

# **Hidrogeológiai Segédlet**

*Szlabóczky Pál aranydiplomás geomérnök*

*1993-2011 közötti munkáiból összeállította*

*Spisákné Ortó Zsuzsanna*

**Házilagos kiadás**

**2022. Miskolc**



# **Hidrogeológiai Segédlet**

*Szlabóczky Pál aranydiplomás geomérnök*

*1993-2011 közötti munkáiból összeállította*

*Spisákné Ortó Zsuzsanna*

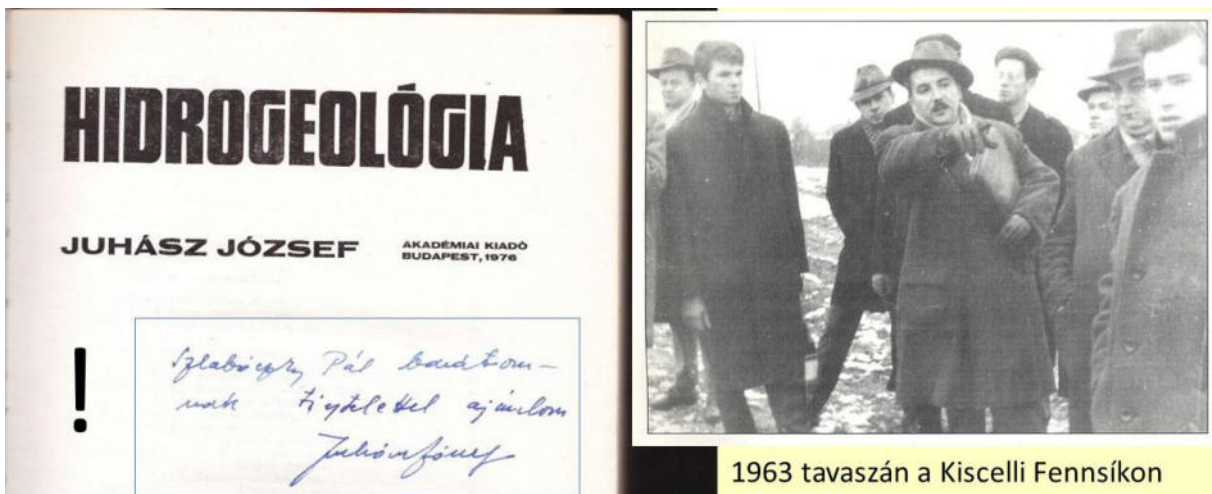
**Házilagos kiadás**

*Címkép: Bojti Ildikó*

**2022. Miskolc**

## Szerzői előszó

Szerző 1953/54-ben részt vett Miskolcon a Nehézipari Műszaki Egyetem, a Magyar Hidrológiai Társaság, és az Építési és Közlekedési Műszaki Egyetem közös szervezésű hidrogeológus technikus tanfolyamán. Diák évei alatt a bükki erdészetnél, majd mérnök irodáknál, bányáknál, geológiai kutató vállalatoknál és a soproni-miskolci egyetemi átköltöztetésénél is dolgozott. 1964-ben a miskolci műegyetem bányageológusmérnöki szakán abszolvált, diplomája eredeti példányát nyugdíjazásakor kapta kézhez. 1968-ban kitűnő minősítéssel végezte a budapesti műegyetem első mérnöki geológia szakmérnöki évfolyamát, mérnöktovábbképző tanfolyamokat, miközben megszervezte az országosan első vízügyi igazgatósági majd mezőgazdasági beruházási mérnökgeológiai csoportokat, földtani kutató vállalatnál és tervező irodáknál a kútúrás, vízkutatási, bányászati és mélyépítési vízvédelmi iparágat, az 1970-80-as évektől a környezetvédelmi szakirányt. Mindezekben a legutóbbi időkig mentorálja aktív korú kollégáit. Sokszínű társadalmi munkát végzett a Hidrológiai Társaság keretében. Alkalmi előadásokat, gyakorlatokat tartott a budapesti és a miskolci műegyetemeken. Vízgazdálkodási előadásokkal szerepelt nemzetközi konferenciákon. Alapító tagja a Mérnöki Kamarának és a Fürdő Szövetségnek. Vízügyi tevékenységét OVH elnöki elismeréssel és MHT kitüntetésekkel jutalmazták. Nyomtatásban és kézíratos formában megjelent tanulmányai, pályázati munkái 200 körüli. Munkássága kiterjedt az egész országra, ezért vállalkozhatott ebben a Segédletben bemutatott átfogó hidrogeológiai művek elkészítésére. Szakmai profiljának kiteljesedésében, a mindennapi ipari igények mellett nagy szerepe volt az idősebb kollégáktól kapott támogatásnak, bátorításnak, sok kiváló munkatársának, de mindenekelőtt **Juhász József** professzor úrnak, akivel hat évtizeden keresztül volt tanítványi majd baráti kapcsolatban. Ez is inspirálta a Segédlet saját költségű kiadását, a követő szakmai generáció mindennapi, sokszor küzdelmes munkájához.



Szerző ezúton is köszöni fiatal munkatársainak, tucatnyi mérnök irodának, Feleségének a három kiadványhoz nyújtott egykori technikai segítséget, és **Spisákné Ortó Zsuzsanna**, a Green Side környezetmérnökének, az általa kezdeményezett átdolgozást, javításokat, nyomdai előkészítést.

Miskolc, 2022. január 24. (82.-ik születésnapomon.)

A segédletben szereplő munkák:

**Szerkesztési és számítási segédlet** (Karszt- és hasadék vizek, vízminőség)

**Szemelvények a szennyvizek hidrogeológiájából** (Ipari példák)

**Hidrogeológiai teleptan** (Szakirodalmi és gyakorlati példák)

Mottó: „A logikai ... bizonyításnak két feltétele van:  
igaz kiindulópontok és érvényes érvelések”

W. – M. Kneale

**SZERKESZTÉSI ÉS SZÁMÍTÁSI  
SEGÉDLET  
IVÓVÍZBÁZISOK  
HIDROGEOLOGIAI TERVEZÉSÉHEZ**

4. Karszt-, és hasadékvizek

5. Víztisztaság előrejelzések

Eredeti: Budapest, 1993. március

Ez a munka a Mérnök Kamara által kezdeményezett, az OVH által kiadandó „Vízbeszerzési terv tartalmi követelményei” című műszaki irányelv kidolgozásának záróértekezletén felmerült igények nyomán megfogalmazott elvek szerint készült tervezési segédlet, utolsó két fejezete.

A Segédlet célja a hazai vízbeszerzési műszaki tervezési gyakorlatban elterjedten használt és bevált szerkesztési - számítási módszerek, könnyen értelmezhető formában történő összefoglalása.

A Szerkesztési és Számítási Segédletet talajvízre *Rózsa Attila*, parti szűrésre *Dr. Völgyesi István*, rétegvízre *Nagy András* - Juhász Professzor úr egykori miskolci geológus mérnök hallgatói - dolgozták ki, ami sajnos kéziratban maradt.

A hidrogeológiai szakma speciális, vagy egyéb szakterületein az itt felsoroltakon kívül más szerkesztési – számítási módszerek is igényeltetnek...

## TARTALOMJEGYZÉK

Betűjelölések és mértékegységek .....	6
Fogalmak .....	8
4.1. Vízföldtani viszonyok .....	8
4.1.1. Jellemző tározó típusok .....	8
4.1.1.1. Geológiai felépítés alapján .....	8
4.1.1.2. Hidraulikai állapot alapján .....	8
4.1.1.3. Hidrológiai viszonyok alapján .....	8
4.1.2. Kőzetszerkezeti elemek jellemzése .....	10
4.1.2.1. Repedésrendszer .....	10
4.1.2.2. Törészónák .....	10
4.1.2.3. Üregek, hasadékok, barlangok .....	11
4.1.3. A hidrogeológiai vízgyűjtő meghatározása .....	12
4.1.3.1. Szerkesztések .....	14
4.1.3.2. Geomorfológiai osztályozás .....	15
4.2. Vízutánpótlódási viszonyok .....	17
4.2.1. Beszivárgási elemek .....	17
4.2.1.1. Geomorfológiai szempontok .....	17
4.2.1.2. Hidraulikai szempontok .....	17
4.2.1.3. Hidrometeorológiai szempontok .....	17
4.2.1.4. Beszivárgási intenzitás .....	19
4.2.2. Horizontális vízmozgás .....	20
4.2.2.1. Áramlási térképek szerkesztése .....	20
4.2.2.2. A horizontális vízmozgás módjai .....	21
4.2.2.2.1. Repedésrendszerbeli szivárgás .....	21
4.2.2.2.2. Törészóna menti vízmozgás .....	21
4.2.2.3. Üregrendszerbeli vízáramlás .....	22
4.2.3. Források vízjárás jellemzői .....	24
4.3. A tervezett vízbeszerzés méretezési módszerei .....	25
4.3.1. Általános elvek .....	25
4.3.2. Vízkészletek értelmezése .....	26
4.3.2.1. A víz tározódása szempontjából .....	26
4.3.3. Utánpótlódás nélküli tározók .....	28
4.3.4. Felülről utánpótlódó szabad felszínű tározó .....	30
4.3.5. Felülről utánpótlódó zárt tározó .....	31
4.3.6. Vetőzóna-menti nyomás alatti részrendszer .....	32

4.3.7.	Két távolabbi, de egymásra ható víztermelés együttes hozama .....	34
4.3.8.	Kútcsoportos vízmű hozama nagy kút módszerrel határozható meg .....	34
4.3.9.	Zárt tároló, vízbázisból „r” távolságra kezdődő körszektor szerű beszivárgási felületű utánpótlódással .....	35
4.3.10.	Víztermelő vágat hozama és leszívása .....	35
4.3.11.	Függőakna üzemi leszívása .....	36
4.3.12.	Melegvíz utánpótlódás számítása kevert vízü esetben .....	36
4.3.13.	Szivárgási tényező átszámítása .....	36
4.3.14.	Kibúvásos, távolabbi utánpótlódású, elfedett hasadékos (karsztos) hévíztározó rendszer hézagterfogat becslése csapadékbiszivárgás nyomán jelentkező vízszint (nyomás) emelkedésekből .....	37
4.3.15.	Kitermelhető melegvíz készlet (Q, kg) becslésszintű számítása, ismert földtani szerkezet alapján.....	37
4.3.16.	Kisebb kapacitású forrásfoglalások kitermelhető készlete .....	38
4.3.17.	A természetes karszt- és hasadékvíz tárolás hasznosítása.....	40
	<b>Számpéldák .....</b>	<b>41</b>
5.1.	<b>A vízminőség jellemző csoportosítása, vízbeszerzési szempontból.....</b>	<b>49</b>
5.1.1.	Vizsgálati módszer szerint.....	49
5.1.2.	Geokémiai csoportosítás .....	49
5.1.3.	Redoxi jellemzők .....	49
5.1.4.	Szennyeződés szerinti csoportosítás .....	50
5.1.4.1.	Mezőgazdasági szennyeződések.....	50
5.1.4.2.	Települési szennyeződések.....	50
5.1.4.3.	Felszíni-, vagy földalatti ipari szennyeződések.....	51
5.1.4.4.	Felszíni vízből eredő szennyeződések.....	51
5.2.	<b>A meglévő állapot feldolgozása .....</b>	<b>52</b>
5.2.1.	Táblázatos rendszer .....	52
5.2.2.	Grafikus kódrendszer .....	54
5.2.3.	Térképi vízminőség ábrázolás.....	56
5.2.4.	Szelvénymenti ábrázolás .....	56
5.3.	<b>A várható vízminőség jellemzése .....</b>	<b>57</b>
	<b>Irodalomjegyzék .....</b>	<b>59</b>
	<b>Cikkek, tanulmányok .....</b>	<b>59</b>

## Betűjelölések és mértékegységek

- a: nyomásvezetőképességi (piezovezetési) tényező, diffuzivitás ( $m^2/d$ )
- b: beszivárgási együttható (%) vagy beszivárgási vízoszlop (m/a)
- c: fajhő, vagy fajlagos hőkapacitás (kJ/kg K), valamint kitermelési tényező (%), (m/d)
- D: kútakna szerkezeti átmérője (m)
- d: közetrés szélesség (m)
- E: rugalmassági modulus ( $10^3$  MPa)
- F: vízgyűjtő terület ( $m^2$ )
- gg: geometrikus gradiens reciproka ( $m/^\circ C$ )
- H: nyugalmi vízoszlop (m)
- h: leszívási vízoszlop (m)
- i: hidraulikus esés (m/m)  $i_H$ : homokrétegbeli
- K: átteresztőképességi tényező (permeabilitás) ( $m^2$ )
- k: szivárgási tényező (filtrációs koeficiens) (m/d),  $k_H$ : homok rétegbeli
- $k_T$ : turbulens szivárgási tényező (m/d)
- $k_M$ : vízállítási tényező (transzmisszivitás) ( $m^2/d$ )
- L: vágat hossz (m)
- M: rétegvastagság, szűrőzési hossz (m)
- N: közetrésszám (db)
- n: hézagterefogat (%), vagy tárolási tényező ( $m^3/m^3$ )
- R: leszívási hatósugár, távolhatási sugár (m)
- $R_e$ : egyenértékű hatósugár (m)
- r: kút, akna sugár (m)
- $s_0$  S: termelési leszívások a kútban, ill. mezőben (m)
- T: hőmérséklet ( $^\circ C$ )
- t: idő (d), (a) (nap 1, 1 év)
- V: a tározó közet térfogata ( $m^3$ )  
 $V_{1,2}$  stb. különböző leszívási állapothoz tartozó

$V_m$ :	maradó	$(V_{\text{közvet}}/n = V_D \text{ stb.})$
$V_B$ :	beszivárgási	
$V_S$ :	statikus	
$V_{Ks}$ :	kitermelhető, statikus	
$V_D$ :	dinamikus	
$V_K$ :	kitermelhető készlet	
$w$ :	beszivárgási tényező (m/d)	
$x$ :	vízszintes hatótávolság (m)	
$z$ :	mélység (m)	
$Q$ :	vízhozam ( $m^3/d$ ) ( $m^3/a$ )	
$Q_T$ :	termelési	
$Q_L$ :	elnyelődési	
$Q_K$ :	konzolidációs	
$Q_H$ :	hozzáfolyási	
$Q_E$ :	elfolyási	
$Q_F$ :	feláramló	
$Q_A$ :	átáramló	
$Q_M$ :	meder felőli	
$Q_f$ :	forrásból	
$Q_{Ks}$ :	kitermelhető statikus	
$Q_D$ :	természetes, dinamikus	
$Q_{KD}$ :	kitermelhető dinamikus	
$q$ :	fajlagos vízhozam ( $m^3/d \cdot m$ )	
$\alpha$ :	lefolyási tényező (vagy lefolyási vízoszlop (m))	
$\beta$ :	térfogat rugalmassági tényező ( $cm^2/K_F$ ) (1/MPa)	
$\gamma$ :	folyadéksűrűség ( $t/m^3$ )	
$\eta$ :	dinamikus viszkozitás ( $kg/m \cdot d$ ) (MPa/d)	
$\lambda$ :	hővezető képességi együttható ( $kcal/m \cdot d \cdot ^\circ C$ ) ( $W/m \cdot K$ )	
$\emptyset$ :	hőáram sűrűség (hőfluxus) ( $kcal/m^2 \cdot d$ ) ( $mW/m^2$ )	
$\rho$ :	kút (akna)-csoport egyenértékű sugara (m)	
$\delta$ :	szektor szög (beszivárgási területnél)	

## 4. Karszt- és hasadékvizek

### Fogalmak

Karsztvíz: a karsztosodásra hajlamos karbonátos üledékes kőzetek, repedés-, törés-, és üregrendszerben tározódó, főként a gravitációs erő hatására mozgó felszínközeli, mélységi vagy hévízforma. A tározó kőzet anyaga: mészkő, mészhomokkő, dolomit.

Hasadékvíz: az egyébként rossz vízvezető vulkáni és cementált üledékes kőzetek repedés-, és törésrendszerében tározódó gravitációs és kapilláris erők hatására mozgó, a talajvíznél mélyebb szintű, vagy hévízforma. A torzó kőzetanyaga: láva, tufa, magmatit, metaformit homokkő, márga.

### 4.1. Vízföldtani viszonyok

Ez a fejezet a karsztos és hasadékos kőzetek víztározási és vízevezetési jellemzését tartalmazza.

#### 4.1.1. Jellemző tározó típusok

(Lásd: 4-1, 4-2 és 4-3 ábrákat)

##### 4.1.1.1. Geológiai felépítés alapján

- a) Rossz vízvezető kőzetrétegekkel határolt (fedett, zárt) tározók: vízzáró agyagpala, vagy márga környezetében lévő tektonikus mészkő rög, agyagos tufába nyomult vulkanit, zátonymészkő lencse, stb.
- b) Szabad felszínű önálló tározó, amiről az előbbi típusok kiemelkedésével a fedőréteg lepusztult, vagy eleve ki sem alakult.
- c) Alul, vagy oldalt nyitott, de fedett tározó: a fiatalabb üledékekkel takart karszt-, vulkáni hegység részek, mélységi hévíztározók.
- d) Fiatalabb porózus réteg-, vagy talajvíztározókkal érintkező tározó.
- e) Vegyes geológiai felépítésű tározók (ez a leggyakoribb).

##### 4.1.1.2. Hidraulikai állapot alapján

- a) Szabad vízfelszínű (nyílt tükrű) tározó
- b) Nyomás alatti (zárt tükrű, vagy feszített tükrű) tározó

##### 4.1.1.3. Hidrológiai viszonyok alapján

- a) Időben állandósult (permanens, stacioner), vagy nem állandósult (nem permanens, instacioner) vízhozamú, vagy nyomású, vagy áramlási helyzetű.
- b) Lamináris (vonalas), vagy turbulens (örvénylő) áramlású.

A lehetséges geológiai-hidraulikai és hidrológiai tározó variációkat a 4-1. ábra mutatja, kiemelve a karszt- és hasadéktározók gyakorlati jelentőségű eseteit.

4-1. ábra

Karszt- és hasadékvíz tározók elvi vízmozgás rendszere

A primer hidraulikai helyzet		szabad felszínű		nyomás alatti	
A geológiai felépítés lehet	A termelési áramlás lehet: geometriailag	és időben			
		stacioner	instacioner	stacioner	instacioner
Utánpótlódás nélküli	lamináris	X	/	X	+
	turbulens	X	/	X	+
Felszíni utánpótlódású	lamináris	+	.	.	/
	turbulens	/	+	.	+
Mélyégi utánpótlódású	lamináris	.	.	/	/
	turbulens	.	.	+	+
Vegyes utánpótlódású	lamináris	+	.	/	.
	turbulens	/	.	+	.

Jelölések: a típus előfordulása

-  leggyakoribb
-  gyakori
-  ritka
-  kizárt

Hegyvidéken gyakrabban a felszíni utánpótlódású szabadfelszínű, illetve vegyes felépítésű tározók, még domb és síkvidékek alatt az utánpótlódás nélküli, valamint mélyégi utánpótlódású nyomás alatti, illetve vegyes felépítésű tározók fordulnak elő. Irodalom: 2/6

## 4.1.2. Kőzetszerkezeti elemek jellemzése

A karszt- és hasadékvíz tározó kőzetekbeli vízmozgások szempontjából a geológiai szerkezeti elemek meghatározó jelentőséggel bírnak az elsődleges mikroporozitással szemben. Ezek a szerkezeti elemek a kisebb méretűtől a nagyobb felé haladva a következők:

### 4.1.2.1. Repedésrendszer

Ez genetikailag lehet:

- a) valódi rétegelválások (mészkőben, homokkőben)
- b) álrétegzettség (mészkőben, vulkanitban)
- c) terhelési és kihülési törésrendszerek (mészkőben, vulkanitban)
- d) breccsásodás (dolomitban, vulkanitban)
- e) valódi-, és pszeudoagglomerátum (vulkanitban)

Ezek adják együttesen a szilárd kőzetek hasadékos, „másodlagos” porozitását.

### 4.1.2.2. Törészónák

Ezek a vetők, fel-, oldal-, áttolódások, gyűrődési tengelyek.

