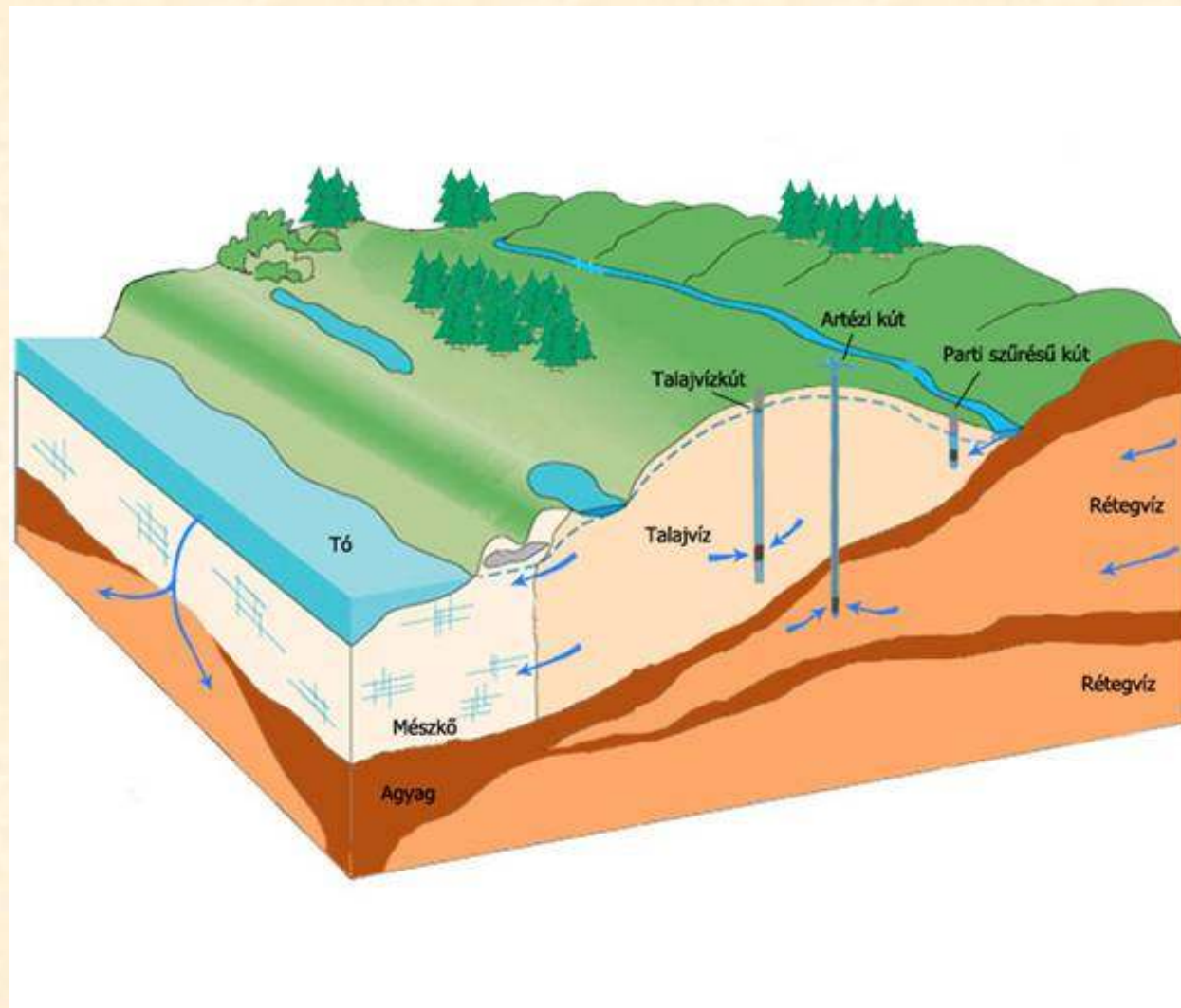
# A felszín alatti vizek osztályozása

## 7. Partiszűrészű víz (kapcsolat vízfolyással)

Talajvíz (meteorológiai viszonyok számottevő hatása)