Ezek lehetnek hidrogeológiai szempontból

- a) vízvezetők (vetőbreccsa kitöltéssel, üregekkel)
- b) vízzárók (agyagos, vagy cementált kitöltéssel)

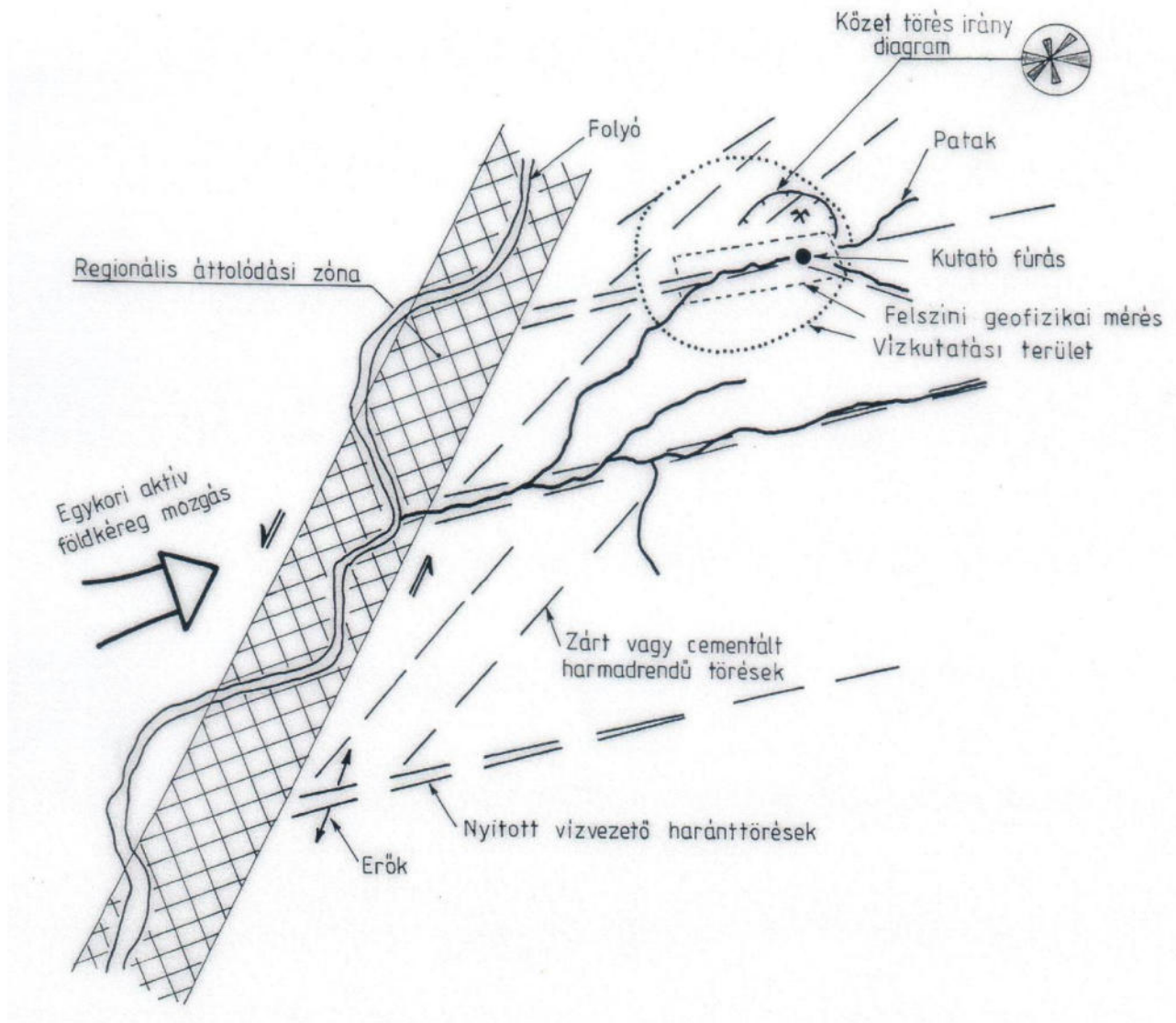
A tektonikus eredetű törésvonalak nemcsak mint tározó, hanem mint vízgyűjtő rendszerek is érvényesülnek a gyengébb vízáadó képességű kőzetekben. A hazai gyakorlatban a hasadékos kőzetekre telepített fúrások, kutak akkor hoznak legkedvezőbb eredményt egy tározóban, ha azt vízvezető törésvonalak keresztezésére telepítették.

A törésvonalak felderítése több irányú kutatást kíván, amely fő lépései vízbeszerzésnél a következők:

- 1.) A regionális földtani fejlődés-történet által meghatározott elvi törésvonal irányok tisztázása nagytérségi kutatási eredményekből.
- 2.) Az előbbieket helyének valószínűsítése a vízbeszerzés térségében geomorfológiai alapon, erre irányuló felszíni geofizikai mérésekkel kiegészítve.
- 3.) Mikrotörés irány mérések és minősítések kőbánya falakon, vagy más kőzetkibúvásokon, törésirány és töréstípus diagram szerkesztéssel.
- 4.) Az így meghatározott feltételezett törésrendszer geometriai kiszerkesztése függőleges és vízszintes metszetekben, különös tekintettel a megcsapolás várható mélységközére, illetve pontjára.
- 5.) Az így kiadódó reménybeli vízbeszerzési hely / pont / szakasz kitzúzása a felszínen a kutatófúrás, vagy akna mélyítéséhez.

A fentiekre mutat elvi példát a 4-4. ábra.

4-4. ábra  
 Vízföldtani térképezés regionális adatokból,  
 terepi mérésekkel kiegészítve



#### 4.1.2.3. Üregek, hasadékok, barlangok

A karsztos kőzetekben gyakrabban, a vulkáni eredetű kőzetekben, homokkőben ritkábban fordulnak elő. Ezek szintén lehetnek:

- vízvezetők, ezen belül közel szintes vagy meredek helyzetűek
- vízzárók, agyagos üledék vagy ásvány kiválásos kitöltéssel

A barlangok a karsztvíz mozgás látványos hordozói, de egy-egy nagyobb vízkilépés esetén a víz tározódás és gyülekezés túlnyomó része a repedésrendszerben megy végbe, a barlang ennek csak „vízgyűjtő galériája”.

Kisebb vízbeszerzéseknél, vagy egyedi fúrt kútnál a vízkivétel feltárt vagy feltáratlan barlangi szakasz megcsapolását is jelentheti, amit csupán a vízkivételi mű átmérő növekedésével vehetünk figyelembe a vízhozam számításnál.

Vízszállító képességgel kifejezve a  $k:M$  nagyságrendje

barlangi vízszállításnál	$10^4$	$m^2/d$
repedésrendszerben	10	$m^2/d$

Egy egységnyi víztározó mészkő tömegén belüli barlangrendszer az egész tömeg hézagterfogatának csak néhány század része. Irodalom: 1/7/12/20/23/29/30/39/42/45

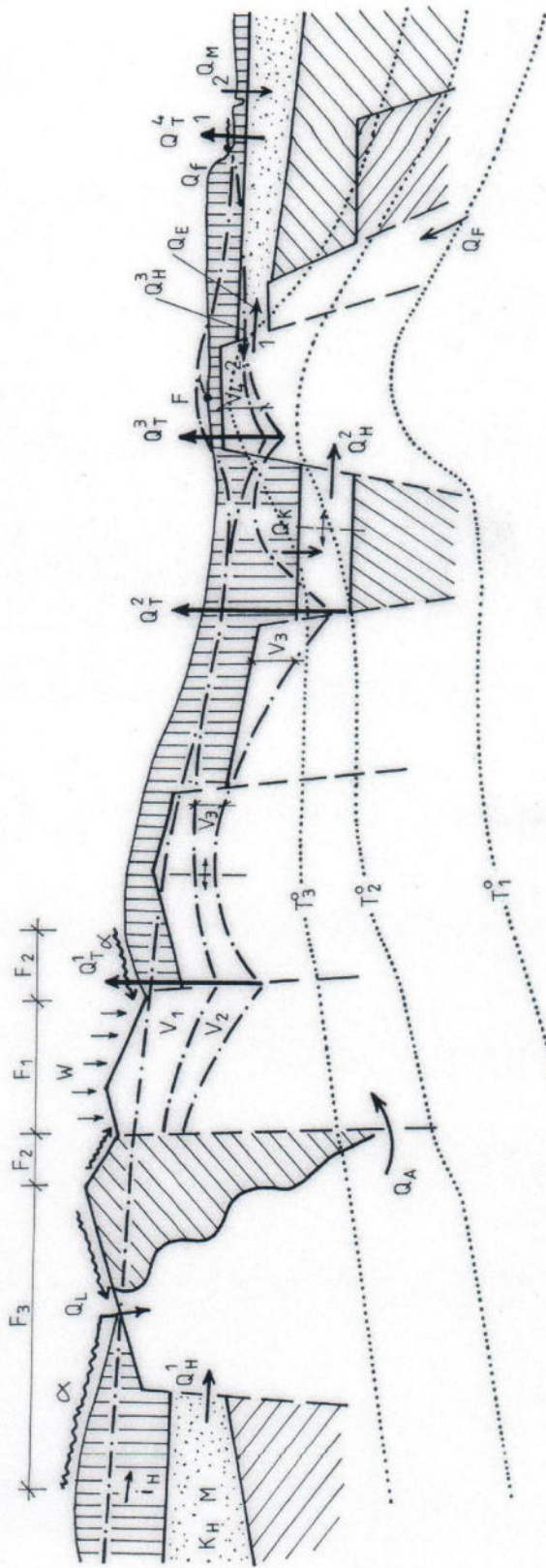
#### **4.1.3. A hidrogeológiai vízgyűjtő meghatározása**

Hasadékos, karsztos víztározók vízgyűjtő területe lényegesen eltérhet a megcsapolt közettömeg (kőzetblokk) felszínétől, vagy szintes vetületétől. Erre mutat általános példát a 4-3. ábra.

A hidrogeológiai vízgyűjtő meghatározása alapos geológiai előkészítést, adatgyűjtést, térképezést, közvetett vagy közvetlen kutatást és szerkesztést kíván a számítások előtt.

Az  $500-1000 m^3/d$ -nél nagyobb kapacitású vízbeszerzési tervezéseknél a közvetett (pl. geofizikai) vagy közvetlen (pl. fúrásos) kutatás elengedhetetlen, hacsak azt a területen már elvégzett, más célú feltárásokból nem lehet átvenni.

Összetett tározó elvi metszete



Jellemzés

Vegyes felépítésű és vegyes működésű,

$$Q_H^3 = Q_M$$

$$Q_E^4 = Q_T^4$$

$$Q = Q_1^1 + Q_2^2 + Q_3^3$$

$$Q_1^1 = \omega \cdot F_1 + \alpha \cdot F_2 + Q_A + V_{1-2} \cdot n / t$$

$$Q_A = Q_H + Q_L$$

$$Q_H = k_H \cdot M \cdot i \cdot L$$

$$Q_L = \alpha \cdot F_3$$

$$Q_2^2 = V_3 \cdot n / t + Q_K$$

$$Q_3^3 = V_n \cdot n / t + Q_H^2 + Q_H^3 \text{ vagy } -Q_E$$

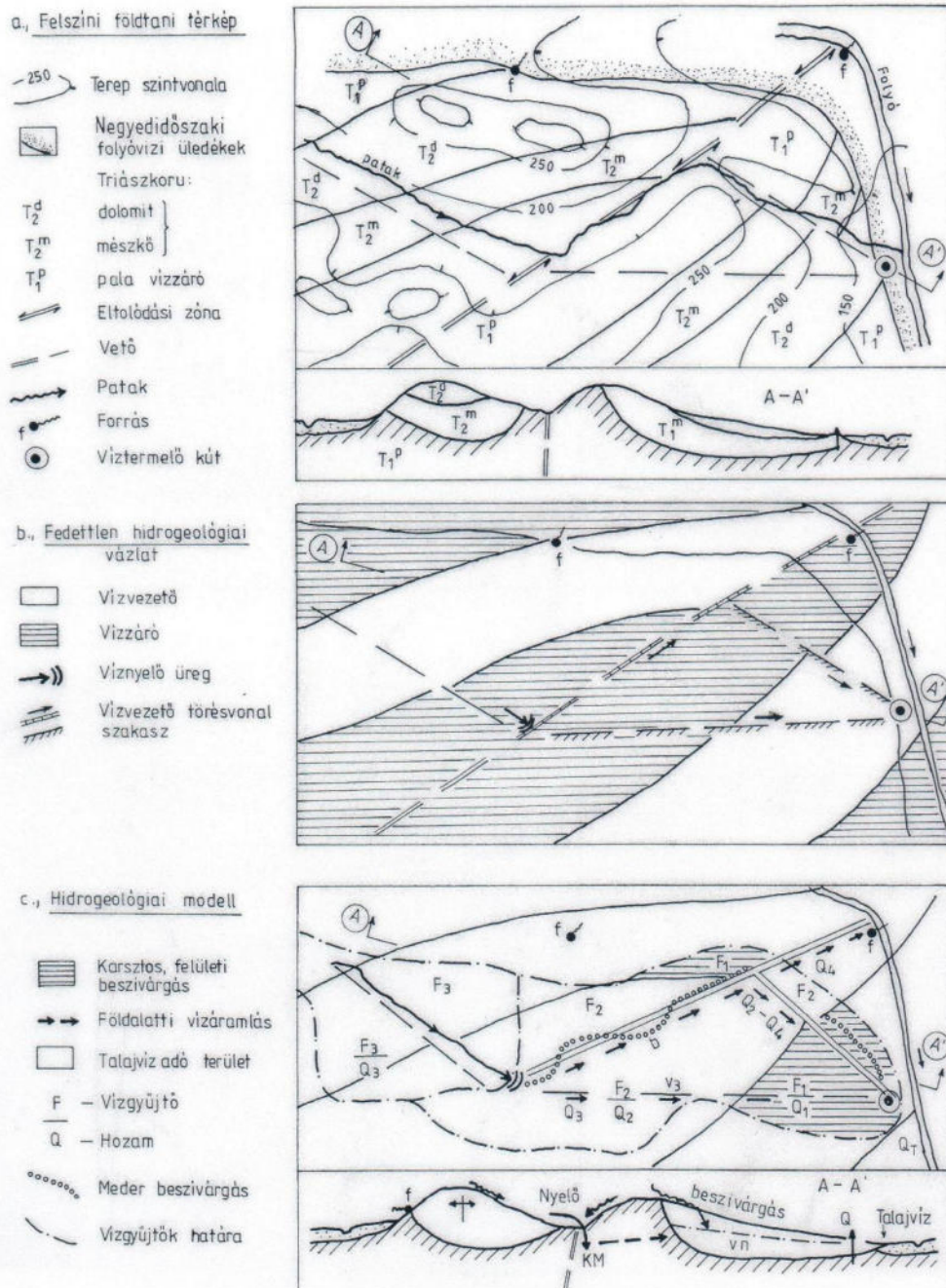
### 4.1.3.1. Szerkesztések

A szerkesztések három munkafázisra oszthatók:

- Földtani, kőzettani, formációs térképek és szelvények szerkesztése archív anyagokból, felszíni, ún. „bejárásos” térképezéssel kiegészítve.
- Hidrogeológiai sematizálás az előbbi térképeken és szelvényeken, pl. a kőzetek vízvezető-képességi csoportosításával, fedettség viszonyok ábrázolásával stb.
- Hidrogeológiai modell készítése az előbbi séma fizikai tartalmának számokkal való értelmezése alapján. Egy ilyen folyamatot vázol a 4-5. ábra.

4-5. ábra

Hidrogeológiai vizgyűjtő meghatározásának folyamata



#### 4.1.3.2. Geomorfológiai osztályozás

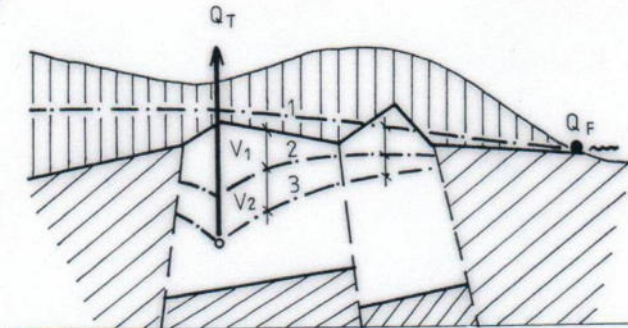
Geomorfológiailag a karszt- és hasadékvíztározók vízgyűjtői a következők lehetnek (lásd 4-2. és 4-3. ábrák)

- a) Közvetlen beszivárgási területek: a fedetlen karszt- és hasadékos kőzetfelszínek, hegytetők, vékony vagy törmelékes fedőrétegű medencék.
- b) Átfolyási területek: az előbbiektől magasabban fekvő, szomszédos, de azok felé lejtő, rossz vízelnyelő képességű, vízáradó területek.
- c) Külső vízgyűjtők: amelyek vízfolyásokon keresztül távolabbi, pl. a hegységet övező dombvidék vizét szállítják be a közvetlen vízgyűjtő területre, ahol az medermenti vagy pontszerű helyeken elnyelődik (Lásd 4.2.1.1. fejezetekben is).
- d) Földalatti átfolyások: pl. a hegységrészek peremén a fiatalabb porózus réteg-, vagy talajvíztározókkal való érintkezéseknél. Utóbbiak általában a víztermelést követő hasadék- (karsztvíz) nivó süllyedése után válnak a hidrogeológiai vízgyűjtő részévé.
- e) Mélyégi feláramlás: főként hegységperemeken, vagy törésvonalak mentén vezetik fel a mélyebb (hév) vízkészleteket.
- f) Fedőfelőli kipréselődés: ami az elfedett hasadék-, (karsztvíz) tározó termelési nyomáscsökkenését követően jelentkezhet, a belső feszültségek átrendeződése miatt.

(Irodalom: 4/7/9/10/17/23/32/40/44)

Karsz- és hasadékvíz tározók néhány alaptípusának elvi metszete

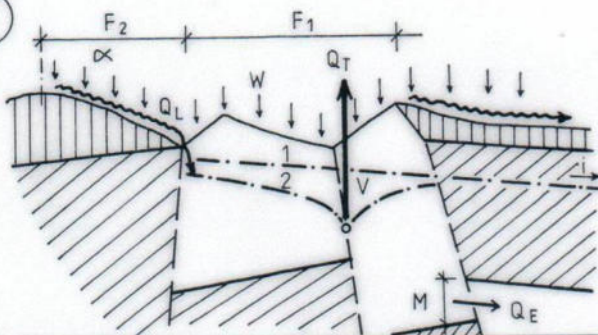
①



Utánpótlódás nélküli, vegyes felszíni, instacioner áramlású tároló

$$Q_T = V_1 \cdot n / t_1 + V_2 \cdot n / t_2 - Q_F$$

②



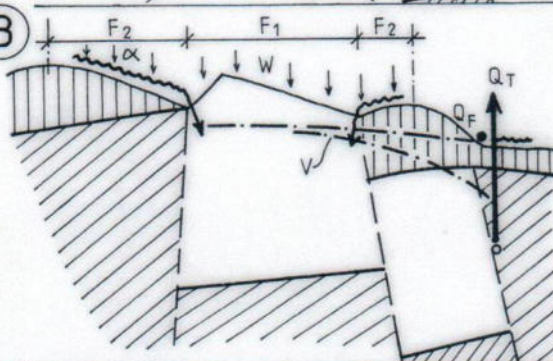
Felszíni utánpótlódású szabad tükörű instacioner áramlású tároló

$$Q_T = (W \cdot F_1 + \alpha \cdot F_2 + V \cdot n / t) - Q_E$$

$$Q_L = \alpha \cdot F_2$$

$$Q_E = K \cdot i \cdot M \cdot L$$

③

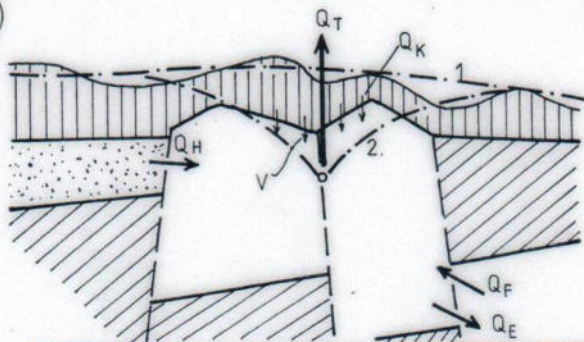


Felszíni utánpótlódású nyomás alatti és szabad felszíni stacioner áramlású tároló

$$Q_T = (W \cdot F_1 + \alpha \cdot F_2 + V \cdot n / t) - Q_F (?)$$





$$Q_L = \alpha \cdot F_2$$

④



Mélyégi utánpótlódású, nyomás alatti stacioner áramlású tároló

$$Q_T = Q_H + Q_F + Q_K + V \cdot n / t$$

Közet jelölések:  Agyag  Homok  Vízvezető karsztos v. hasadékos   
  Vízduzzasztó

## 4.2. Vízutánpótlódási viszonyok

Ez a fejezet a karszt- és hasadékvíz tározók termelés előtti vízmozgásának vizsgálatát tartalmazza.