Rétegvíz

Karsztvíz



# A kőzetek átteresztőképessége (K) és szivárgási tényezője (k)

Áteresztőképesség = permeabilitás

a kőzet tulajdonságaitól függ

K [m<sup>2</sup>], 1 Darcy = 10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>

$$k = \frac{K}{\mu} \rho_v g$$

$\rho_v$  = a víz sűrűsége

g = gravitációs gyorsulás

$\mu$  = víz dinamikai viszkozitása

**Szivárgási tényező =**

a kőzet és a fluidum tulajdonságaitól függ  
k [m/s] vagy [m/nap]

| Geological material                                    | Hydraulic conductivity, (m s <sup>-1</sup> ) | Porosity, n |
|--|--|-------------|
| Fluvial deposits (alluvium)                            | 10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-2</sup>           | 0.05-0.35   |
| Glacial deposits                                       |  |             |
| Basal till   | 10 <sup>-11</sup> -10 <sup>-6</sup>          | 0.30-0.35   |
| Lacustrine silt and clay                               | 10 <sup>-13</sup> -10 <sup>-9</sup>          | 0.35-0.70   |
| Outwash sand and gravel                                | 10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-3</sup>           | 0.25-0.50   |
| Loess  | 10 <sup>-11</sup> -10 <sup>-5</sup>          | 0.35-0.50   |
| Sandstone  | 10 <sup>-10</sup> -10 <sup>-5</sup>          | 0.05-0.35   |
| Shales   |  |             |
| Unfractured  | 10 <sup>-13</sup> -10 <sup>-9</sup>          | 0-0.10      |
| Fractured  | 10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-5</sup>           | 0.05-0.50   |
| Mudstone   | 10 <sup>-12</sup> -10 <sup>-10</sup>         | 0.35-0.45   |
| Dolomite   | 10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-5</sup>           | 0.001-0.20  |
| Oolitic limestone                                      | 10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-6</sup>           | 0.01-0.25   |
| Chalk  |  |             |
| Primary  | 10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-5</sup>           | 0.15-0.45   |
| Secondary  | 10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-3</sup>           | 0.005-0.02  |
| Coral limestones                                       | 10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-1</sup>           | 0.30-0.50   |
| Karstified limestones                                  | 10 <sup>-6</sup> -10 <sup>0</sup>            | 0.05-0.50   |
| Marble, fractured                                      | 10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-5</sup>           | 0.001-0.02  |
| Volcanic tuff  | 10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-5</sup>           | 0.15-0.40   |
| Basaltic lava  | 10 <sup>-13</sup> -10 <sup>-2</sup>          | 0-0.25      |
| Igneous and metamorphic rocks: fractured and fractured | 10 <sup>-13</sup> -10 <sup>-5</sup>          | 0-0.10      |



# A kőzetek áteresztőképessége (K) és szivárgási tényezője (k)

Áteresztőképesség = permeabilitás

a kőzet tulajdonságaitól függ

K [m<sup>2</sup>], 1 Darcy = 10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>

$$k = \frac{K}{\mu} \rho_v g$$

$\rho_v$  = a víz sűrűsége

g = gravitációs gyorsulás

$\mu$  = víz dinamikai viszkozitása

**Szivárgási tényező =**

a kőzet és a fluidum tulajdonságaitól függ  
k [m/s] vagy [m/nap]

|                    | k [m/s]  |          | k [m/d]  |          | Átlag [m/d] |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|
|                    | max      | min      | max      | min      |             |
| kavics             | 0,03     | 0,0003   | 2592     | 25,92    | 1308,96     |
| közepes kavics     | 0,05     | 0,01     | 4320     | 864      | 2592        |
| finom kavics       | 0,01     | 0,0001   | 864      | 8,64     | 436         |
| folyami kavics     | 0,01     | 2E-05    | 864      | 1,73     | 433         |
| finom homok        | 0,001    | 0,0001   | 86,4     | 8,64     | 47,5        |
| közepes homok      | 0,0004   | 0,0001   | 34,56    | 8,64     | 21,6        |
| durva homok        | 0,00661  | 9E-07    | 571,104  | 0,07776  | 285,5909    |
| homok              | 0,003171 | 3,17E-06 | 273,9726 | 0,273973 | 137,1233    |
| homokliszt         | 1,16E-09 | 1,16E-11 | 0,0001   | 0,000001 | 5,05E-05    |
| iszap              | 1,16E-11 | 1,16E-13 | 0,000001 | 1E-08    | 5,05E-07    |
| agyag              | 1,16E-13 | 1,16E-16 | 1E-08    | 1E-11    | 5,01E-09    |
| sovány agyag       | 1,16E-11 | 1,16E-13 | 0,000001 | 1E-08    | 5,05E-07    |
| közepes agyag      | 1,16E-14 | 1,16E-16 | 1E-09    | 1E-11    | 5,05E-10    |
| kövér agyag        | 1,16E-16 | 1,16E-17 | 1E-10    | 1E-11    | 5,5E-11     |
| mészkö, dolomit    | 0,000116 | 1,16E-07 | 10       | 0,01     | 5,005       |
| Tömött andezit     | 1,16E-08 | 1,16E-08 | 0,001    | 0,001    | 0,001       |
| Repedezett andezit | 1,16E-07 | 1,16E-07 | 0,01     | 0,01     | 0,01        |

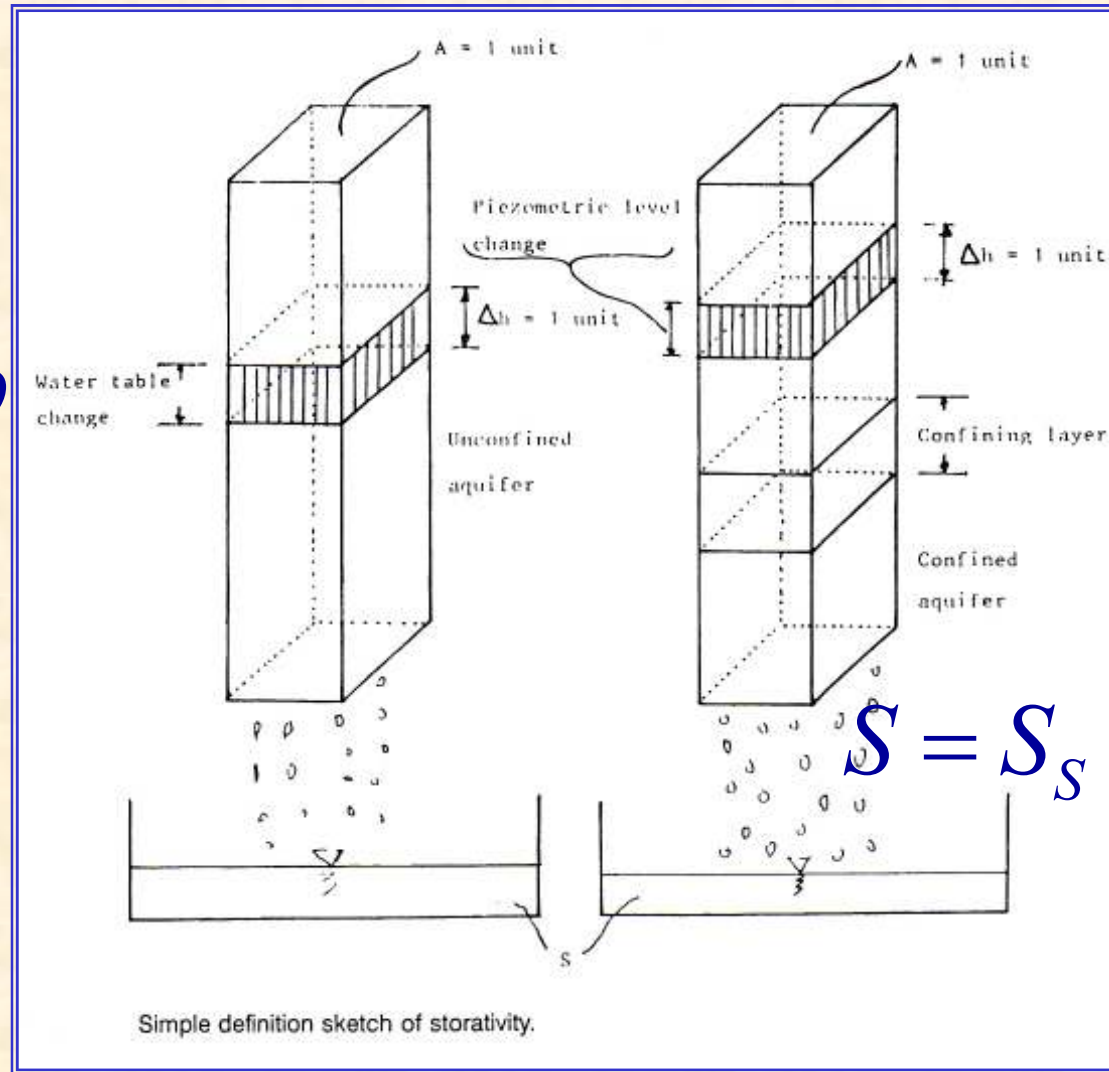


# A kőzetek tárolási tényezője (S [-])

$$S = \frac{\Delta V}{A\Delta H}$$

$$S = S_s b$$

fajlagos  
tárolási  
tényező



fajlagos  
hozam