### 4.2.1. Beszivárgási elemek

A karsztos és hasadékos kőzetbeli vízutánpótlásban legnagyobb szerepe a felszín felőli beszivárgásoknak van. Ezek a következők lehetnek:

#### 4.2.1.1. Geomorfológiai szempontok

- a) területi beszivárgás (kopár vagy vízáteresztő fedésű kőzetfelszínen)
- b) vonalas (vízfolyások medrében, völgyek mélyvonalain, nyílt törésvonalon)
- c) pontszerű (karsztos víznyelőkben, vulkanikus kőzethasadékokban, mesterséges mélyedésekben)

#### 4.2.1.2. Hidraulikai szempontok

A tározóhoz viszonyított elnyelődési helyzet alapján lehet:

- a) közvetlen beszivárgás (a víztermeléssel hasznosított tározó kőzetben)
- b) közvetett (pl. hévíz feláramlásnál)

#### 4.2.1.3. Hidrometeorológiai szempontok

A felszíni beszivárgás arány a csapadékon kívül függ a tároló fedettségétől, szerkezetétől és geomorfológiai helyzetétől.

Hazai hegyvidékeink jellemző beszivárgási értékei az átlagos sokéves csapadékból (közölt kutatási eredmények alapján)

- |  |   |         |
|--|---|---------|
| - Dunántúli Középhegység                         |   |         |
|  | fedetlen karsztvidékein                   | 40 %    |
|  | fedett területen                          | 10 %    |
| - Bükk hegység lefolyástalan karsztos fennsíkjai | téli félévben                             | 80-90 % |
|  | nyári félévben                            | 40-50 % |
|  | mészköves lejtőkön, tűzköves mészköben    | 15-25 % |
|  | nem mészköves, vagy dolomitos területeken | 10 %    |
|  | hegységi átlag                            | 30-35 % |
| - Aggteleki-Rudabányai hegységben                |   | 20 %    |
| - Mecsekben                                      |   | 15-20 % |

Hazai hegyvidékeinken a sokévi átlagos csapadéktól való – száz éven belüli – eltérések 5 %-os gyakorisága mindkét irányban  $\pm 30-35$  %-os mértékű, tehát ennyivel lehet az éves csapadék kevesebb, vagy több az átlagostól 20 évenként egyszer előforduló szárazabb, vagy csapadékosabb években, 100 éven belül.

Részletesebb (pl. havi) vízmérlegeknél fontos adat az a határcsapadék érték, ami már gyakorlati jelentőségű beszivárgást okoz a terület vízháztartásában.

Ezek az értékek pl. a Keleti Bükkben

nyári félévben	40-60 mm/hónap
téli félévben	10-20 mm/hónap

Részletes vízmérlegnél figyelembe kell venni az erdei altalajban és az agyagos fedőrétegben átmenetileg tározódó olyan vízkészletet, amit azután a téli félévben a következő újabb csapadék tovább szállít lefelé a tározóba.

Ez az átmeneti tározódás  $1 \text{ m}^3$ -nyi természetes településű

- erdei talajban:  $200-400 \text{ dm}^3$
- murvás agyagban:  $50-100 \text{ dm}^3$  lehet az eddigi vizsgálatok szerint.

A beszivárgás fenti átlagos éves értékei jelentősen csökkennek, ugyanakkora éves csapadék mellett is, ha pl. a téli hófelhalmozódást tartós talajfagy előzte meg, vagy nagy szélerősségű nyári kánikulában. Ez az eltérés  $20-30$  %-os is lehet, de  $\pm 10$ -os hibát mindig figyelembe kell venni a vízbeszerzési számításoknál, beszivárgási oldalról.

Egy konkrét vízbázis vízgyűjtőjének beszivárgás meghatározását célszerű közvetlen mérések alapján végezni.

A vízgyűjtő (F) alapos és a vízáramlási zóna mélységére is átszerkesztett geológiai ismeretessége alapján történő lehatárolása és a beszivárgási intenzitás szerinti felosztása után ki kell választani a vízháztartási idősor azon szakaszait, amikor beszivárgás-mentes, állandósult kis vízhozamú időszakokat (t) egy-egy  $dQ$ -val jellemezhető beszivárgási hullám követ.

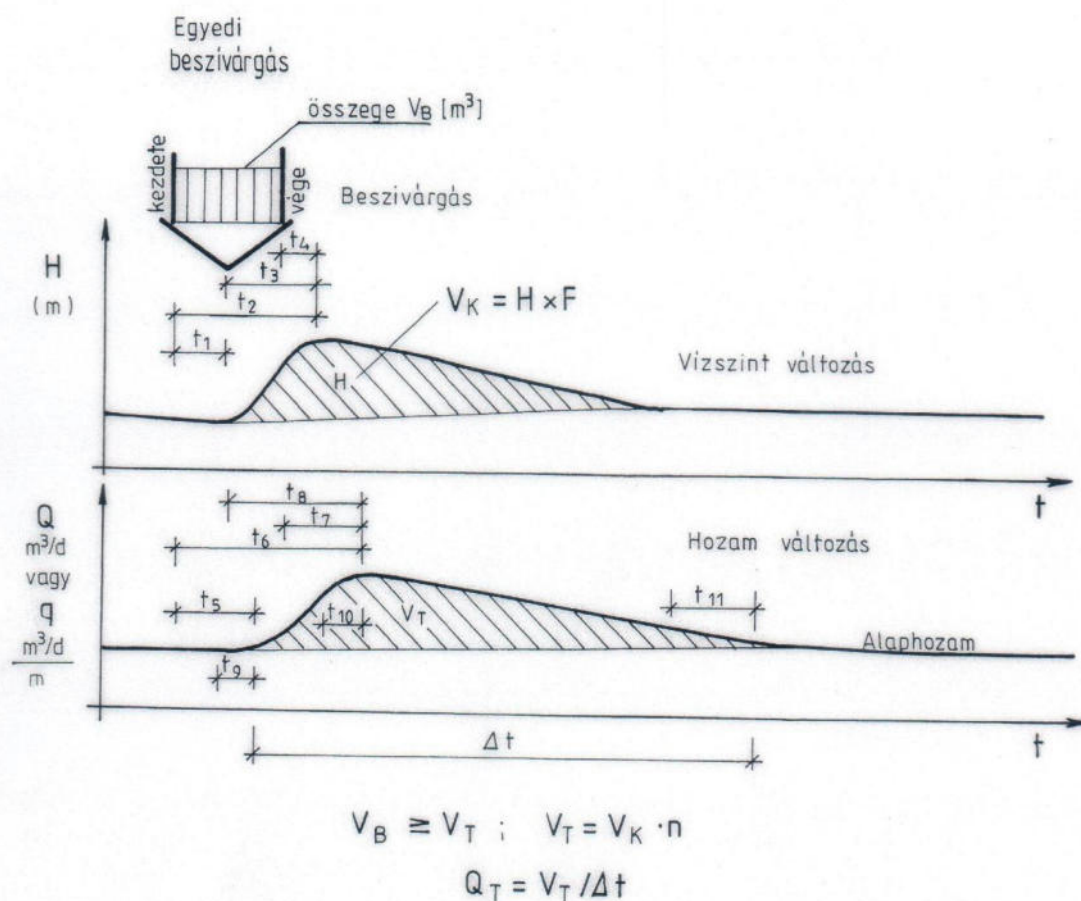
Ez esetben az időszak beszivárgása:

$$b(\%) = \frac{\sum dQ \cdot t}{\sum Cs \cdot F / 100}$$

ahol:  $dQ$ : átlagos napi hozam növekedés ( $\text{m}^3$ )  
 $Cs$ : az időszak csapadék összege (m)

Ha a víztermelés mennyiségét üzemszerűen változtatják, akkor először a napi üzemi értékeket át kell számítani a fajlagos értékekre ( $\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$ ), majd ezt az időszak átlagos leszívásával szorozva kell meghatározni a  $dQ$  értéket (lásd 4-6. ábrát).

## Beszivárgási idősor



## 4.2.1.4. Beszivárgási intenzitás

A beszivárgási százalék hidrológiai fogalom. A hidrogeológiai számításoknál inkább a beszivárgási intenzitást használjuk:

$$W = \frac{b (\%) \cdot \frac{C_{S_{\acute{e}v}} (m)}{365} \cdot d \cdot F (m^2)}{1 (m^2)} \quad (m/d)$$

A beszivárgás közel függőleges vízmozgás, ami sebessége a tározó mindenkori vízszintje felé a figyelőkútban észlelt vízszint emelkedés kezdetéhez vagy tetőzéséhez viszonyítva számítható. (Úgyszintén a beszivárgás hatása a víztermelő létesítmény vízhozamában is.) A folyamatot a 4.6. ábra érzékelteti.

Irodalom: 1/17/24/26/32/43

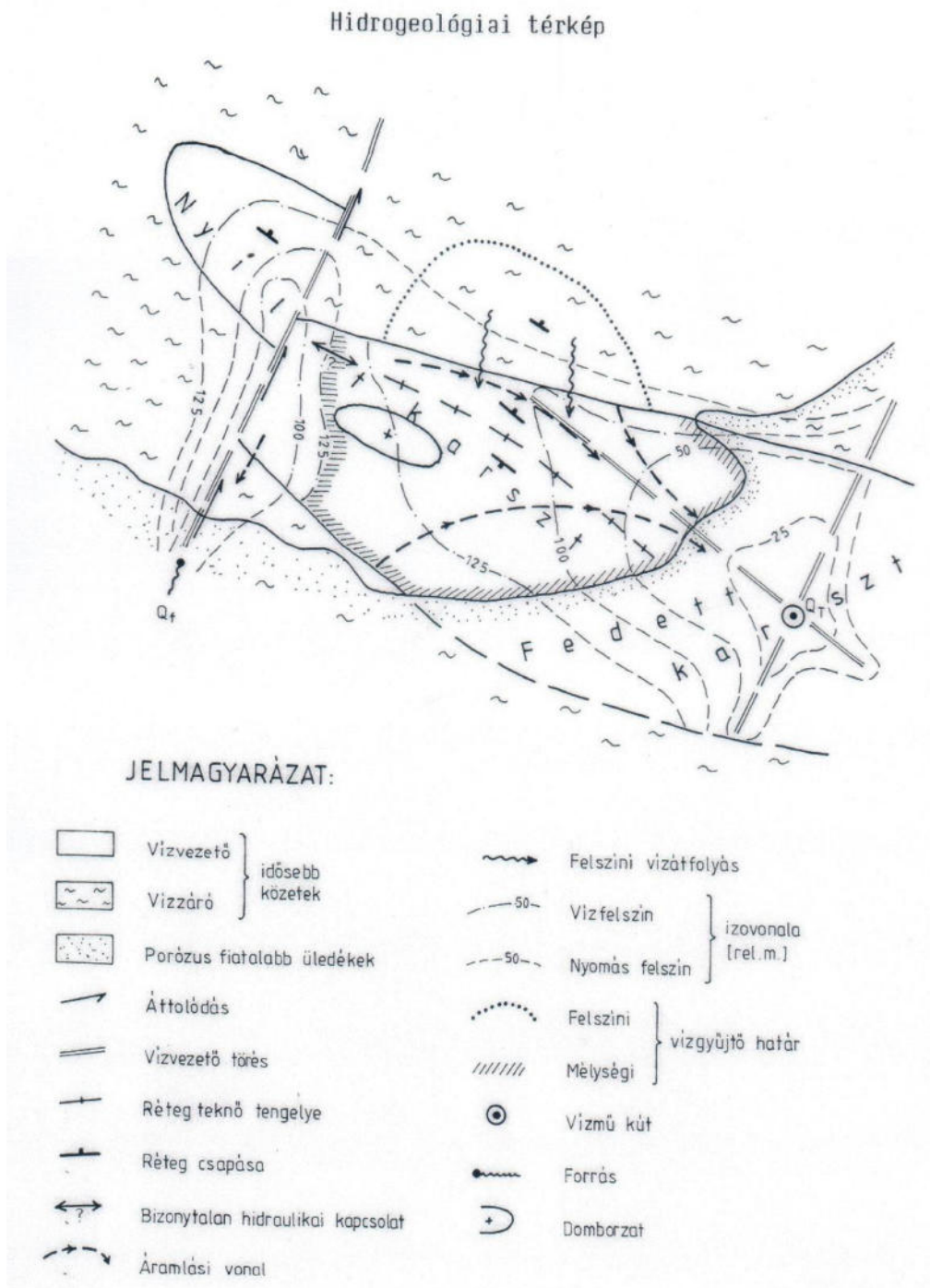
## 4.2.2. Horizontális vízmozgás

A beszivárgást követő földalatti vízmozgást áramlásnak nevezzük, bár a szivárgási folyamatok itt is jellemző arányúak.

### 4.2.2.1. Áramlási térképek szerkesztése

A vízbeszerzési tervezés egyik lényeges része (még az úgynevezett 1 kutas kis telepknél is), valamiféle áramlási térkép vagy vázlat készítése. Ezt egy összetett példán mutatjuk be (4.7. ábra).

4-7, ábra



#### 4.2.2.2. A horizontális vízmozgás módjai

A hasadékos- és karsztos kőzetekben a következő, kőzetszerkezethez kötött oldalirányú szivárgásos vagy áramlásos állapotot kell megkülönböztetni.

##### 4.2.2.2.1. Repedésrendszerbeli szivárgás

Ennek közvetett mérésére ott van lehetőség, ahol a vízvezető kőzet felszíne emberileg közvetlenül hozzáférhető (bányafal, kőzet feltárás, terep-bevágás, barlang).

Ilyen helyeken az elemi rés-rendszer sűrűség és irányítottság méréséből következtethetünk a vízalatti tározó vízszállító képességére (lásd 4.3.4. fejezetben).

Figyelembe kell venni, hogy főként a harmadidőszaki hasadékos kőzetek szerkezeti porozitása a mélység felé exponenciálisan csökken, ezért a felszínen (vagy lazult bányafalon) mért résrendszer méreteihez és sűrűségéhez képest a mélyebb, víztározó részekben, már valamivel rosszabb vízszállító képességre kell számítani.

A tömöttebb szerkezetű vízalatti kőzetek repedésrendszerében már érvényesülhet a határesés, ami értéke

$$i_0 \sim 10^{-1} \div 10^{-2}$$

Ezt a sebességszámításoknál esetenként figyelembe kell venni pl. kisesésű megcsapolásoknál, kis forrásoknál.

$$(v = k / (i - i_0))$$

##### 4.2.2.2.2. Törésvonal menti vízmozgás

A kőzettömeget átszelő törésvonalak egy részének vízszállító képessége nagyságrendileg is meghaladja a környező repedezett kőzettömeget. A törésvonal menti vízmozgás – főként közvetlen megcsapolása esetén – már turbulens áramlású lehet, amit a sebességszámításnál figyelembe kell venni. ( $v = k \cdot i^n$ ,  $n < 1 \sim 0,5$ )

Fontos tapasztalat, hogy a leszívási víz- (nyomás) felületek, a környezetüknél jobb vízszállító képességű törésvonalakban, horizontálisan, messzire elnyúlnak a víztermelés hatására.

Ezt főként a védőterület meghatározásánál vagy a várható környezeti hatás mérlegelésénél kell figyelembe venni.

Törésvonal mentén rossz vízvezető vagy vízduzzasztó kőzetben is lehet időben korlátozott, de gyakorlatilag jelentős mértékű vízutánpótlódás, vízmozgás. Ez különösen szomszédos, de eltérő vízszintű karsztvíztározó emeletek kapcsolatánál fontos.

### 4.2.2.3. Üregrendszerbeli vízáramlás

A horizontális vízmozgás közvetlenül is látható módja a karsztos kőzetekben, az üregrendszerbeli vízmozgás a barlangi patakokban. Karszt fejlődés-történeti okok miatt ez - főként források közelében – általában 2 szintes „emeletes” vízfolyás rendszert jelent. Ez egy magasabb helyzetű és nagyobb keresztmetszetű barlangrendszer talpán haladó állandó, szakaszos vagy időszakos vízfolyás, és egy alatta húzódó (gyakran még feltáratlan) szűkebb szelvénymenti állandó vízfolyás. A barlangi vízmozgás vonalas gyülekezési rendszere hasonló alaprajzi képet mutat a hegyvidékek felszíni vízrajzához, a fő és mellékágak rendszerével. A földalatti vízfolyás rendszer gyakran illeszkedik a felszínihez a víznyelőkön keresztül. Ezek összeszerkesztése a már ismert és feltételezett, de tektonikai térképezésből kikövetkeztető elemekből, a barlangi forrásokra alapozott vízbeszerzési tervezés egyik fontos feladata.

A feltáratlan (ismeretlen) földalatti barlangvízjáratok szerkesztését felszíni geomorfológiai és tektonikai térképezéssel lehet megoldani. Az üregrendszer menti vízmozgások hidrológiai felderítésének módjai: Az árvízi lefolyások elemzése, (nyelő-forrás kapcsolatok), valamint a közvetlen víz nyomjelzés.

Hazai tapasztalataink szerint a barlangi vízfolyások „csatorna” sebessége hasonló a felszíni sziklás, törmelékes patakmederbéliekéhez: 0,5 m/s körüli, de árvízkor 1-2 m/s is lehet.

A nyomjelzéses vizsgálatok elvi, lineáris frontsebessége 10-100 m/óra nagyságrendű.

Az üregrendszer menti vízmozgás sebességét hidrogeológiai megközelítéssel

$$v = k_T \cdot \sqrt{i}$$

összefüggéssel jellemezzük.

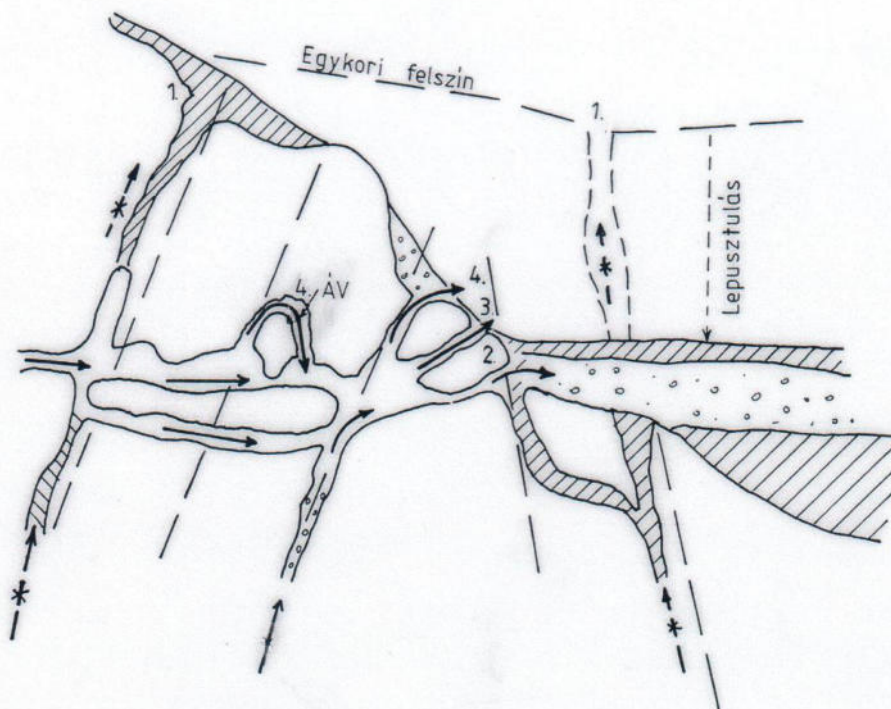
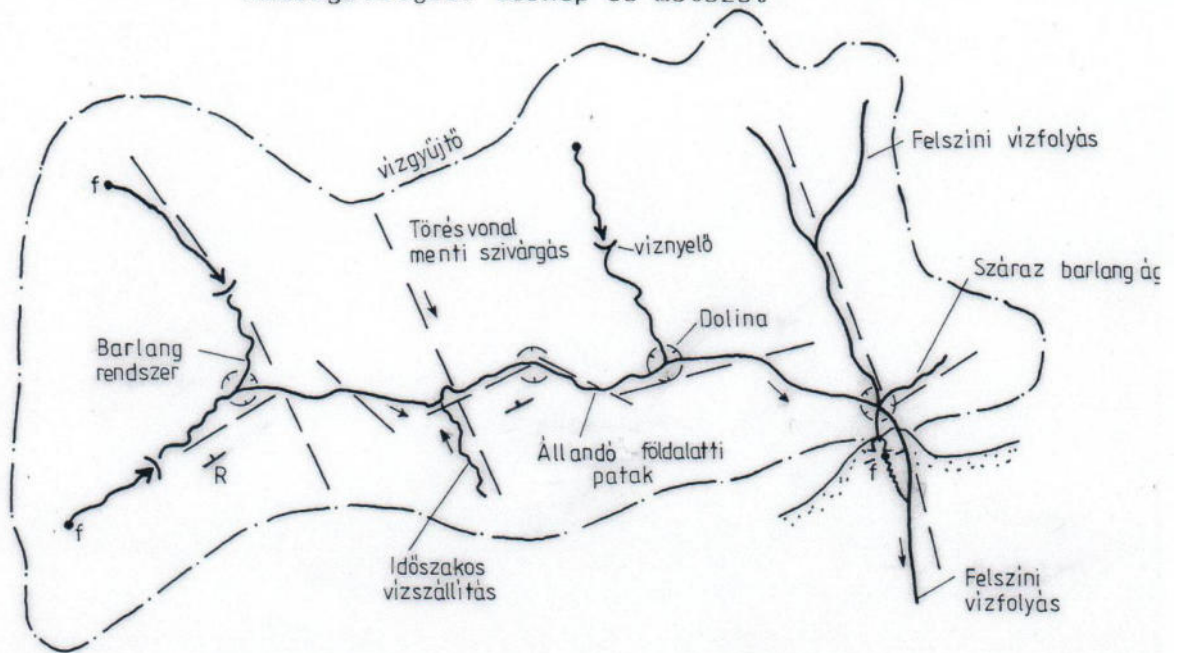
Az egész hideg víz karsztrendszerbeli árhullám sebességek, az intenzív beszivárgástól a forrás hozamnövekedéséig  $10^2 - 10^3$  m/d nagyságrendűek, meleg karsztnál  $10^3$  m/d.

Barlangi források vízbeszerzési célú hasznosításánál, a feltárás és a vízkivételi mű tervezése során figyelembe kell venni, hogy a mai hidegvíz forrás sok esetben egy földtanilag idősebb, egykori esetleges hévizes, vagy tengerszint alatti kürtőrendszer átperforálásával jött létre. Ezért a ma látható vízkilépés vízszállító üregrendszere felett és alatt további olyan vízjáratokra számíthatunk, amit egy tervezett forrásfoglalásnál figyelembe kell venni, már csak természetvédelmi okok miatt is.

Egy barlangi forrás elvi hidrogeológiai rendszerét mutatja a 4-8. ábra.

Irodalom: 2/4/6/7/11/20/23/24/27/28/29/31/33/34/35/40/42/45.

Hidrogeológiai térkép és metszet



JELMAGYARÁZAT:

- 1. Egykori lepusztult v. eltakart
- 2. Eltakart
- 3. Látható
- 4. Árvizi
- 5. Szifonág

forrás száj

- |  |                |                         |
|--|----------------|-------------------------|
|  | Agyag          | } kitöltés v. lerakódás |
|  | Homok kavics   |                         |
|  | Élő            | } vízmozgás             |
|  | Megszűnt       |                         |
|  | Bartanai beírt |                         |

### 4.2.3. Források vízjárás jellemzői

Meglévő források vízbeszerzési tervezésénél az utánpótlódási viszonyokra a hidrogeológiai háttérből (földtani viszonyokból, vagy /és a meglévő vízhozam idősorból/ hidrológiai viszonyokból) következtethetünk. Amennyiben a forrást már víztermelésre hasznosították, akkor az üzemi adatsor további lehetőséget ad egy kapacitásnövelés, tervezési feladataihoz.

Karszt- és hasadékvíz források utánpótlódási viszonyai az egyszerű közvetlen vízgyűjtő kapcsolattól a bonyolult földalatti áramlási rendszerig mindenféle változatban előfordulhatnak. Ennek további részleteit a 4.3.16. fejezet tartalmazza.

A karszt-, és hasadékvíz tározó kőzetekbeli vízmozgást meghatározó „kőzet függő” paramétereket a 4-1. táblázat foglalja össze, szakirodalom alapján. Irodalom: 4

4-1. táblázat

Karszt-, és hasadékvíz tározó kőzetek jellemző paraméterei  
/Schmieder et al, 1975, Juhász J, 1987, továbbá VITUKI, MÉLYÉPTERV nyomán/

Kőzet	$k^x$ m/d	$n^x$ %	$b^{xx}$ %	$q_f^{xxx}$ m <sup>3</sup> /d.m	$kxM^{xxxx}$ m <sup>2</sup> /d	$\lambda$ kcal/m.d. °C
Erősen karsztosodott üreges mészkő	$10^{-1} - 10^2$	0,5-2	40-50	100-1000	$10^3$	40-50
Erősen karsztosodott breccsás dolomit	10-50	3-5	30-40	100-500	$5 \cdot 10^2$	45-55
Kissé karsztosodott mészkő	$10^{-2} - 10$	0,3-1,3	20-30	20-100	5.10	60-70
Kissé karsztosodott breccsás dolomit	$10^{-1} - 10$	1,5-2,0	15-25	50-100	$5 \cdot 10^2$	55-65
Nem karsztosodott palást kőzetek	$10^{-3} - 10^{-2}$	0,1-0,2	10-15	-	$10^{-3}$	65-75
Tömött andezit	$10^{-3}$	0,02-0,1	5-10	-	$5 \cdot 10^{-1} - 10^{-5}$	70-80
Repedezett andezit	$10^{-2}$	0,2-3	10-15	2-10	$10^{-1} - 1$	60-70
Repedezett tufa	$10^{-2}$	0,15	10-20	1-5	$5 \cdot 10^{-3}$	40-50
Repedezett homokkő	$5 \cdot 10^{-3} - 10^2$	0,1-1	10-15	1-5	10	40-50
Vízvezető törés-zóna	$10^{-1} - 10^2$	0,1-5	10	5-500	$10 - 10^2$	

Megjegyzések:

x: a magasabb értékek a kisebb mélységekben valószínűek, az alacsonyabbak mélyebben. Az értékek kettős porózitású kőzeteknél a vízszállításot produkáló hasadékrendszerre érvényesek.

xx: A kőzetanyag mellett befolyásolja a fedettség és geomorfológiai helyzet is

xxx: D = 20-30 cm-s, 5-10 m hosszú szűrőzésű kutakban jellemző

xxxx: Jellemző nagyságrend, amittől nagyságrendi eltérés is lehetséges.

Átszámítások:

$$\frac{n (\%)}{100} = n (m^3/m^3)$$

$$w \left(\frac{m}{d}\right) = \frac{b \cdot V_{\text{écs}} (m)}{365 (d)} \text{ vagy } \frac{b (\%)}{100} = b(m/m)$$

$$\frac{\lambda/1 (kcal)/m \cdot d \cdot ^\circ C}{20,6} = \lambda (W/m \cdot k)$$

### 4.3. A tervezett vízbeszerzés méretezési módszerei

Ez a fejezet a termelés hatására kialakuló vízmozgási folyamatokat tartalmazza.

#### 4.3.1. Általános elvek

A vízbeszerzési teljesítmény méretezése a következő módszerekkel végezhető:

A) Hidrológiai módszerek, ezen belül

A/1) Vízigyűjtő teljesítmény vizsgálata vízháztartási mérleggel

A/2) Zártrendszerű tározónál a méretezés statikus víztérfogatból indulhat ki

A/3) Távolabbi utánpótlódási kapcsolatok mérlegelése

A/4) Meglévő vízhozam idősor feldolgozásából

B) Hidraulikai módszerek, ezen belül

B/1) Kutató vagy termelő létesítmény próbaszivattyúzásából, ezen belül

B/1.1.) Q-H görbéből (állandósult hozamból)

B/1.2.) Visszatöltődés vizsgálatból (nem állandósult hozamból)

B/2) Archív vízhozam, víztermelési adatokból, szakirodalomból átvéve

B/3) Kishozamú forrásoknál ( $Q - 100 \text{ m}^3/\text{d}$ ) a forrás előtti mederszelvény vízszállító keresztmetszetéből és eséséből becsülve

Mértékadó hozamnak kell tekinteni a vízbeszerzési tervezésnél a fenti módszerekkel meghatározott és mérlegelt vízhozamok átlagos értékét, mindig a megfelelő hibatartománnyal.

### 4.3.2. Vízkészletek értelmezése

A vízkészleteket megkülönböztethetjük a tározódás és a vizsgálati módok szerint is.

#### 4.3.2.1. A víz tározódása szempontjából

A hazai gyakorlatban a tározó működése szempontjából megkülönböztetett vízkészletek a következők:

- 1) Természetes statikus (térfogati) készlet: ( $V_S/t$ ) a pillanatnyilag tárolt készlet, egy bizonyos időhorizonton belül nem utánpótlódó hányada.
- 2) Kitermelhető statikus készlet:  $Q_{KS} = V_{SK}/t$   
A statikus készletnek azon hányada, amit sokszempontú vizsgálatnál és mérlegeléssel egy adott időszakban, korlátozott mértékben kitermelhetünk.
- 3) Természetes dinamikus (utánpótlódó) készlet: ( $Q_D = \Delta H \cdot F / t$ )  
A tározó vízszint (víznyomás) és (ahol van) forráshozam ingadozásának egy időhorizonton belüli szélsőérték tartományával meghatározott készlet.

Fontos szempont, hogy egy hegység vagy hegység rész dinamikus utánpótlódó készlete nem egyszerűen a forráshozamok összege, mivel onnan lehetséges egyéb földalatti, laterális elszivárgás is.

- 4) Kitermelhető dinamikus készlet: ( $Q_{KD}$ ) az előbbinek sokszempontú vizsgálatával és mérlegeléssel meghatározott kitermelhető hányada, ami általában nagyobb időegységenként is változó.

A fentieket képletformával jellemezve:

$$\begin{array}{ccc} V_S/t & Q_D & \\ \uparrow & \uparrow & \\ \boxed{Q_{KS} + Q_{KD}} & \rightarrow & Q_T(t) \end{array}$$

$$C \cdot V_S \cdot \Delta t = V_D \cdot \frac{n}{\Delta t} + w \cdot F_1 + k \cdot i \cdot F_2 \dots stb.$$

Látható, hogy a készletek mértékegysége lehet térfogat ( $m^3$ ) és lehet hozam ( $m^3/d$ ,  $m^3/t$ ) dimenziójú.

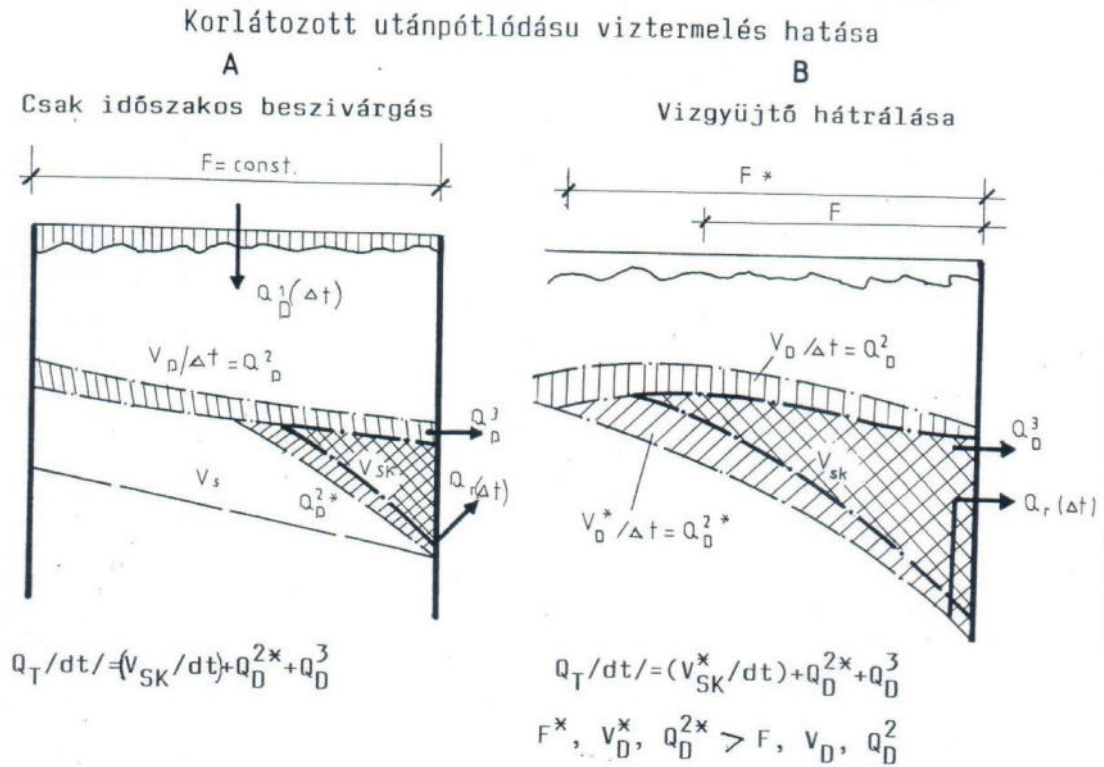
A kitermelési arányok (C) mérlegelésének szempontjai lehetnek:

- hidraulikai (mennyi áramolhat egyáltalán a termelési pontra)
- műszaki (az építészeti megoldás, gépészet, elektromos energia alapján)
- gazdaságossági (pénzügyi feltételek, megtérülési idő)
- vízgazdálkodási (regionális nagytérségi vízmérlegek, vízelosztási tervek)
- környezetvédelmi (milyen mértékű károkat okozhat)
- szükségállapot szerinti (havária esetére)

A készletek vizsgálata szempontjából (lásd: 4.3.1. fejezet)

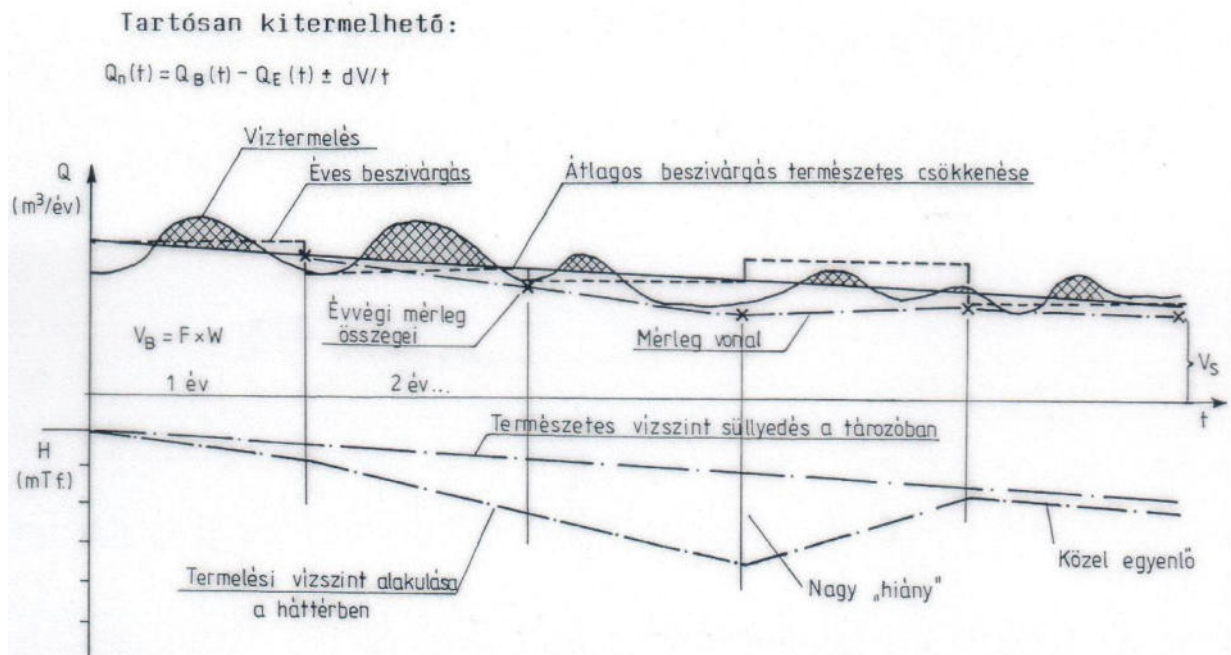
A készletértelmezést magyarázzák a 4-9., 4-10. ábrák

4-9. ábra



4-10. ábra

**Víztermelési idősor**



A fenti készlet típusok a következő fejezetekbeli módszerekkel határozhatók meg.

- 1) A kút-hidraulikailag kitermelhető és
- 2) A földalatti vízgyűjtőből hidrológiailag utánpótlódó vízkészletek

Tehát a vizsgálatok történhetnek egyfelől a víztermelési ponton (pl. próbaszivattyúzással), másfelől a vízgyűjtőn (pl. beszivárgási vizsgálattal). A kétféle készletvizsgálat eredménye között általában eltérés adódik, a vízgyűjtő (vítározó), illetve a víztermelési pont közvetlen környezetének eltérő vízállító képessége és víznyomásviszonyai miatt. Ezért fontos, hogy egy kútból, aknából, forrásból kitermelhető vízkészletet ne csak a próbaszivattyúzás és a helyi vízhozam adatsor alapján adjunk meg karszt- és hasadékvíz tározóknál sem, hanem a vízgyűjtő, víztározó elemzése alapján is ellenőrizve.

Irodalom: 1/6/10/15/17/19/27/34/37/38/41/42/43

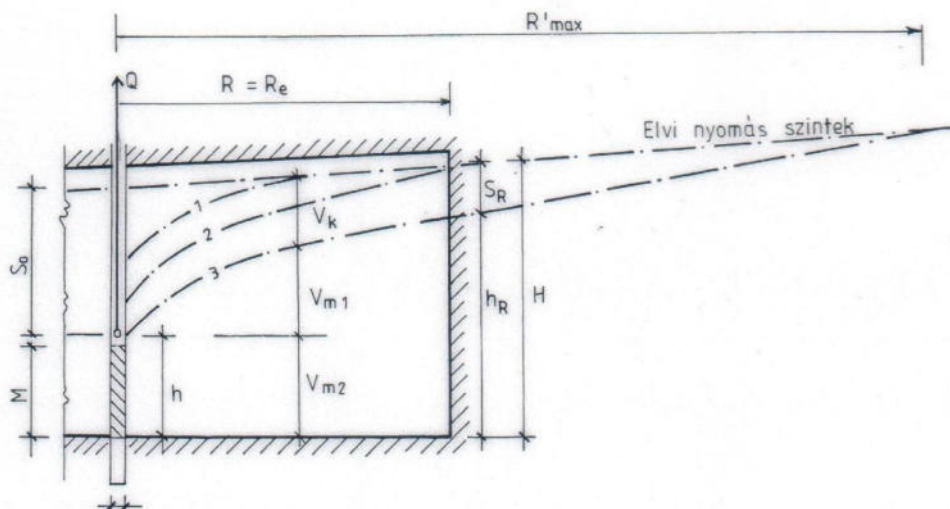
Fontos szempont, hogy a kitermelhető dinamikus készlet vízgyülekezési feltétel rendszere (vízgyűjtő terület, hozzáfolyási módok és irányok) „kitágulhat” a víztermelés (leszívás) hatására a természetes állapothoz képest.

### 4.3.3. Utánpótlódás nélküli tározók

Működési vázlatát a 4-11. ábra mutatja.

4-11. ábra

Alul-felül-oldalt zárt rendszerű szabadtükrű tároló



A lamináris áramlás a gravitációsan kitermelhető statikus vízkészlet, hengerszimmetrikus esetben = a henger alakú víztárolótér térfogatából levonva a szabályos forgástest alakú, domború felületű maradék víztérfogatot.

$$V_k = \left( R_e^2 \cdot \pi \cdot s_0 - R_e^2 \cdot \pi \cdot \left( s - \frac{s_0}{2 \ln \frac{R_e}{r}} \right) \right) \cdot n$$

ahol:

$V_k$ : az elérhető legnagyobb leszívással leürített depressziós térfogat ( $m^3$ )

$R_e$ : a korlátozott kiterjedésű tározó egyenértékű sugara (m)  
meghatározva 4.3.8. szerint

$r$ : a kút sugara (m)

$s_0$ : az elérhető legnagyobb leszívás (m) a kútban (m)

$n$ : hézagtérfogat ( $m^3/m^3$ )

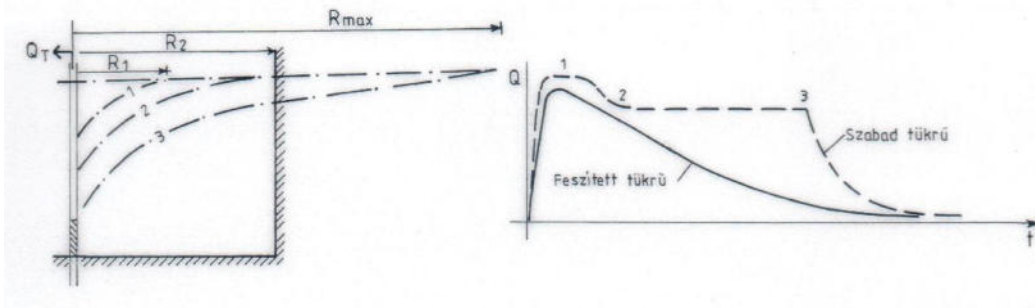
$(V_{m1} + V_{m2}) / n$ : bennmaradó víztömeg ( $m^3$ )

A 4-12. ábra 3. helyzetű depressziós görbéjének kialakulásáig elérhető maximális kúthozam, szabadvízfelszínű rendszerben:

$$Q = \frac{4 \pi \cdot k \cdot M \cdot s_0}{\ln \left( 2,25 \cdot a \cdot \frac{t}{r^2} \right)}$$

4-12. ábra

Zárt rendszerű, feszített, ill. szabadtükrű tároló



Nyomás alatti rendszerben:

$$Q = 2,73 \frac{k \cdot M \cdot s_0}{\lg \frac{R}{\rho}}$$

A pillanatnyi maximális hozam:

$$Q(t) = Q_k \cdot e^{-\frac{Q_k}{V_{ml} \cdot n} (t - t_0)}$$

ahol:

$Q_K$ : a kezdeti hozam

A tározó szélén bekövetkező kontúrnyomás csökkenés:

$$h_R(t) = H \cdot e^{-\frac{Q_{\text{átl.}}}{V_{ml} \cdot n} (t - t_R)}$$

A depressziós távolyhatás terjedése:

időköz:  $R(t) = \sqrt{2,25 \cdot a \cdot t}$  Maximális  $R_{\text{max}} \cong 1,5 \div 2 \sqrt{a \cdot t}$

Egy bizonyos hozam, utánpótlódás nélküli tározó depressziós tölcserből biztosítható időtartama:

$$t \leq \frac{\pi \cdot M \cdot (R^2 - r^2) \cdot n}{Q}$$

A mindenkori maximális korlátozott idejű leszíváshoz tartozó vízhozam karakterisztikája a 4-12. ábra szerint alakul az időben, utánpótlódás nélkül.