$$S = S_s + S_y \approx S_y$$





# A közetek tárolási tényezője (S)

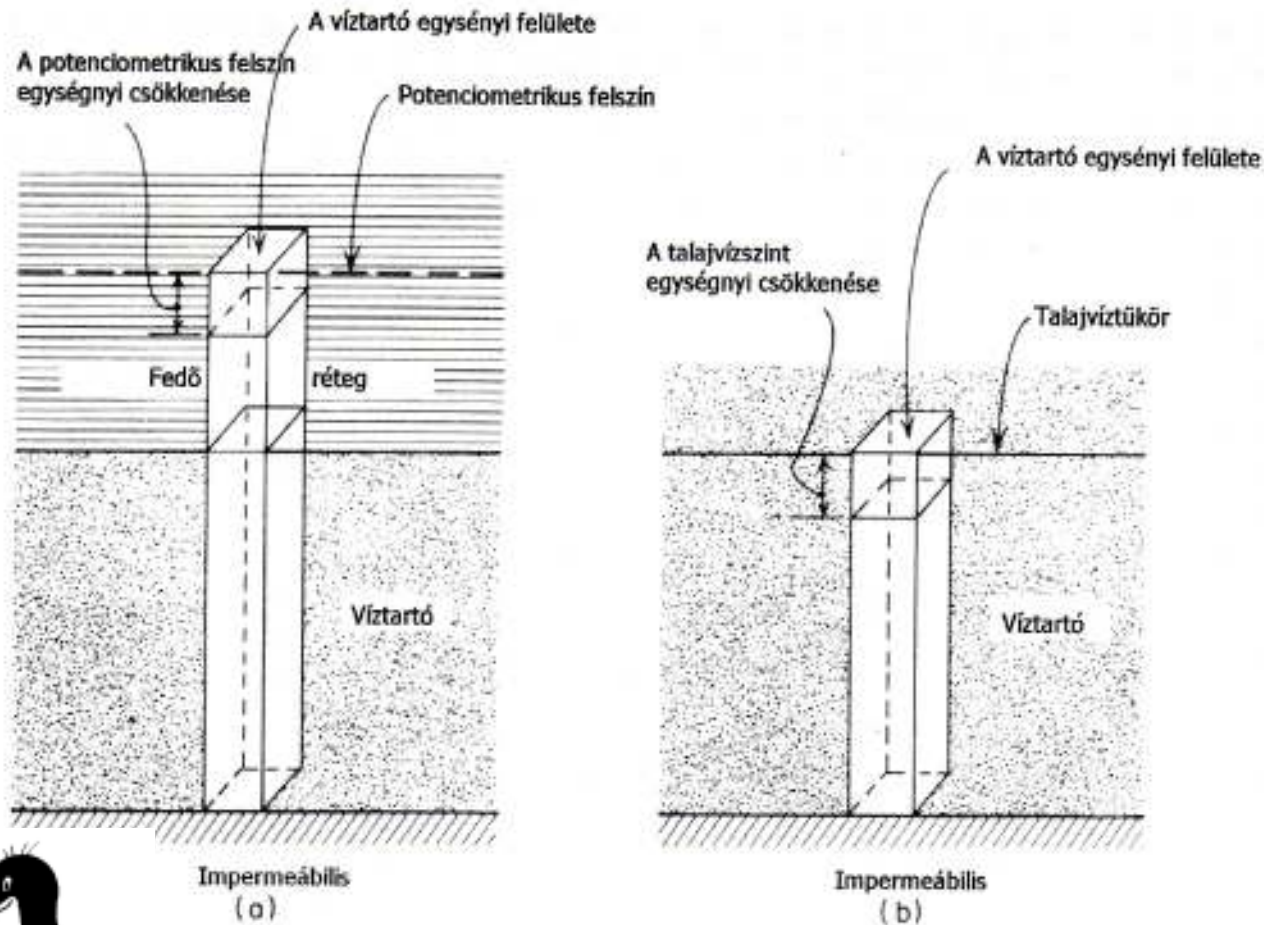
$$S = 5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-3}$$