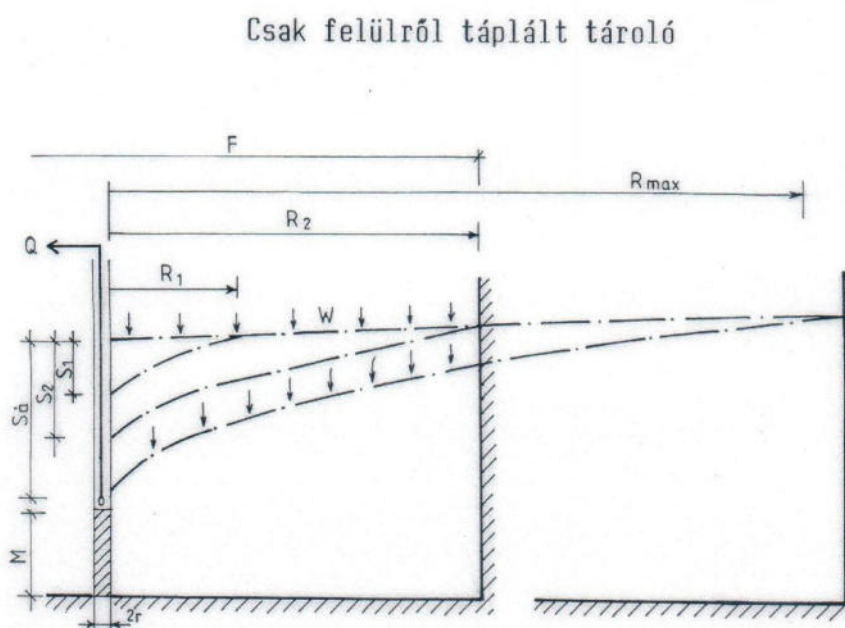
300-500 m-nél nagyobb mélységű, 30 °C-nál magasabb hőmérsékletű hasadék-, karsztvíztározók estén már jelentőséggel bírnak az eredeti vízszlop több, mint 20 %-os termelési csökkentése mellett:

- a víz és kőzet térfogattágulása (lásd: rétegvizes számítások)
- a viszkozitás és fajsúly csökkenés (lásd: 4.3.12. fejezet)

#### 4.3.4. Felülről utánpótlódó szabad felszínű tározó

A hidrogeológiai vázlatot a 4-13. ábra mutatja.

4-13. ábra



A  $w$ -vel jelzett areális beszivárgás mellett, vagy helyett vízfolyás elnyelődése is lehetséges, amit a vízgyűjtő felszín területével arányosan kell  $(\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2) = \text{m}/\text{d}$  mértékegységre átszámítani.

A kitermelhető gravitációs dinamikus vízkészlet a beszivárgással tart egyensúlyt, a véges kiterjedésű tározóban, vagy a műszakilag lehetséges legnagyobb leszíváshoz tartozó  $R_{\max}$ -ot meghaladó oldalirányú kiterjedés esetén:

$$Q_D = R^2 \cdot \pi \cdot w$$

A kezdeti hozam ettől nagyobb is lehet a statikus készlet fogyasztása miatt:

$$Q_0 = c \cdot a \cdot t$$

ahol:

$c$ : kitermelési tényező, a készlet határ kiterjedésével arányos (m/d)

A depressziós hatás stacioner hozzááramlás esetén, ha a piezo-vezetőképesség ( $a$ ) és a beszivárgás ( $w$ ) állandó

$$R_2 = R_1 \sqrt{\frac{S_2}{S_1}}$$

Instacioner esetben az időközi távolhatás:

$$R(t) = \sqrt{2,25 \frac{k \cdot M}{n + \frac{2 \cdot w \cdot t}{S_{\text{átl.}}}}}$$

Végső depresszió:

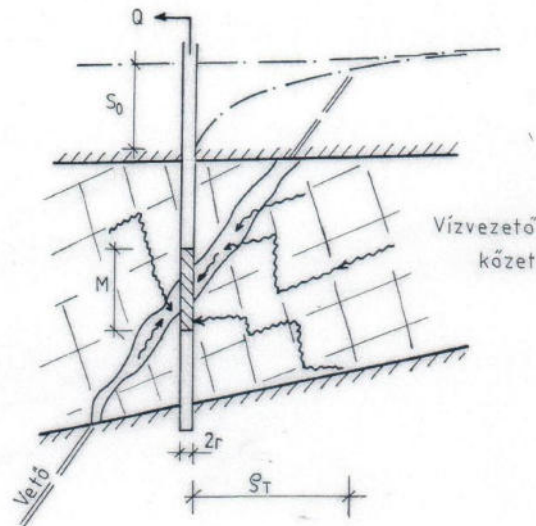
$$R_{\max} = \sqrt{2,25 \frac{k \cdot M \cdot s}{2 \cdot w}} \quad \text{vagy} \quad \sim \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M \cdot s}{w \cdot \ln \frac{R}{r}}}$$

#### 4.3.5. Felülről utánpótlódó zárt tározó

A működési sémát és az időfüggvényt a 4-14. ábra mutatja, érzékelte, hogy ez a modell tisztán alulról származó, pl. konszolidációs vízkészletből való utánpótlódásra is érvényes.



## Vetős járatmenti termelés



Adott hozam mellett kialakuló leszívás

$$S \cong \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M} \cdot \ln \frac{R}{r} + \frac{Q^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot (k_T \cdot M)^2 \cdot r}$$

Ebből kifejezhető a keresett hozam:

$$Q \cong \frac{\sqrt{\left(\frac{\ln \frac{R}{r}}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M}\right)^2 + \frac{4 \cdot \pi^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot k_T \cdot M^2 \cdot r} \cdot S} - \frac{\ln \frac{R}{r}}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M}}{2} \cdot \frac{2}{4 \cdot \pi^2 \cdot (k_T \cdot M)^2 \cdot r}$$

a turbulens szivárgási tényező

$k_T$  meghatározása történhet

- részstatistikai mérésekből:

$$k_T = 0,3 \frac{N \cdot d \cdot 100}{M} \cdot \sqrt[4]{\frac{k}{\frac{N \cdot d \cdot 100}{M}}}$$

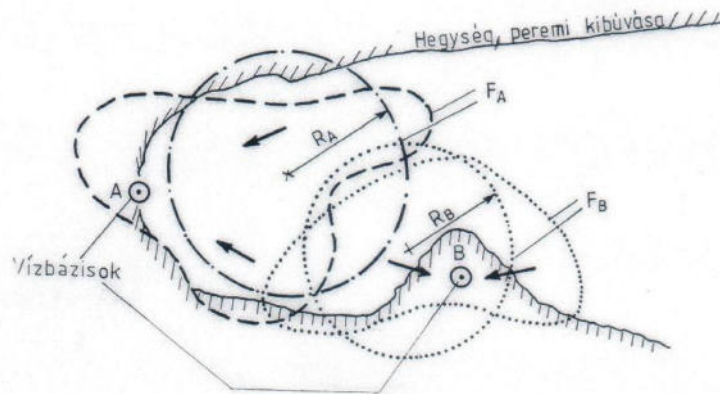
- próbaszivattyúzásból előállított  $s/q = f(q)$  karakterisztikus egyenesből (Irodalom: 6/28. ábra)
- nomogramból (lásd: irodalomjegyzék: 6/43. ábra)

### 4.3.7. Két távolabbi, de egymásra ható víztermelés együttes hozama

Helyszín vázlatot lásd a 4-16. ábrán.

4-16. ábra

Egységes vízgyűjtőn kétpontos termelés, együttes hatása



$$Q_B = Q_A \frac{(K \cdot M)_B}{(K \cdot M)_A} \cdot \frac{S_B}{S_A} \cdot \frac{\lg \frac{R_B}{\rho_B}}{\lg \frac{R_A}{\rho_A}}; \quad \sum Q = Q_A + Q_B$$

### 4.3.8. Kútcsoportos vízmű hozama nagy kút módszerrel határozható meg

Nyomás alatti esetben:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M \cdot S}{\ln \frac{R}{\rho_e}}$$

Szabad vízfelszínű esetben:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M \cdot s}{\ln \sqrt{\frac{2,25 \cdot a \cdot t}{\rho_e^2}}}$$

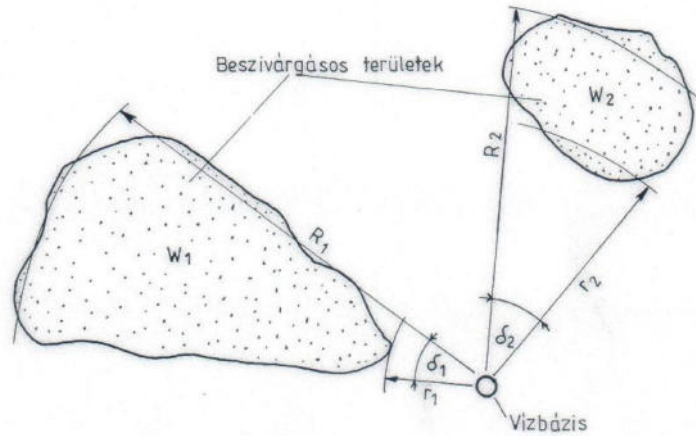
A kútcsoport egyenértékű sugara:

$$\rho_e = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad \text{ill.} = \sqrt[N]{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \dots \cdot \rho_N}$$

#### 4.3.9. Zárt tároló, vízbázisból „r” távolságra kezdődő körszektor szerű beszivárgási felületű utánpótlással

4-17. ábra

Kétrészes vizgyűjtő, egyponos termeléssel



Kitermelhető készlet:

$$Q_K = (R_1^2 - r_1^2) \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360} \cdot w_1 + (R_2^2 - r_2^2) \cdot \pi \cdot \frac{\beta}{360} \cdot w_2$$

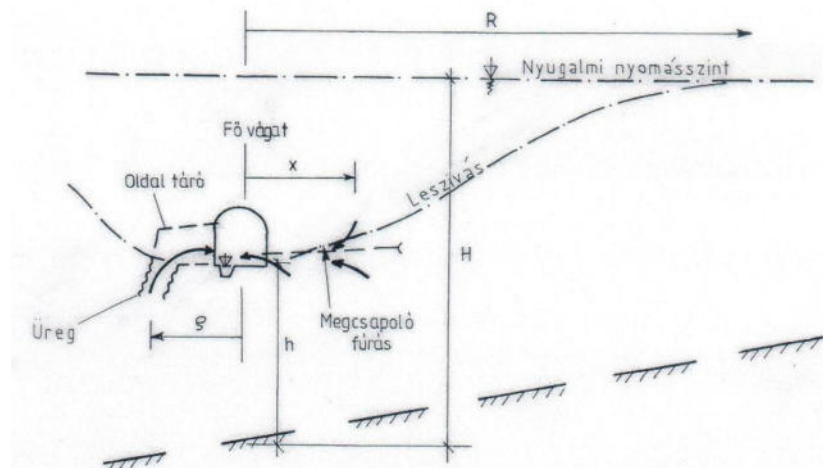
#### 4.3.10. Víztermelő vágat hozama és leszívása

A 4-18. ábra szerinti elrendezés esetén szabad felszínű víztükör alatti lamináris áramlásnál:

$$Q = k \cdot (H^2 - h^2) \cdot \frac{L}{R}$$

4-18. ábra

Vágat-üreg-furásos rendszerű termelés



Ha a vágat a fekére van telepítve és csak egyoldali utánpótlódást kap (pl. hegységperemi forrásfoglalásnál):

$$Q = \frac{k \cdot H^2 \cdot L}{2R}$$

Nyomás alatti turbulens áramlás esetén a leszívás:

$$S \cong \frac{Q}{\frac{2\pi}{k \cdot M}} \cdot \ln \frac{R}{x} + \frac{Q}{\pi \cdot k \cdot L} \cdot \ln \frac{x}{r} + \frac{Q^2}{(k_T \cdot L)^2 \cdot L}$$

A hatótávolság számítása:

$$R = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{a \cdot t}$$

#### 4.3.11. Függőakna üzemi leszívása

A tervezett hozamból számítható.

$$S \cong \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M} \cdot \ln \frac{R}{\rho} + \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M} \cdot \ln \frac{\rho}{r} + \frac{Q^2}{(2 \pi \cdot k_T \cdot M)^2 \cdot r}$$

Irodalom: 433-1, /2/5/6/24/28/38/39

#### 4.3.12. Melegvíz utánpótlódás számítása kevert vizű esetben

Egy  $T$  hőmérsékletű melegvízű kút vagy forrás  $Q$  átlagos hozamából a mélyáramlásos eredetű melegvízrész a hazai  $10^\circ\text{C}$  átlagos felszíni hőmérséklet mellett

$$Q_m = Q \frac{T - 10}{T_m - 10}$$

ahol a feláramló melegvíz összetevő  $T_m$  mélységi hőmérsékletét a térség fúrás-, kút talphőmérsékleti adataiból határozzuk meg.

#### 4.3.13. Szivárgási tényező átszámítása

A hőmérséklet mélységi növekedésével csökkenő víz térfogatsűrűség és dinamikai viszkozitás alapján

$$k_2 = \frac{\left(\frac{k_1 \cdot \eta_1}{\gamma_1}\right) \cdot \gamma_2}{\eta_2}$$

ahol:

$k_1$ : „hidegvizes” ismert szivárgási tényező  
 $k_2$ : melegvizes keresett szivárgási tényező

$\eta_1$ ;  $\gamma_1$ : hidegvizes térfogatsűrűség, ill. dinamikai viszkozitás

$\eta_2$ ;  $\gamma_2$ : hidegvizes térfogatsűrűség, ill. dinamikai viszkozitás

A behelyettesítések mértékegységei:  $k$  (m/d),  $\eta$  (kg/m·d),  $\gamma$  (kg/m<sup>3</sup>)

A  $k_1$ : próbaszivattyúzási adatokból, vagy kőzet-fizikai táblázatokból, az  $\eta$ ,  $\gamma$  értékek a hőmérséklet függvényében táblázatokból kereshetők ki. (Irodalom 6/3-9, 3-12 és 3-13. táblázatok)

#### **4.3.14. Kibúvásos, távolabbi utánpótlódású, elfedett hasadékos (karsztos) hévíztározó rendszer hézagterfogat becslése csapadékbeszivárgás nyomán jelentkező vízszint (nyomás) emelkedésekből**

A 4-19. ábra alapján a beszivárgást a hegység kibúvásában (pl. észlelőkútban) egy nagyobb mértékű, a mélységi tározórészre mélyült termelő kútban egy kisebb mértékű vízszint, illetve nyomásemelkedés követi. Ez alapján meghatározható a kőzet hézagterfogat:

$$n_1 = \frac{b \cdot F_1 - h_2 \cdot F_2 \cdot \beta \cdot \gamma \cdot E}{h_1 \cdot F_1 + h_2 \cdot F_2}$$

Oldott gázt tartalmazó víz térfogat kiterjedési tényezője:

$$\beta = \beta_V (1 + 0,05 \text{ "GVV"})$$

„Gáz-Víz-Viszony” mérésből kapjuk

$\beta_V$ : Lásd irodalom 2/3.11. táblázat;  $E$ = irodalom 6/3.10. táblázat

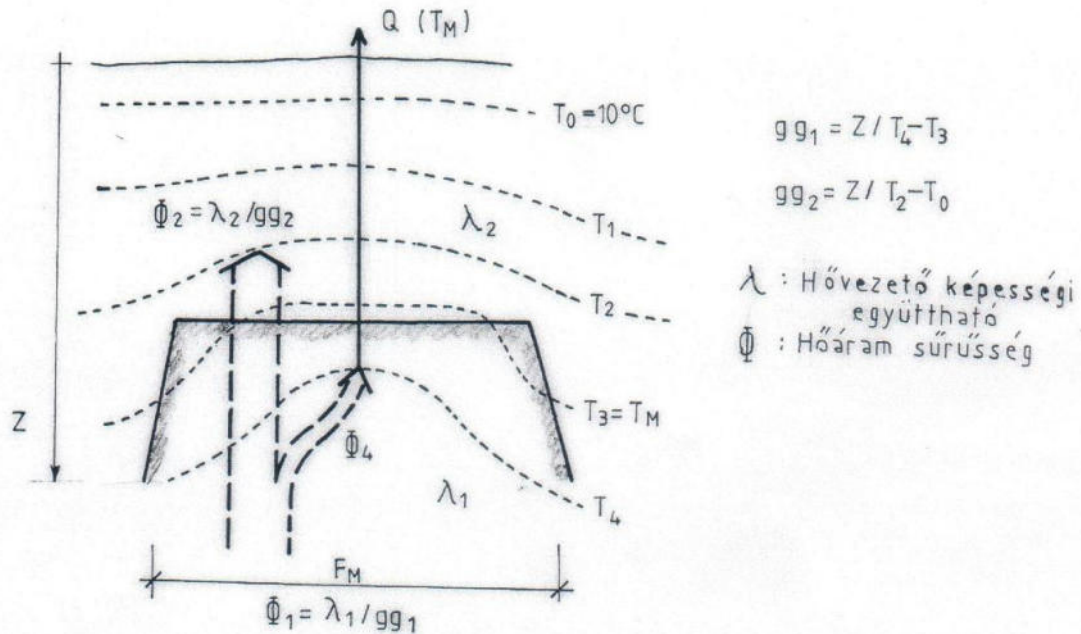
#### **4.3.15. Kitermelhető melegvíz készlet (Q, kg) becslésszintű számítása, ismert földtani szerkezet alapján**

A 4-20. ábra szerinti eltakart mély geológiai szerkezet alapterületének és a mélységi hőmérséklet ismeretében a hőtánpótlódás alapján kitermelhető maximális, állandó hőmérsékletű melegvízkészlet:

$$Q = \frac{\left( \frac{\lambda_1}{g g_1} - \frac{\lambda_2}{g g_2} \right) \cdot F_H}{c (T_H - 10)} \quad (kg)$$

4-20, ábra

## Hőgyűjtő rendszer



Ha a víztermelés hosszabb idejű átlaga meghaladja a földi hőáram által biztosított hőkészletet, akkor a kitermelt víz hőmérséklete csökkeni fog: a kúttalpon nagyobb, a kitermelésnél, vízkifolyásnál kisebb mértékben, a kútfal menti felfűtött kőzetgyűrű kiegyenlítő hatása miatt. Ennek mértéke az előbbi összefüggés alapján kezdetben fordítottan arányos a kitermelés növekedésével. A lehülési folyamat felgyorsulhat akkor, ha a melegvíztározó hasadékos kőzettömeg nyomáscsökkenése miatt megnövekszik a felszíni eredetű hidegvizek beáramlási aránya. Erre a 4-3. sz. példa mutat megoldást.