$$S = b\rho_v g(\alpha + n\beta)$$

Kőzet  
kompresszió,  
és a víz  
tágulása

$$S_y = n_e$$

$$n = S_y + S_r$$



# A kőzetek tárolási tényezője (S)

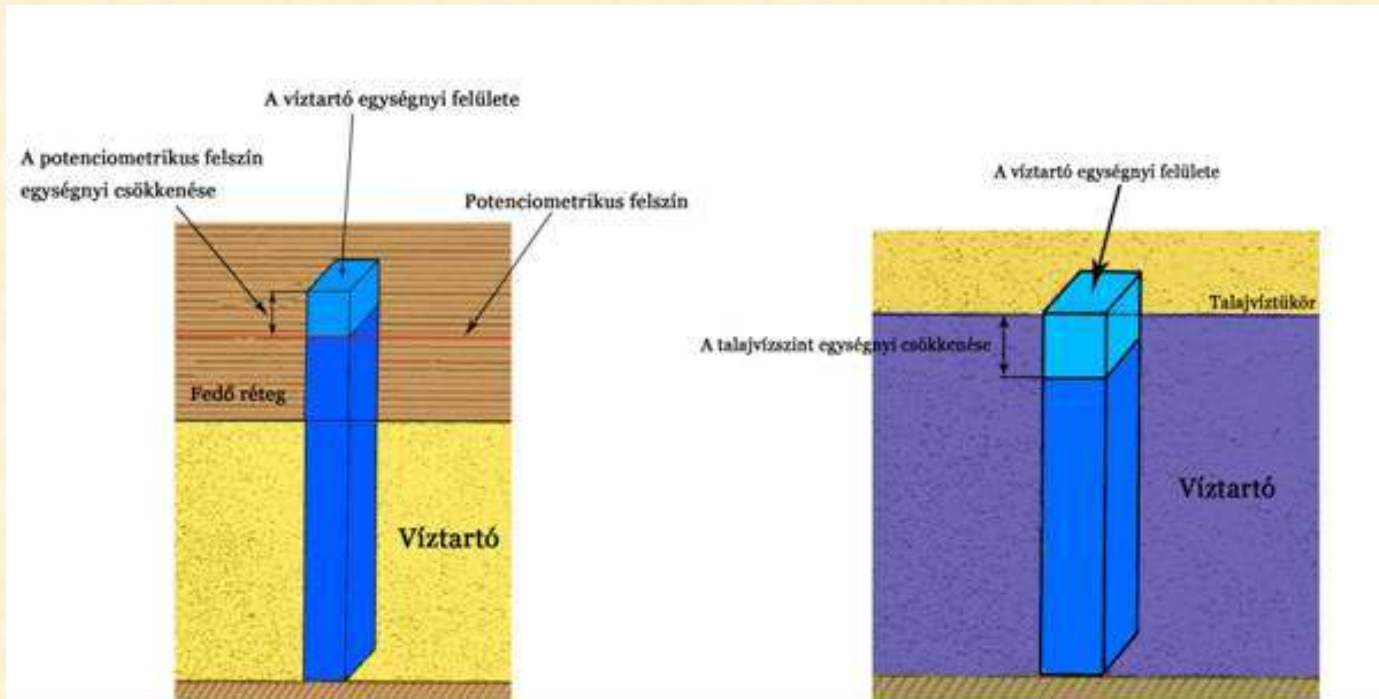
$$S = 5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-3}$$

$$S = b\rho_v g(\alpha + n\beta)$$

Kőzet  
kompresszió,  
és a víz  
tágulása

$$S_y = n_e$$

$$n = S_y + S_r$$



# A kőzetek piezo-vezetőképessége (a vagy D [m<sup>2</sup>/s])

T = k b [m<sup>2</sup>/s], a vizsgált réteg transzmisszivitása

$$a = D = \frac{T}{S}$$

D = „Hydraulic diffusivity”