Irodalom: 4/8/13/14/16/18/19/21/27/34/37/38/39/42

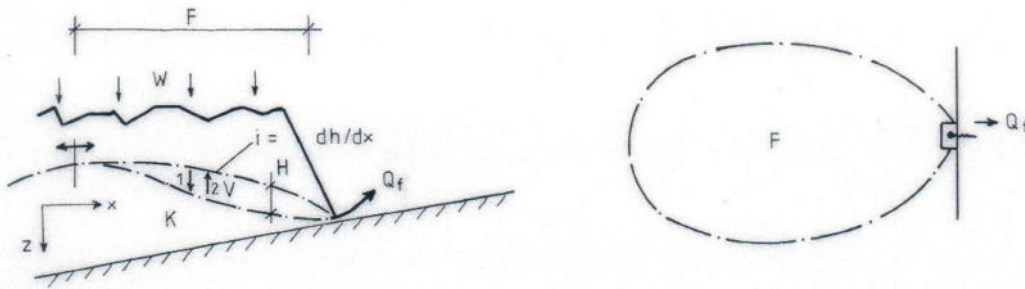
#### 4.3.16. Kisebb kapacitású forrásfoglalások kitermelhető készlete

$$(Q \leq 500 - 1000 \frac{m^3}{d})$$

A 4-21. ábrán bemutatott forrás modell a beszivárgásból táplálkozik, aminek a hozama:

$$Q_1 = w \cdot F$$

## Hegy peremi forrás készletváltozása



Próbaszivattyúzás Q-H görbéjéből számítható hidraulikus hozam:

$$Q_2 = f(H)$$

A vízadórétegbeli hidraulikus esésből számítható hozam:

$$Q_3 = k \cdot \frac{dz}{dx}$$

Többéves vízhozam idősor alapján meghatározott hozam:

$$Q_4 = \sum_{i:1-N} \frac{q_i}{N} \quad \text{ahol } N: \text{periódus szám (db)}$$

Ebből a mértékadó minimum ( $Q_{4min}$ ) ivóvízellátásnál a 95 %-os tartósságú kisvízi hozam, amit össze kell vetni  $Q_2$ -vel és rögzíteni kell a vízbeszerzési tervben, hogy ettől kisebb hozamok is előfordulhatnak 20 évenként egy-egy alkalommal,  $\underline{x}$  napon át.

Száraz időszaki statikus készlet fogyasztással pl. 100 napon át biztosítható minimális hozam:

$$Q_5 = \frac{V \cdot n}{100}$$

Így a forrásfoglalás mértékadó hozamai (mindig az adott körülmények mérlegelésével is az ilyen eltérő részeredmények miatt)

$$\text{középvízi} \quad K\ddot{O}_Q = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3} \quad \left(\frac{m^3}{d}\right)$$

$$\text{kisvízi} \quad KQ = \frac{Q_{4min} + Q_5}{2} \quad \left(\frac{m^3}{d}\right)$$

A nagyobb kapacitású forrásfoglalások utánpótlódása geológiailag bonyolultabb, ezért azok mindig speciális hidrogeológiai vizsgálatokat is kívánnak. Erre egy eseti számpéldát mutatunk be (4-4. példa), valamint az Irodalomból vehetünk példákat: 4/18/22/35/36.

#### 4.3.17. A természetes karszt- és hasadékvíz tárolás hasznosítása

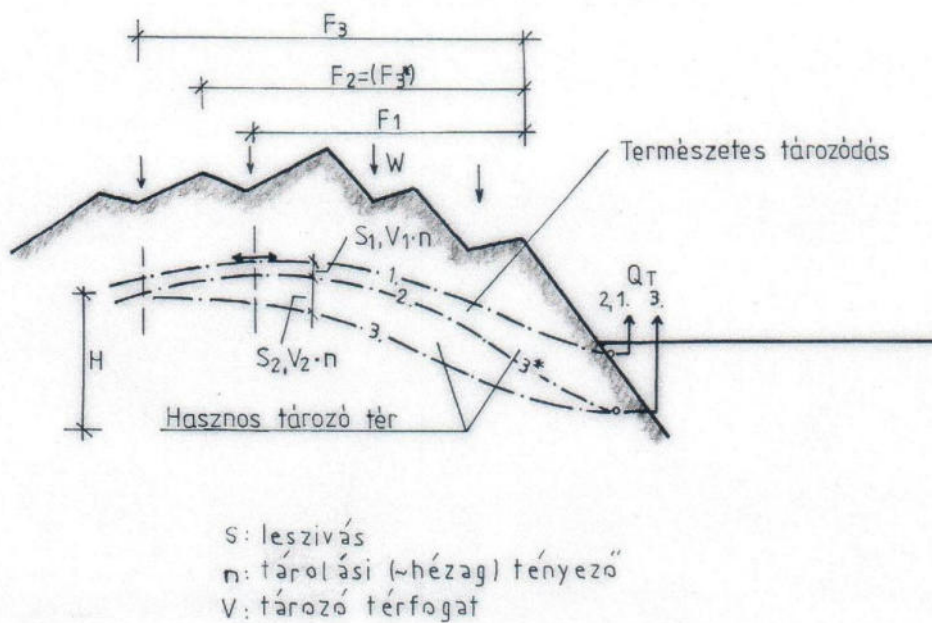
Időszakos, változó mértékű, de hosszú idő távlatában folyamatos, kellő intenzitású utánpótlódással rendelkező hasadék és karsztvíztározók lehetőséget biztosítanak arra, hogy az utánpótlódási minimumok idején, az utánpótlódást meghaladó, korlátozott idejű víztermelést végezzenek, tartós környezeti károk nélkül.

Erre főként karszthegységek peremén, illetve mélyen bevágódott völgyekben van lehetőség.

Elvét a 4-22. ábra mutatja.

4-22. ábra

#### Természetes földalatti víztározó rendszer termelési hasznosítása



Az ábrán feltüntetett egymást követő vízszint helyzetek:

1. Eredeti egyensúlyi karszt-, (hasadékvízszint)  $Q_T$  forrás (kút, akna, stb.) vízhozammal
2. Beszívárgás hiány miatt lesüllyedt karsztvízszint, lecsökkent hozammal
3.  $3^x$ : Termelési beszívás és hozam növelés /  $Q_T$  miatt átmenetileg lesüllyedt karsztvízszint
4. = 1. vagy 2.-vel: Beszívárgás növekedés és/vagy termelés csökkentés miatt visszaemelkedett karsztvízszint

A hasznosított földalatti tározótér az átmeneti hozamnöveléssel leürített 2.-3. vízszintek közötti  $V_2 \cdot n$  víztömeg, amiből a  $t$  időszakban hasznosított vízhozam, ha közben érvényesült valamennyi beszívárgás is:

$$Q_T = \frac{V \cdot n}{(t + w \cdot F)}$$

A 4-22. ábrából látható, hogy a tározási térfogat hátranyúlásának követése ( $F_1 \xleftarrow{\quad} F_2 \xleftarrow{\quad} F_3$ ) fontos számítási alapadat, amit általában figyelőkúttal tudunk meghatározni. Lehetséges olyan eset is, amikor ezt geológiai alapon lehet meghatározni.

### Számpéldák

a karszt-, és hasadékvíz beszerzésekhez

#### 4-1. példa

- a) Mekkora  $Q$  átlaghozammal üzemeltethető egy kis vízmű  $r = 0,1$  m szűrőátmérőjű kútja, egy  $F = 0,5$  km<sup>2</sup>-nyi területű,  $M = 20$  m átlagvastagságú,  $n = 0,01$  hézagterefogatú,  $k = 5$  m/d szivárgási tényezőjű, geológiailag zárt, szabad felszínű, hasadékos szerkezetű kőzettömegből, ha max.  $t = 100$  napos utánpótlódási szünetet veszünk figyelembe,  $s = 100$  m-es kútleszívásig.

$$\text{A tározó egyenértékű sugara } R_e = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 399 \text{ m}$$

A kitermelhető vízmennyiség  $s_{\max} = 10$  m leszívásig

$$V_K = \left( 399^2 \cdot \pi \cdot 10 - 399^2 \cdot \pi \cdot \left( 10 - \frac{10}{2 \ln \frac{399}{0,1}} \right) \right) \cdot 0,01 = 3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{átl.}} = \frac{V_K}{t} = 30 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \text{ a megengedhető átlaghozam}$$

- b) Mekkora kútteljesítményt biztosítana a vízáadó kőzet és kútszerkezet együttműködése  $M=5$  m hosszú szűrőzéssel?

$$Q = \frac{4 \pi \cdot 5 \cdot 5 \cdot 10}{\ln(2,25 \cdot 10^3 \cdot \frac{100}{0,1^2})} = 186 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

- c) Mekkora lenne az elméleti leszívási sugár a tározó valamilyen nagyobb kiterjedése esetén,  $M = 5$  m hosszú szűrőzéssel?

$$a = \frac{5 \cdot 5}{0,01} = 2,5 \cdot 10^3 \frac{\text{m}^2}{\text{d}}$$

$$R_{\max} = 2 \cdot \sqrt{2,5 \cdot 10^3 \cdot 10^2} = 1000 \text{ m}$$

- d) Mekkora lesz a tározó szélén a végső  $S_R$  vízszintsüllyedés?

$$h_R^2 - 10^2 = \frac{30}{\pi \cdot 5} \cdot \ln \frac{399}{0,1} = 15,8 \text{ m} \quad h_R = 10,8 \text{ m}$$

$$s_R = H - h_R = 20 - 10,8 = 9,2 \text{ m}$$

- e) Mikor éri el a növekvő depresszió a tározó peremét?  
( $R_e = 399 \text{ m-t?}$ )

$$t = \frac{399^2}{4 \cdot 2,5 \cdot 10^3} = 16 \text{ nap múlva}$$

Ezután megindul a peremi vízszintsüllyedés, majd a hozam csökkenése. Ha 100 nap után a tározó közet csapadék beszivárgást kap, akkor ismét nőhet a hozam, ill. a deprimált víznyomás. A kontúrnyomás csökkenés a 100. nap végén:

$$h_{100} = 200 \cdot e^{-\left( \frac{30}{399^2 \pi \left[ 10 - \frac{10}{2 \ln \frac{399}{0,1}} \right] \cdot 10^{-2}} \cdot 10^2 \right)} = 18,8 \text{ m}$$

$$s_{100} = 20 - 18,8 = 1,2 \text{ m} \leq s_R$$

#### 4-2. példa

Egy hasadékos vagy karsztos felépítésű hegyvidék belsejében az A helyen ivóvíztermelő kútsoport létesül, a hegység perem előterében pedig a B helyen ugyanezt a víztárolót egy hévízkút pár is megcsapolja, geológiailag közös vízgyűjtőről.

Alap paraméterek

Hely	Kút (db)	k (m/d)	M (m)	n (-)	s (m)	Q ( $10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ )
A	5	50	50	0,01	10	5
B	2	10	20	0,005	20	?

- a) piezo vezetőképesség meghatározása annak figyelembevételével, hogy az A területen szabad köztérfelületi beszivárgás érvényesül ( $b = 200 \text{ mm/év}$ )

$$w = \frac{2 \cdot 10^{-1}}{365} \cdot 10^2 = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/d}$$

így az éves diffuzivitás

$$a = \frac{50 \cdot 50}{10^{-2} + \frac{2 \cdot 5,5 \cdot 10^{-4} \cdot 3,65 \cdot 10^2}{10}} = 5 \cdot 10^4$$

B – területen (fedett, mélységi vizű terület)

$$a = \frac{10 \cdot 20}{5 \cdot 10^{-3}} = 4 \cdot 10^4 \frac{m^2}{d}$$

Távolhatások egyenértékű sugarai

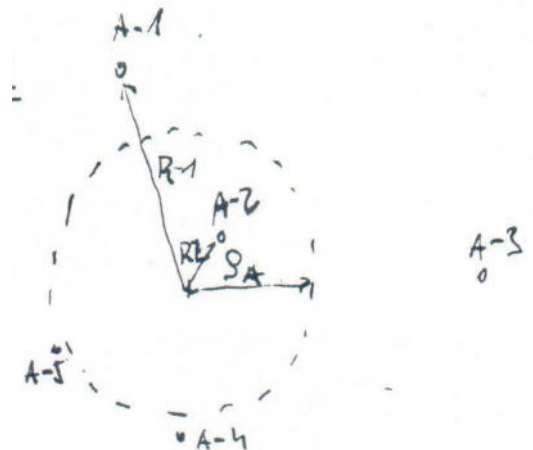
$$f/w/ ! R_A \max = \sqrt{2,25 \frac{k \cdot M \cdot s}{2 \cdot w}} = \sqrt{2,25 \cdot \frac{50 \cdot 50 \cdot 10}{2 \cdot 5,5 \cdot 10^{-4}}} = 7151 \text{ m}$$

$$f/w = 0/ R_B = 1,5 \sqrt{5 \cdot 10^4 \cdot 3,65 \cdot 10^2} = 6408 \text{ m (egy év alatt)}$$

A megcsapoló rendszerek egyenértékű sugarai

$$\rho_A = \sqrt[5]{58 \cdot 17 \cdot 93 \cdot 49 \cdot 50} = 47 \text{ m}$$

$$\rho_B = 33 \text{ m}$$



Kérdés: hogy ha az A telep éves ivóvíz termelése 5 millió m<sup>3</sup>, mennyi lesz (egymásra hatással) a B telepi, napi hévíz termelés?

$$Q_B = 1,37 \cdot 10^4 \cdot \frac{10 \cdot 20}{50 \cdot 50} \cdot \frac{20}{10} \cdot \frac{\lg \frac{7151}{47}}{\lg \frac{6408}{33}} = 2091 \frac{m^3}{d}$$

### 4-3. példa

Mekkora a hőmérsékletcsökkenés nélkül kitermelhető vízmennyiség egy elfedett hasadékvíz tározóból, ha annak földtani szerkezeti alapon meghatározott hógyújtó területe ( $F_H$ )  $30 \text{ km}^2$  ?

A termo-hidraulikai paraméterek a következők:

Kőzet	gg (m/°C)	$\lambda$ kcal / m·d·°C	$\lambda$ W/m·K	k (k/d)	M (m)	T (°C)	r (m)	n (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Fedő	21	50	3,15	$10^{-2}$	-	-	-	-
Tározó	15	65	2,42	12	20	40	0,15	$10^{-2}$

$$c = 1 \text{ kcal / kg}^\circ\text{C}$$

a) Hőmérleg alapján

$$Q_1 = \frac{\left(\frac{65}{15} - \frac{50}{21}\right) \cdot 3 \cdot 10^7}{40 - 10} = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 2000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$\left(\gamma = 1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}\right)$$

b) Hidraulikailag, ha a depressziót a víztározó szerkezeten belül akarjuk tartani, korlátozott utánpótlódással

$$R = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7}{\pi}} = 3090 \text{ m}$$

Módosított Sichardt képletből az ehhez tartozó leszívás (k, m/s)

$$s = \frac{R}{8 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{k}} = \frac{3,1 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^3 \sqrt{8,64 \cdot 10^{-4}}} = 13,2 \text{ m}$$

$$Q_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 13,2 \cdot 10 \cdot 20}{\ln\left(\frac{3,1 \cdot 10^3}{1,5 \cdot 10^{-1}}\right)} = 1670 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

ami valamivel kisebb, mint a hőmérleggel számított hozam, így a vízbeszerzési tervben biztonsággal  $1500 \text{ m}^3/\text{d}$  átlag hozam prognosztizálható.

c) Mekkora utánpótlódás várható a fedőréteg alsó  $2L = 100 \text{ m}$  vastag rétegéből, ha a hévíztározó szerkezet felületének  $1/5$ -én a nyomásszint  $h = 0,5 \text{ m}$ -rel lesz kisebb (a központi  $13,2 \text{ m}$  depresszió mellett), mint a fedő rétegé, az elvégzett vizsgálatok és szerkesztések szerint?

A függőleges hidraulikai gradiens  $i = 0,5 / 50 = 10^{-2}$  m/m

$$Q_3 = k \cdot i \cdot F \cdot 0,2 = 10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^7 \cdot 0,2 = 600 \frac{m^3}{d}$$

Mivel a kitermelhető készletet ( $Q_T$ )  $1500 \text{ m}^3/\text{d}$ -ben határoztuk meg, akkor az ehhez szükséges oldalirányú, vagy alááramlásos utánpótlódás:  $1500 - 600 = 900 \text{ m}^3/\text{d}$  kell, hogy legyen.

Ha ez egy 5 km-re lévő szabadfelszínű beszivárgásos területről várható, amely vízszintje 5 m-rel magasabb, mint a hévíztároló leszívott nyomásszintje, akkor pl. turbulens áramlás mellett a lehetséges utánpótlódás

$$Q_4 = k \cdot \sqrt{i} \cdot M \cdot 2R \cdot n = 10 \cdot \sqrt{10^{-3}} \cdot 20 \cdot 6180 \cdot 10^{-2} = 390 \frac{m^3}{d}$$

Így végeredményben a várható, tartósan kitermelhető hidraulikai készlet

$$(Q_3 + Q_4) = 100 \text{ m}^3/\text{d}$$

A számítási modellt a 4-25. ábra mutatja.



d) Mekkora hőmérsékletcsökkenést okozhat, ha az oldalirányú hidegebb vízáramlás megnövekedése miatt a kitermelést megnöveljük 5000 m<sup>3</sup>/d-vel?

Alapadatok:

$Q_T = 1500 \text{ m}^3/\text{d}$ , 40°C mélységi hőmérséklettel (ami egy tökéletes kútban feláramolva 100 m-ként 0,5 – 1,0 °C-al csökkenhet a hazai tapasztalataink szerint)

$Q_3 + Q_4 = 500 \text{ m}^3/\text{d}$ , 30 °C

A keveredő víz hőmérséklete:

$$T = \frac{1,5 \cdot 10^3 \cdot 40 + 5 \cdot 10^2 \cdot 30}{2 \cdot 10^3} = 37,5 \text{ °C}$$

tehát várható kúttalp hőmérsékletcsökkenés 2-3 °C, ami pl. 500 m-es mélységű kút esetén még alig érzékelhető a kútszájnál ebben a tartományban.

#### 4-4. példa

Egy összetett utánpótlódású langyos (karszt-, vagy hasadék) vízműforrás hasznosítását az elvégzett geológiai kutatások alapján víztermelő aknával kívánják megoldani. Mekkora lesz a kitermelhető vízkészlet, a 4-25. ábra szerinti modell esetén?

Az ábra szerinti vízhozam összetevők

- Q<sub>1</sub>: Távolabbi hegyvidéki beszivárgás hidrometeorológiai viszonyoktól függően változó kiterjedésű (F<sub>1</sub>) vízgyűjtővel, változó méretű háttér (H<sub>1</sub>) víznyomással
- Q<sub>2</sub>: Időszakos vízhozáfolyás közeli vízgyűjtő víznyelőjén keresztül, ami lehet pontszerű vagy vonalas működésű.
- Q<sub>3</sub>: Állandó kismértékű vízhozáfolyás közeli felszíni vízből
- Q<sub>4</sub>: Melegvíz feláramlás
- Q<sub>5</sub>: Hosszú idejű forrás vízhozam idősor
- Q<sub>6</sub>: Kutató fúrások próbaszivattyúzási eredménye

Az egyes összetevők meghatározása 4-26. ábra jelöléseivel

$$Q_1 \left\{ \begin{array}{l} Q'_1 = \frac{F_1 + F_2}{2} \quad \dots \text{ vízháztartási alapon} \\ Q''_1 = k \cdot i \cdot \frac{H_1 + H_2}{2} \cdot L \quad \dots \text{ ahol } L \text{ a vízgyűjtő átlagszélessége} \end{array} \right.$$

$$Q_2 = \alpha \cdot F_1$$

Q<sub>3</sub> = mederbeli hozamcsökkenés közvetlen méréséből

$Q_4$  = a kevertvízű forrás hőmérsékletéből és hozamából számított melegvízű összetevő a 3. példa szerint

$Q_5$  =  $K_0Q$  és  $KQ_1$  gyakoriságokból

$Q_6$  = próbakútból meghatározott  $k$ -tényezővel számított hidraulikai akna teljesítmény

A tervezett akna elvi metszete 4-26. ábra szerint. Üzemi leszívása  $Q = 5000 \text{ m}^3/\text{d}$  hozam esetén, ha  $k = 10 \text{ m/d}$ ,  $M = 50 \text{ m}$

$\rho = 20 \text{ m}$ ,  $r = D/2 = 1 \text{ m}$ ,  $k_T = 13 \text{ m/d}$ ,  $R = 3000 \text{ m}$

$$S = \frac{2 \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 50} \ln \frac{3000}{20} + \frac{2 \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 50} \ln \frac{20}{1} + \frac{(2 \cdot 10^3)^2}{(2 \cdot \pi \cdot 13 \cdot 50)^2 \cdot 1} = \mathbf{5,3 \text{ m}}$$

Fentiek összegzésével és mérlegelésével // az akna prognosztizálható hidrológiai vízhozama

$$Q_T = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6}{6}$$

Ha a mérlegelés eredményeként valamelyik hozamkomponenst kisebb aránnyal kívánjuk figyelembe venni, akkor annak értékét csökkentve szerepeltetjük.

## 5. Vízminőség előrejelzések

A vízbeszerzési tervezési gyakorlatban a várható termelési minőséget a térségből rendelkezésre álló vízminőségi adatok, vízelemzések feldolgozásával határozzák meg, mint „várható” értékeket. Ez a tervezés időszakában elsősorban a technológiai vízkezelési igényeket, valamint a közegészségügyi szempontokat elégítheti ki, de adatokat nyerhetünk - a vízminőségi adatok feldolgozásával – a víz eredetére is.