**Three-dimensional time-variant groundwater flow (x, y, z, t)**

(a) Darcy's Law in direction of principal axes (x, y, z)

$$v_x = -K_x \frac{\partial h}{\partial x} \quad v_y = -K_y \frac{\partial h}{\partial y} \quad v_z = -K_z \frac{\partial h}{\partial z} \quad (A)$$

(b) Continuity: considering a three-dimensional element

flow entering in the x direction in time  $\delta t = v_x dy dz \delta t$   
 flow leaving in the x direction in time  $\delta t = (v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} dx) dy dz \delta t$   
 net flow entering in time  $\delta t$  in the x direction =  $-(\partial v_x / \partial x) dx dy dz \delta t$   
 net flow entering in time  $\delta t$  in the y direction =  $-(\partial v_y / \partial y) dx dy dz \delta t$   
 net flow entering in time  $\delta t$  in the z direction =  $-(\partial v_z / \partial z) dx dy dz \delta t$   
 net flow entering in time  $\delta t$  due to increase in head  $\delta h = -\delta h S_s dx dy dz$   
 These flows must sum to zero; in the limit  $\delta h / \delta t$  tends to  $\partial h / \partial t$ ,

$$-\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} - \frac{\partial v_z}{\partial z} = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (B)$$

(c) Combining equations (A) and (B)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

This is the governing equation for three-dimensional groundwater flow.

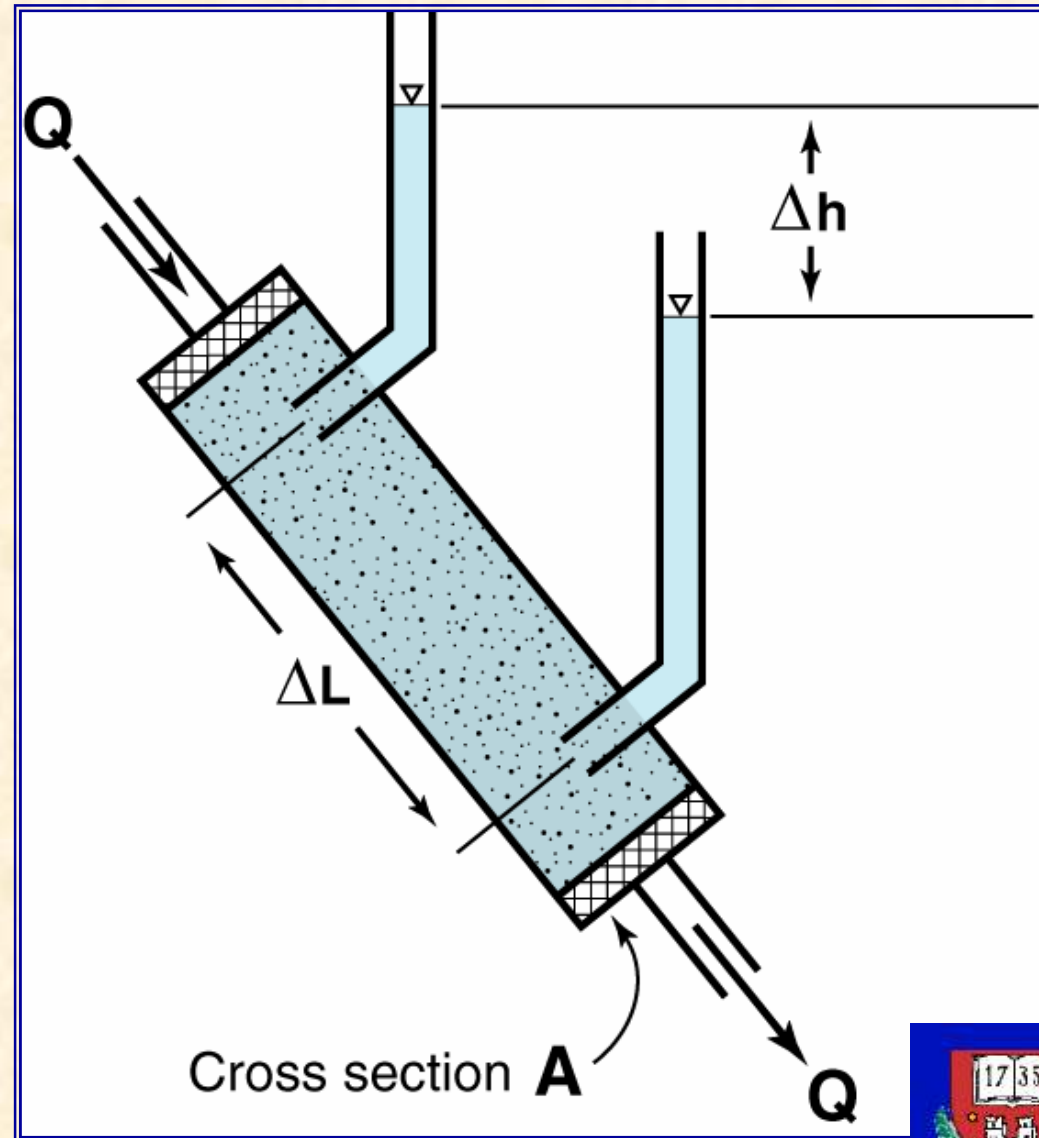


## A Darcy egyenlet (1856)

$$Q = kA \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

$$q = \frac{Q}{A} = -k \frac{dh}{dL}$$

A Darcy egyenlet:  
 $v = kI$

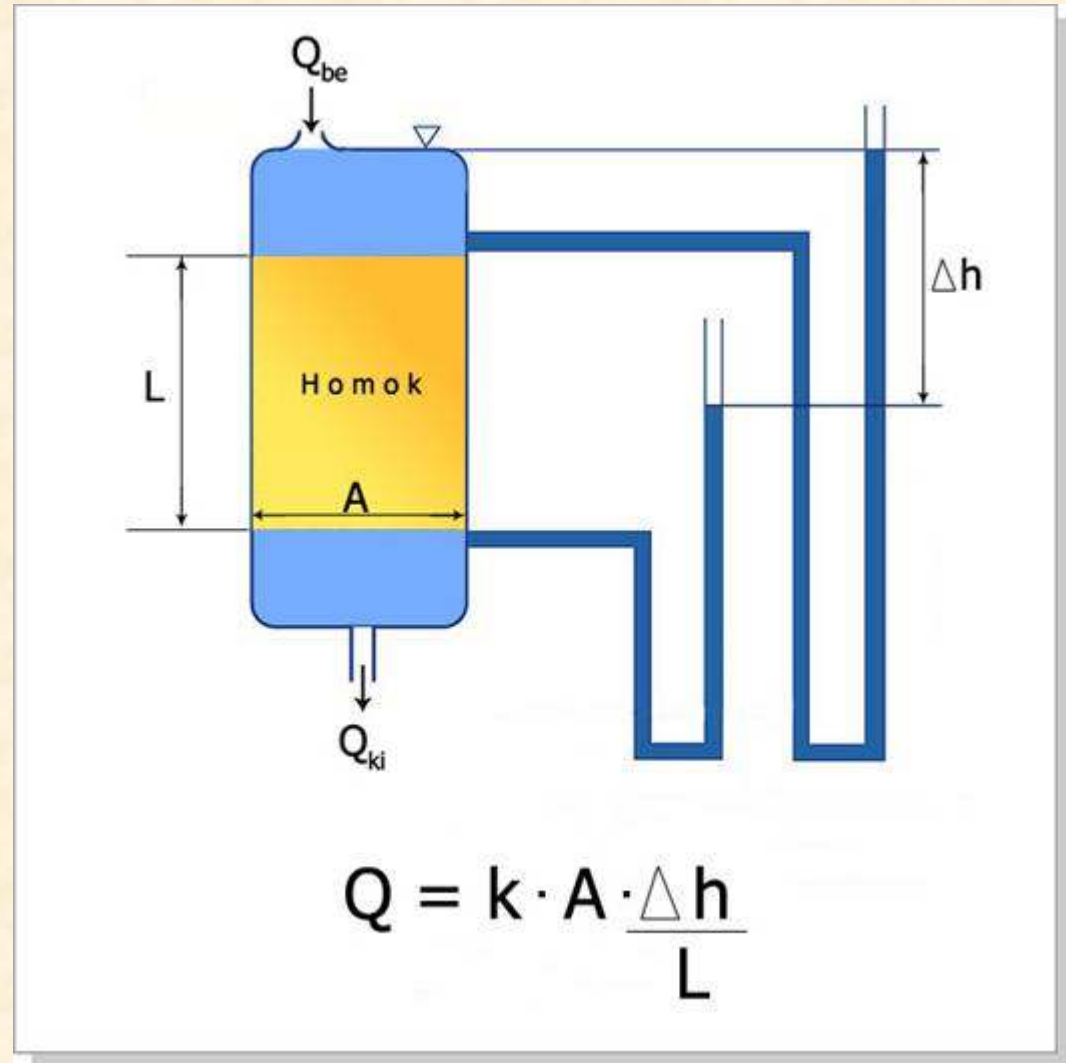


## A Darcy egyenlet (1856)

$$Q = kA \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

$$q = \frac{Q}{A} = -k \frac{dh}{dL}$$

**A Darcy egyenlet:**  
 **$v = kI$**

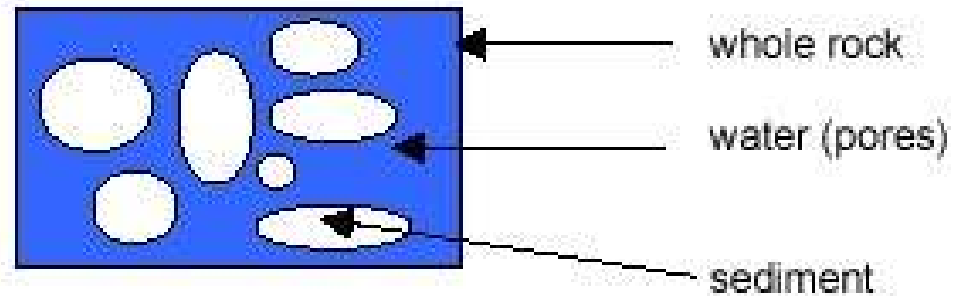


# A Darcy egyenlet (1856)

## DEFINITION OF POROSITY AND $k$

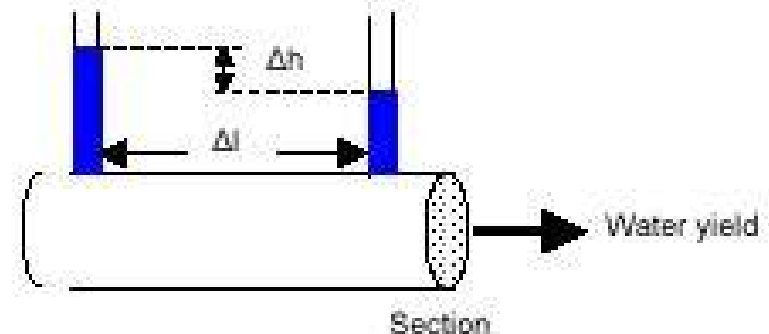