### 5.1. A vízminőség jellemző csoportosítása, vízbeszerzési szempontból

#### 5.1.1. Vizsgálati módszer szerint

A mintavételi vizsgálati módszerek alapján megkülönböztetünk

- a) szerves és szervetlen
- b) makro, illetve mikro komponenseket

/tehát négy féle mintacsoportot

#### 5.1.2. Geokémiai csoportosítás

Az elsődleges és másodlagos tározó kőzetre jellemző szervetlen mikrokomponensek:

Össz. sótartalom: ( $\text{g/m}^3$ ) ami kifejezhető fajlagos, elektromos vezetőképességgel is, a következő módon:

$$\text{pl: } 500 \text{ g/m}^3 \cdot 1,35 = 675 \text{ } \mu\text{S/cm} = 0,68 \text{ } \mu\text{s/cm}$$

Az össz. sótartalom összefügg az összes keménységgel is, mivel utóbbi az oldott mésztartalommal arányos.

Pl. a vulkáni kőzetekből származó vizek összes sótartalma lényegesen alacsonyabb, mint a karbonátos kőzeteké. Kivételt a törésvonalak menti mélységi vízfeláramlások jelenthetnek.

A karbonátos kőzeteken belül a Ca/Mg arány jelzi azt, hogy a tározókőzet mészkő vagy dolomit-e.

A vulkáni kőzetek, valamint az alföldi szikes réteg- és talajvíztározók lágyabb vizében a Na + K tartalom magasabb mint a karbonátos kőzetekben.

Mélytöréseket megcsapoló mélységi elemcsapdákat, eltakart ércetestek feletti vizeket jeleznek a szervetlen mikro-/nyom-/ elemek pl: Hg, As, a karbonátos aljzatú, vulkáni fedőkőzetű területeken Fe, Cu stb. A közegészségügyi szakma ezeket „mikroszennyezőknek is nevezik – káros, toxikus hatásuk miatt.

Fosszilis vizeket tartalmazó tengeri üledékes homokkővek környezetében sokszor még a felső talajvizekben is magasabb a klorid-tartalom.

#### 5.1.3. Redoxi jellemzők

Fontos víztechnológiai szempont, hogy a víz, redox-potenciálja alapján, redukív vagy oxidatív kémiai állapotú tározóból származik-e. Ez nemcsak a szervetlen, hanem a szerves eredetű mikrobiológiai állapotot is meghatározza, mivel az oxidatív tározók általában aerob, a redukív általában anaerob életterű mikrobiológiát tartalmaz.

Oxidatív, makro, szervesetlen jellemzők:

NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, oldott O<sub>2</sub>

Reduktív, makro, szervesetlen jellemzők:

NH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, szabad CO<sub>2</sub>, Fe, Mn

Ezek jellemzik egyfelől a megcsapolni kívánt víztározó statikus vízminőségét, másfelől az eltérő minőségű szomszédos tározók várható hatására következtethetünk belőlük.

A völgyek kiemelkedő teraszai alatti talajvizek és a szabad felszínű hegységi karsztvizek általában oxidatív minőségűek, ahol reduktivitást mutatnak az vagy vulkáni kőzetből történő törésmenti utánpótlódásra, avagy erőteljes közeli szennyeződésre utal.

A völgyek mélyebb fekvésű területei alatti talajvizek, és az elfedett vulkáni hasadékvíz tározók gyakran reduktív minőségűek.

Az elsődleges /statikus/ vízminőség három ok miatt változhat meg a termelés során

- a) szennyeződés áramlik be a vízgyűjtőről
- b) termelés hatására távolabbi, más vízminőségű tározók lépnek be az utánpótlódásba
- c) az áramlási viszonyok megváltozását követő folyamatok miatt

#### **5.1.4. Szennyeződés szerinti csoportosítás**

A szennyeződés eredetére jellemző gyakoribb elemek és anyagok a következők.

##### **5.1.4.1. Mezőgazdasági szennyeződések**

Mezőgazdasági környezetben a különféle felszín közeli víztározóban megemelkedhet az össz. sótartalom /a nitrogén műtrágyázás, kalcium lemosó hatása miatt/, továbbá a kemikáliákból származó K, Cl, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>. Egyes esetekben olyan nyomelemek, amit a kemikáliával vittek be /pl.: Cd/, vagy növényvédőszer maradványok.

##### **5.1.4.2. Települési szennyeződések**

A települési szennyeződés származhat közvetlen területi beszivárgásból, vagy a vízgyűjtőre ráfutó vízfolyás szennyeződés szállításával.

Ilyen esetekben az eredeti vízminőséghez képest megnövekszik az össz. sótartalom, szulfáttartalom, klorid vagy nagyobb koncentrációjú és rövidebb szállítási távolságú szennyezett víz esetén az ammónium és az oxigénfogyasztás.

Súlyosabb esetekben megnövekszik a szabad CO<sub>2</sub>, megjelenik a H<sub>2</sub>S és a CH<sub>4</sub> származékok, mosószer maradványok.

### 5.1.4.3. Felszíni-, vagy földalatti ipari szennyeződések

Az ipari tevékenységből származtatható szennyeződés nyomok: műtrágya származékok, fémipari származékok, sós vizetek, szénhidrogén származékok stb.

### 5.1.4.4. Felszíni vízből eredő szennyeződések

A különféle felszín közeli víztározóval érintkező vízfolyások, tavak, felszíni vízfolyások mentén elsősorban a fenékszapban halmozódó és újra oldódó szerves és szervetlen anyagok, mikro jellemzők, szivároghatnak be a földalatti víztározókba. Közeli leszívás esetén jelentkezhet a felszíni víz szennyező komponense, akár gázzal együtt is.

A tipikus víz állapot-jellemzőket az 5-1 táblázat foglalja össze.

5-1. táblázat

Tipikus víz állapot jellemzők

	Természetes hatásra			Mesterséges hatásra										
	Kőzetre	Törésre	Red oxi viszonyokra	Szervesre	Szervetlenre	Településre	Állattartásra	Földművelésre	Vegyiparra	Fémiparra	Építőanyagiparra	Bányászatra	Érc	Felszíni vízre
Na, K	+				+	+								
Cu, Mg	+							+	+		+	+		
Fe, Mn		+	+							+			+	
NH <sub>4</sub>		+	+	+	+	+	+	+	+			+		+
NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>			+	+		+		+	+					+
H <sub>2</sub> S		+	/+ /	+								+	+	+
SO <sub>4</sub>		+	+	+		+	+	+	+			+	+	+
Cl	+					+	+	+	+				+	
szab:CO <sub>2</sub> old:O <sub>2</sub>		+	+	+		/+ /	+							+
KOI		+		+		+	+		+	+		+		+
CH <sub>n</sub>		+		+					+	+				
ö.kemény. ö.sótart. el.vezet.		+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Hg, As Cn,Zn, Pb Mo,Cr,Cd	+	+							+	+		+	+	
CH-szárm.				+				+	+	+	+			+
Bakt. Szerv.			+	+	+	+	+					+		+

## 5.2. A meglévő állapot feldolgozása

A begyűjtött adatok, a jelenlegi állapot jellemzésére, a következő módszerekkel dolgozhatók fel a vízbeszerzési tervezés során.

### 5.2.1. Táblázatos rendszer

Ennek példáját mutatják az 5-2, 5-3. táblázatformák.

5-2. táblázat

**Alapadatok táblázatos feldolgozása**  
**horizontális vizsgálati mező esetén**

Mintavétel helye	ideje	módja*	labor	Komponensek					Megjegyzés
				A	B	C	D	E	
1. jelű	X.évII.10		pl:	1,15	0,33	0	17	3,13	
			vagy	"3"	"1"	"1"	"5"	"2"	
	X.IV.2								
	X.XI.13								
	X.átlag:								
	Y.évI.20								
	Y.V.30								
	Y.VIII.7								
Y.évátlag:									
Z.év...									
Z....									
Z...									
Z.év átlag									
1. jelű	átlaga:								
2. jelű	X.évIV.1								
	X.VII.20								
	X.XII.10								
	X.év átlag:								
	Y.év...								
	.								
Y.év átlag									
Z.év									
.									
Z.év átlaga:									
2. jelű	átlaga:								
3. jelű	X.év...								
	.								
	.								
	X.év átlag:								
	Y.év								
	.								
Y.év átlag:									
Z.év									
.									
Z.év átlag:									
3. jelű	átlaga:								
Éves területi átlagok	X.év			...	...	...	...	...	
	Y.év			...	...	...	...	...	
	Z.év			...	...	...	...	...	
Összes átlaga			...	...	...	...	...		

**Alapadatok táblázatos feldolgozása**  
**vertiális vizsgálati mező esetén**

Minta vétel helye	ideje	módja	labor	Szűrőzés mélységköze m	Komponensek					Megjegyzés	
					A	B	C	D	E		
K-7	X.évII.10			52-58							
	X.IV.2										
	X.XI.13										
	X.átlag:										
	Y.év I.20										
K-7 jelű	Y.V.30										
	Y.VIII.7										
	Y.év átlag:										
	Z.év										
	Z...										
B-2	Z...			113-119							
	Z.év átlag:										
	Y.év..										
	Y.év átlag:										
	B-2 jelű átlaga:										
B-14	X.év...			214-228							
	X.év átlag:										
	Y.év										
	Y.év átlag:										
	Z. év										
B-14 jelű	Z.év átlag:										
	B-14 jelű átlaga:										
	Éves	X.év									
	mélységi	Y.év									
	átlagok	Z.év									
Összes átlaga:											

A beszerzett archív és a friss kutatási adatokból kiválasztjuk az adott helyzetben értékelésre érdemes komponenseket.

Horizontális eloszlású vizsgálatnál 6pl: talajvíz, hegység területi kutak, források vizsgálatánál/ olyan táblázatot szerkesztünk, amit az 5-2. minta mutat. Ez esetben a táblázatban lefelé haladva következnek az egyes vízbeszerzési, illetve vízkutatási helyszínek, amik adott esetben egy-egy helyen több kútból vagy forrásból is állhatnak. A második oszlopban a mintavételek időpontja következik időrendben. Ezeket egy- vagy több éves csoportosításban átlagolhatjuk.

A harmadik oszlop a vízmintavétel módja, ami lehet helyszíni vizsgálatú, vagy úgynevezett laboratóriumba bevitt minta, szivattyús kutaknál lehet a vízmintavételi csapon vett úgynevezett kifolyó vagy mélységi eszközzel vett minta. A negyedik oszlop: a vizsgálatot végző laboratórium. A következő oszlopokban következnek az adott vizsgálat szempontjából érdekes komponensek, majd végül megjegyzés.

A komponenseket be lehet írni a valós értékkel vagy megfelelő tartományra bontva, kódszámokkal is.

Az eltérő mélységű tározók vizsgálata esetén, ami inkább a rétegvizeknél fordul elő, az 5-3. táblázati minta javasolható. Ez esetben az első oszlop a kutakat tartalmazza, a további oszlopok hasonlóan az 5-2. táblázat értelmezéséhez, kivétel a szűrőzési mélységköz beírása.

A komponensek kódszámmal való beírásánál az értékhatárok felosztásának az elve a következő

- természetes határértékek /pl: „1” „2” „5”/
- szabvány szerinti megengedett / „3” / és tűrhető / „4” /
- előbbieket feletti kisebb /”6”/ és nagyobb /”7”/ mértékű szennyezésre jellemző értékek

Pl: az összes keménységnél egy bizonyos területen felvehető kódtartományok

Kód	nk°	Tartalma
„1”	10	<u>l</u> ágy vulkáni kőzetből származó víz
„2”	11-20	<u>szennyeződéstől mentes</u> egyéb víz
„3”	21-25	kissé szennyezett, de még <u>megfelelő</u> minőségű víz
„4”	26-35	közepesen szennyezett, de még <u>tűrhető</u> minőségű víz
„5”	36-45	<u>erősebben</u> szennyezett, nem ivóvíz minőségű
„6”	46	<u>igen erősen</u> szennyezett víz

Más területeken pl. a magasabb sótartalmú glaukonitos homokkő, kettős porozitású tározóknál más tartományokat kell felvenni.

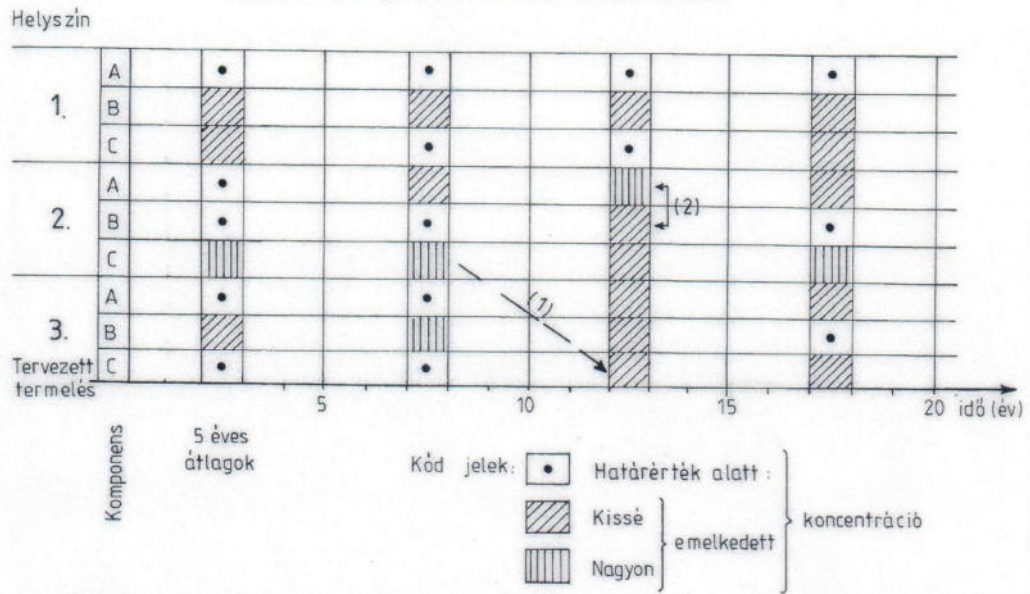
### 5.2.2. Grafikus kódrendszer

A gyorsabb áttekinthetőség és a nem hidrológus képzettségű megbízók és döntéshozók kiszolgálása érdekében a vízminőségi folyamatok „tér-időbeli” változásait az 5-1. és 5-2. ábra szerint lehet bemutatni. Itt is az 5-1. ábra a horizontális az 5-2. ábra a vertikális elterjedésű tározó vizsgálatára mutat példát.

Az így mutatkozó vízminőség vándorlási /1-jelű/ vagy együttműködési /2/ kapcsolatokat nyílak jelzik. A kapcsolatok kifejezett hiányát áthúzott nyíl jelzi./3/

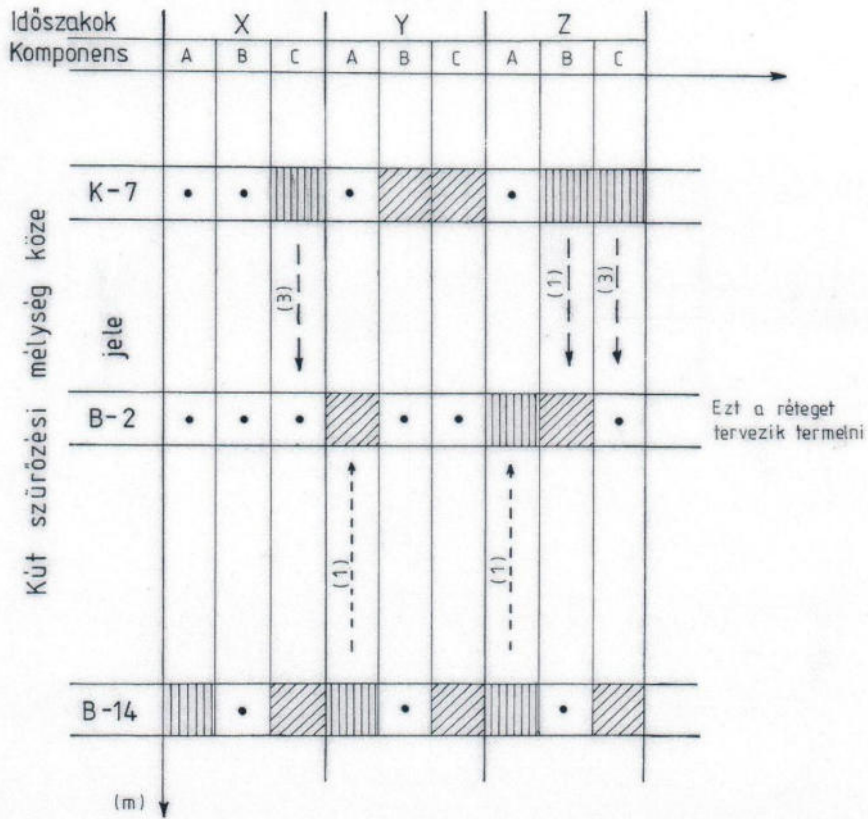
5-1. ábra

Vizminőségi adatok horizontális tér- és időbeli ábrázolása grafikus kód-rendszerrel



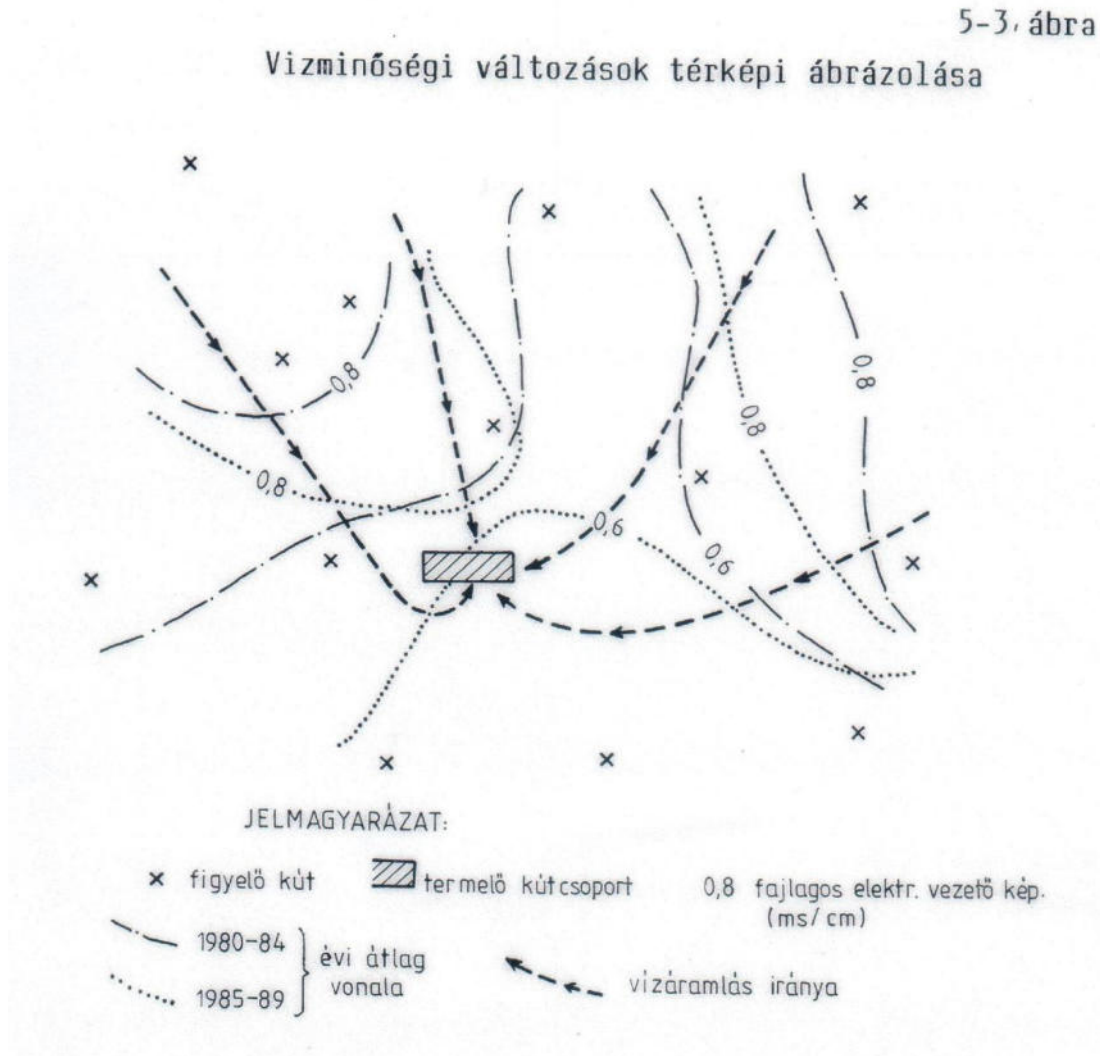
5-2. ábra

Vertikális vizminőség változások ábrázolása grafikus kód-rendszerrel



### 5.2.3. Térképi vízminőség ábrázolás

Vízbeszerzési tervezéseknél alkalmazható úgynevezett izovonalas rendszerre mutat példát az 5-3. ábra, ahol a szennyezési front terjedését is ábrázoljuk.