### POROSITY:

$$\text{Porosity} = \frac{\text{volume of pores}}{\text{volume of rock}}$$

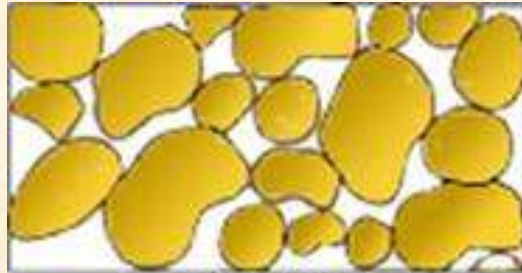


$$k = \frac{\text{water yield}}{\text{sample section}} / \text{hydraulic gradient}$$

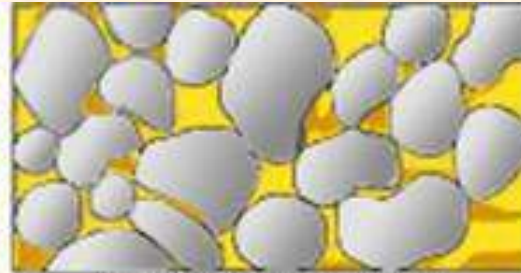
with hydraulic gradient =  $\Delta h / \Delta l$



# A Darcy egyenlet (1856)



**Kavics**  
Jól osztályozott, nagy porozitás



**Kavics-homok-agyag**  
Gyengén osztályozott,  
kis porozitás



**Cementált homokkő**  
kis porozitás



**Agyag**  
nagy porozitás



**Mészkö**  
kis porozitás



**Agyagpala**  
kis porozitás