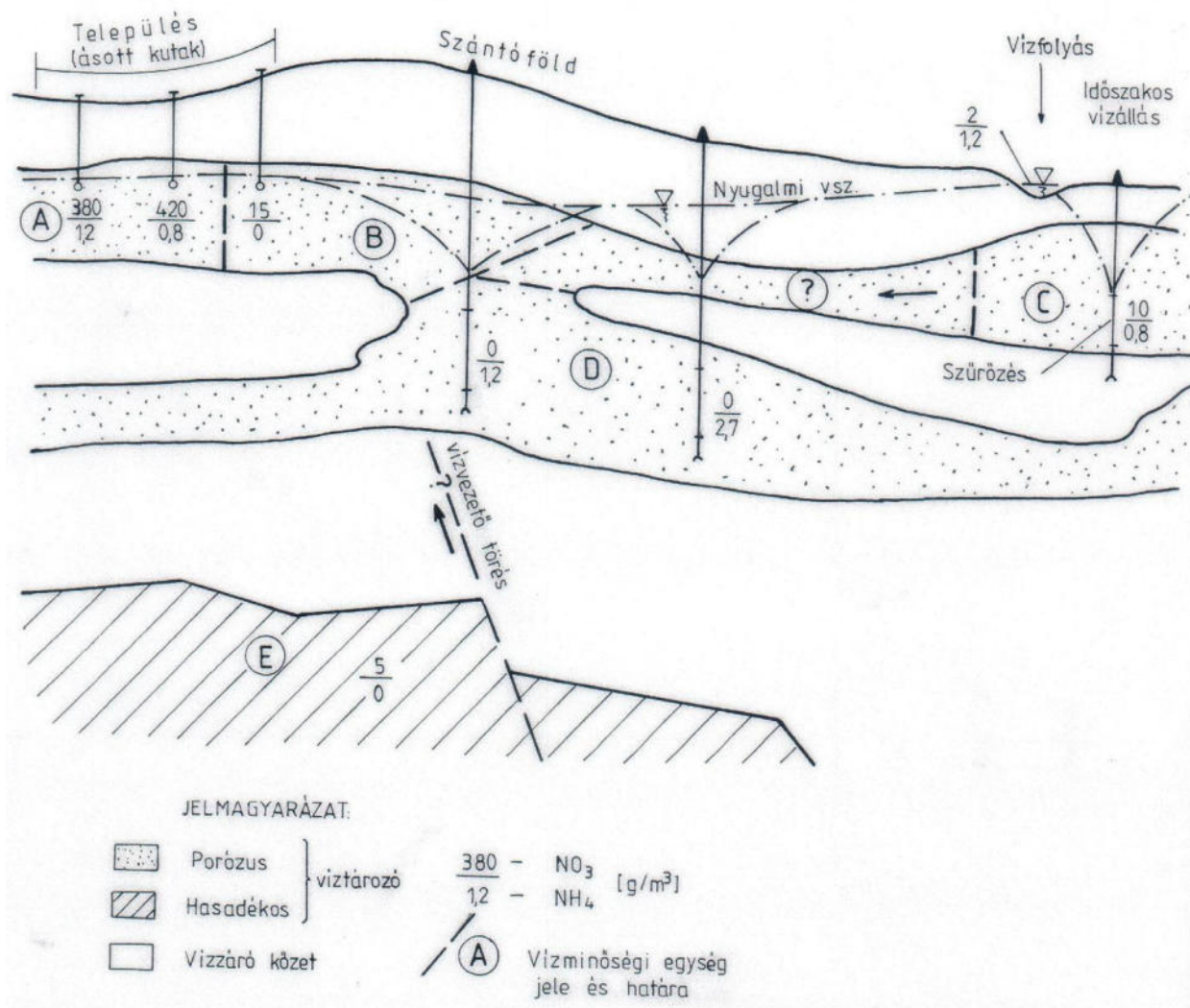


Fontos szempont, hogy a szennyezőanyag áramlása nem követi feltétlenül a szállító közeg, a víz szivárgási sebességét és irányát, a diffúziós szétterjedés miatt.

### 5.2.4. Szelvénymenti ábrázolás

Vízminőségi állapot szelvényeszerű ábrázolását mutatja be az 5-4. ábra. A víz származás mélységi pontjánál, szakaszánál feltüntetett értékek alapján lehatárolhatók olyan eltérő minőségű víztestek, amelyek azután termelés hatására „mozgásba” jöhetnek.

5-4. ábra  
Vízminőségi állapot, szelvénytípusú ábrázolása



### 5.3. A várható vízminőség jellemzése

A felsorolt grafikus elemekből következtethetünk a tervezett víztermelés során várható vízminőségre, fél kvantitatív, spekulatív módon.

Technológiai szempontból időben a következő állapotokat célszerű kikövetkeztetni.

- Kezdeti vízminőség /első egy-két éves üzem alatti/
- Későbbi vízminőség /5-10 év múlva várható/

Mind kettő esetében meg kell adni a kívánt komponenseket: az átlag értéket vagy tartományokat, valamint valamilyen valószínűséggel a várható legrosszabb értékeket.

A várható vízminőség becslésénél figyelembe kell venni a következőket:

- a tározó megcsapolási helyének jelenlegi vízminőségét /főként az 5-2. vagy 5-3. táblázat alapján/
- megcsapolás nyomán távolabbról érkező vízminőség hatását
  - a/ egyszerű keveredéssel
  - b/ kémiai szerves és szervetlen reakciók alapján
- mikrobiológiai hatásokat /táplálkozás, lebomlás hatásai/
- a vízszintcsökkenésből vagy a hozzááramlási sebességváltozásból adódó minőségváltozásokat /O<sub>2</sub>/
- és ezenkívül sok más egyedi helyi hatást

Irodalom: 2/5/7/8/50

## Irodalomjegyzék

### Könyvek és átfogó feldolgozások részletes irodalomjegyzékekkel

1. Juhász J: /1976/ Hidrogeológia. Bp. Akadémiai Kiadó
2. Juhász J: /1987/ Hidrogeológia. II. átdolgozott kiadás
3. Koris K-Zsuffa I. /1982/ A víztározás hidrológiája BME. MTKI
4. Léczfalvy S: /1966/ Vízbiztosítás, vízellátás forrásokból Bp. Műszaki Könyvkiadó
5. Öllös G: /1987/ Vízellátás Bp. Vízügyi Dok. Szolg. Leány. V.
6. Schmieder A. et al /1975/ Vízvesztés és vízgazdálkodás a bányászatban. Bp. Műszaki Könyvkiadó
7. Szlabóczky P: /1992/ Hidrogeológiai példatár. Bp. MÉLYÉPTERV
8. VITUKI /1990/ Magyarország hévízkútjai. Bp. VITUKI. I-V. kötet

### **Cikkek, tanulmányok**

9. Alföldi L-Lorberer Á. /1976/ A karsztos hévizek három dimenziós áramlásának vizsgálata, kútadatok alapján. Hidr. Közl. 56/10
10. Aujeszky G-Scheuer Gy. /1974/: Adatok a Bükk-hegység karszt-vízföldtani viszonyaihoz. Hidr. Közl. 54/3-4
11. Böcker T: /1972/: A karsztvizek mozgásviszonyai természetes körülmények között. MTA II. Anyag- és energia Anket anyaga.
12. Dedinszky J. /1968/: A nagylengyeli kőolajtároló kőzetek repedezettségi, üregességi vizsgálata. Föld. Közl. 98/1
13. Dövényi P.-Horváth F.-Liebe P.-Gálfy J.-Erki I./1983/: Magyarország geotermikus viszonyai. Geof. Közl. 29/1
14. Geszlerné-Szentpáli Á: A Dunántúli Középhegység karsztvíz –tárolójának hőmérlege. VI. Bányavízvéd. konf.
15. Juhász J: /1973/: A kitermelhető statikus vízkészlet. Hidr. Közl. 53/4
16. Kassai M.-Korm K.-Rónai L.-Szederkényi T. /1974/: Komplex geodinamikai termásvíz-modell Baranya megye hévízhasznosítására MTA Dunántúli Tud. Int.
17. Kessler H. /1954/ A karsztból tartósan kitermelhető vízmennyiség és a beszivárgási százalék megállapítása Hidr. Közl. 34/56
18. Kessler H. /1956/: A karsztos hévforrások utánpótlódásának kérdése. Hidr. Közl. 2. sz.
19. Korim K./1974/: A Kisalföld hévízfeltárási lehetőségei, a vízkészlet mennyiségi és minőségi vizsgálata VITUKI Besz. 1971.
20. Kovács Gy: /1979/: Töredezett repedékes kőzetek szivárgási tényezője és áteresztő képessége. VIKUTI Közl. 10. szám
21. Liebe P.-Lorberer Á. /1977/: Az áramlási és hőmérsékleti viszonyok összefüggésének vizsgálata karsztos hévíztárolók esetében. VIKUTI Besz. 1975.
22. Liptai E.-Scheuer Gy. /1975/: Újabb adatok az egeri források vízföldtanához. Hidr. Táj. 1975.
23. Lobererné Szentes I-Lorberer Á.: /1976/: A földtani szerkezet és a természetes felszín alatti vízáramlások kapcsolatának vizsgálata egy Duna-Tisza közti példaterületen Hidr. Közl. 56/12

24. Loberer Á. /1975/: Oligocénkori kettős porozitású homokkő összlet hidraulikai paramétereinek vizsgálata szokványos kútadatok alapján. Hidr. Közl. 55/5
25. Maucha L /1990/: A karsztos beszivárgás számítása Hidr. Közl. 3. sz.
26. Magyar Hidrológiai Társaság /1981/: II. Országos Vándorgyűlés II. k. Hidrogeológia
27. Megyeri M. /1971/: Hévíztárolók készletének és termelőképességének meghatározása áramlástan vizsgálatok alapján Bány. és Koh. Lap. Kőo. és Földg. 4/104
28. Nyerges L. /1970/: Vízföldtani és hidraulikai vizsgálatok a nyirádi karsztvízszint süllyesztés területén VI. Bányavízvéd. Konf.
29. Öllös G. /1961/: Repedezett kőzetekben fellépő vízmozgás hidraulikai vizsgálata Ép. és Közl. Közl. 4. sz.
30. Pálfy J. /1975/: A mátraderecskei hévíz földtani viszonyai Hidr. Táj. 1975
31. Pohl K. /1963/: A vízelvonás, depresszió, csapolás mélység és a szerkezet kölcsönhatásai a dolomitos főkarsztvíz tárolóban VI. Karszthidr. Konf.
32. Rónaki L. /1972/: A Ny-Mecseki karsztvíz földtani kutatások újabb eredményei MHT. pécsi csop. jub. évk.
33. Sárvány I. /1979/: Víznyomjelzési kísérletek néhány elvi és gyakorlati kérdése: Víz. Közl. 3. f.
34. Sárvány I. /1991/: A Hévízi-tó utánpótlódásának kérdései Hidr. Közl. 71/1
35. Scheuer Gy. (1967): Az egri források vízföldtani vizsgálata Hidr. Táj. 1967
36. Scheuer Gy. (1984): A karsztforrások osztályozása. Hidr. közl. 3. sz.
37. Szederkényi T. (1972): Délkelet-Dunántúl perspektivikus termásvíz készlete. MHT Pécsi Csop. Ju. Évk. 30.
38. Székely F. – Liebe P. – Lorberer Á. – Nepper F. (1976): A zalakarosi fürdő földtani és kitermelhető hévízkészletének meghatározása VITUKI Besz. 49. sz.
39. Szilágyi G. (1975): A recski mélyszinti ércesedés vízföldtani helyzete Föld. Közl. 105.
40. Szilágyi G. (1976): A nyirádi karsztvízszint süllyesztés hatása a Hévízi-tó forrás működésére Bány. és Koh. Lap. Bány. 109/12
41. Szilágyi G. (1970): A Dunántúli Magyar Középhegység főkarszt-vízrendszerének vízmérlege BKI Közl. 1970.2.
42. Szlabóczky P. (1974): Karsztvíztároló rendszer termo hidraulikai vizsgálata Miskolc környéki adatok alapján Hidr. Közl. 54/11.
43. Szlabóczky P. (1978): A Bükk-hegység hasznosítható karsztvízkészlete Hidr. Közl. 4. sz.
44. Vitális Gy. (1972): Magyarország földtani és vízföldtani tömbszelvénye Hidr. Közl. 52/1-2
45. Villemss T: Karbonátos víztároló kőzetek tektonikai töredezettsége és e kőzetekből fakadó vízhozama közötti összefüggések a Dunántúli Középhegység térségében Bány. Lap./2.
46. Kádár S. – Kerbolt T. – Szlabóczky P.: A Sárospatak – Végardó hidrotermális terület kutatása (Hidr. Közl. 1991/5.)
47. Sárvány I. (1992): Kísérlet a tatabányai vízemelkedéseknek nagytérű kút szivattyúzásoként való értelmezésére Hidr. Közl. 72/1.
48. Kriván P. (1959): Mezozoos karsztosodási és karsztlefedési szakaszok, alsó bartoni sziklásparti jelenségek a Budai hegységben Földt. Közl. 89.
49. Müller P. (1974): A melegforrás barlangok és gömbfülkék keletkezéséről Karszt és Bg. 74/1.
50. Szlabóczky P. – Takács S. – Tatár Á. – Vukovich F. – Tóth I.: Mikroelem-toxikus nehézfém szennyezők Hidr. Közl. 1991/6.

*Szemelvények*  
*a*  
**SZENNYVIZEK**  
**HIDROGEOLOGIÁJÁBÓL**

**Szlabóczky Pál Pro Aqua díjas geomérnök, szakmérnök**  
**főként 1985-2008 közötti ipari munkáinak hagyatékaiból**  
**az „önkéntesség évében”**

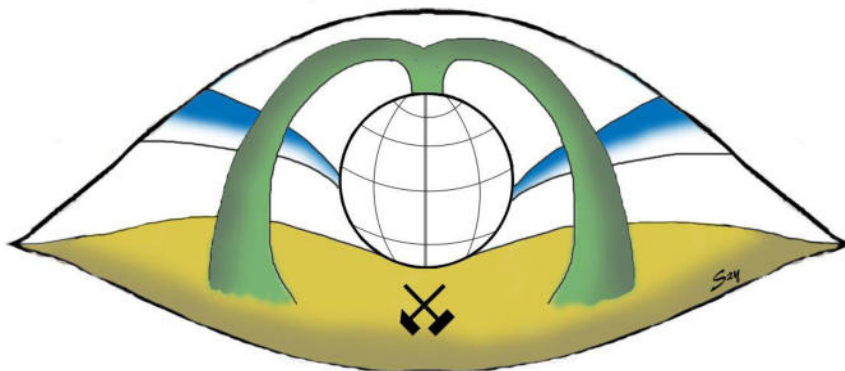
*Szántó Judit* környezetmérnök,

*Fejes Zoltán* hidrogeológus mérnök

**PhD. hallgatók közreműködésével összeállított oktatási segédlet.**

**Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti  
Tanszék**

2011



## Tartalom

Előszó.....	3
Bevezetés .....	3
I. A SZENNY(EZETT) VIZ(EK) ÁLTALÁNOS FELSZÍN ALATTI TERJEDÉSE ÉS HATÁSA.....	9
II. KARSZTVÍZSZENNYEZÉS .....	25
III. SZENNYVÍZÖNTÖZÉS .....	33
IV. SZENNYVÍZISZAP INJEKTÁLÁS .....	39
V. SZENNYVÍZISZAP TRÁGYÁZÁS, KOMPOSZTÁLÁS.....	45
VI. SZENNYVÍZISZAP GRANULÁTUM.....	53
VII. LAGÚNÁS UTÓKEZELŐ RENDSZER .....	57
VIII. TÁROLÁS, SZIKKASZTÁS, GEOTECHNIKAI ESETEK ..	64
Utószó .....	93
A bemutatott esetek szakirodalma.....	95

# Előszó

Hazánkban évente legalább egy Balatonnyi, mintegy 1,2 milliárd m<sup>3</sup> olyan kezelt szennyvíz megy „veszendőbe” amely nemcsak mint öntözővíz, hanem magas tápanyagtartalma, hőmérséklete miatt jelentős potenciális gazdasági érték. Emellett évente 0,3 millió m<sup>3</sup>-re becsülhető, kezeletlen lakossági és állattartási szennyvíz, talaj menti (geológiai környezeti hatású) elhelyezésével kell számolnunk. Ennek túlnyomó része olyan gazdaságilag hátrányos helyzetű vidéki környezetben jelenik meg, ahol a **szennyvíz hasznosítás megélhetést segítő tényező** (kertészet, hő- és gáztermelés, halászat stb.) lehet. A kezelt szennyvizek hasznosítása, ill. a még mindig jelentős mennyiségű kezeletlen szennyvíz elhelyezése különböző „mélyedésekben”, szerteágazó hidrogeológiai feladatokat generál, nemcsak környezetvédelmi, hanem erdő-, mező- vízgazdálkodási szempontból is. Ez indokolja a SZENNYVÍZEK HIDROGEOLOGIÁJA szakágazat (ki)fejlesztését. (Először ezzel a címmel 2010-ben hangzott el előadás a Miskolci Egyetem Hidrogeológus mérnök Mesterképző kurzusán). Tartalmában ez a téma átnyúlik a hulladékgazdálkodás, vízbázisvédelem, erdő-, mező-, halgazdálkodás szakterületeire. Megjegyzendő, hogy a szennyvíz telepekről kikerülő származékokat nemcsak a mezőgazdaság, hanem például az élelmiszer-, fém- és vegyipar is egyre inkább hasznosítani kívánja.

## Bevezetés

A geológiai környezetben történő szennyvízelhelyezések jelen anyagban felsorolt példáinak megértéséhez a geotudományi alapismereteken kívül az alábbi szakirodalom előzetes tanulmányozását javasoljuk.

*Filep Gy.- Kovács B.- Lakatos J.- Madarász T.- Szabó I.*: Szennyezett területek kármentesítése (Miskolci Egyetemi Kiadó, 2002)

*Grasselly Gyula*: A geokémia alapjai (Nemzeti Tankönyvkiadó, 1993).

*Jolánkai Géza, Szűcs Péter. Zákányi Balázs.*: Szennyeződésterjedési (transzport) folyamatok modellezése felszíni és felszín alatti vizekben.

*Sallai Ferenc*: Tisztított szennyvizek elhelyezése talajban, szikkasztás, természetközeli szennyvíztisztítás, In *Vízkezelésvédelem* (szerk. *Szűcs P., Sallai F., Zákányi B., Madarász T.*, 2009).

*Stefanovits Pál*: Talajvédelem, környezetvédelem (1977).

*Takács János, Sallai Ferenc, Lipták Miklós*: Javaslatok a kommunális szennyvíztisztítás és a szennyvíziszap kezelés fejlesztésére (In *Észak-magyarországi stratégiai füzetek*, 2006. III. évf. 2. sz.).

*Takács Sándor*: Az ember és környezete: A környezetszennyezés humán következményei, (Miskolci Egyetem, 2007).

*Wallacher László*: Üledékes kőzetek és kőzetalkotó ásványaik (I, II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1992).

Néhány példával az utolsó fejezetben kitérünk a szennyvízelhelyezések geotechnikai kártételeire is. A több, mint 30 helyszínről származó, félszáz esetismertetést egy gyakorlatias mérnöki rendszerben csoportosítottuk.

A szennyvízgyártás hidrológiai vonatkozása összefüggnek a

- hulladékgyártási,
- hidrológiai transzport modellezési,
- a vízszint- és a környezetvédelmi társtudományokkal.

A szennyvízkezelés hidrológiai módszereinek érvényesítése összehangolandó a gazdasági, (pénzügyi – hasznos) valamint technikai (gépész, villamos, vegyész) - sokszor ellenérdekeltségű – megoldási szempontokkal, mivel csak így válhat a szennyvíz hidrológiai vizsgálata **szellemi termék**. Az ipari megbízót nem a vizsgálat tudományos, hanem pénzügyi értéke érdekli.

Szakmai „szövetséget” elsősorban az erdő-, mező-, halgyártási szakembereknél találunk. Ők ismerik elsősorban az adott terület szennyvízgyártásához hasznosítható természeti adottságokat.

A gyakorlati kezelés szempontjából az alábbi szennyvíztípusokat különböztetjük meg:

TELEPÜLÉSI (kommunális, lakossági, fecskendő)

**„gyorsan bomló szerves anyagok, mosószerek”**

MEZŐGAZDASÁGI (állattartási, gyümölcs-, tej kezelés)

**„erős biológiai aktivitású szerves anyagok”**

ÉLELMISZERIPARI (hús, sör, bor, malom, konzerv, cukor)

**„magas koncentrációjú, késleltetve bomló szerves anyagok, sók”**

KÖNNYŰIPARI (bőr, textil, papír, gyógyszer)

**„nem oldódó szarmazékokkal”**

NEHÉZIPARI (kohászat, bányászat, erőmű, olaj-, fém feldolgozás)

**„toxikus, carcinogén nehézfémekkel”**

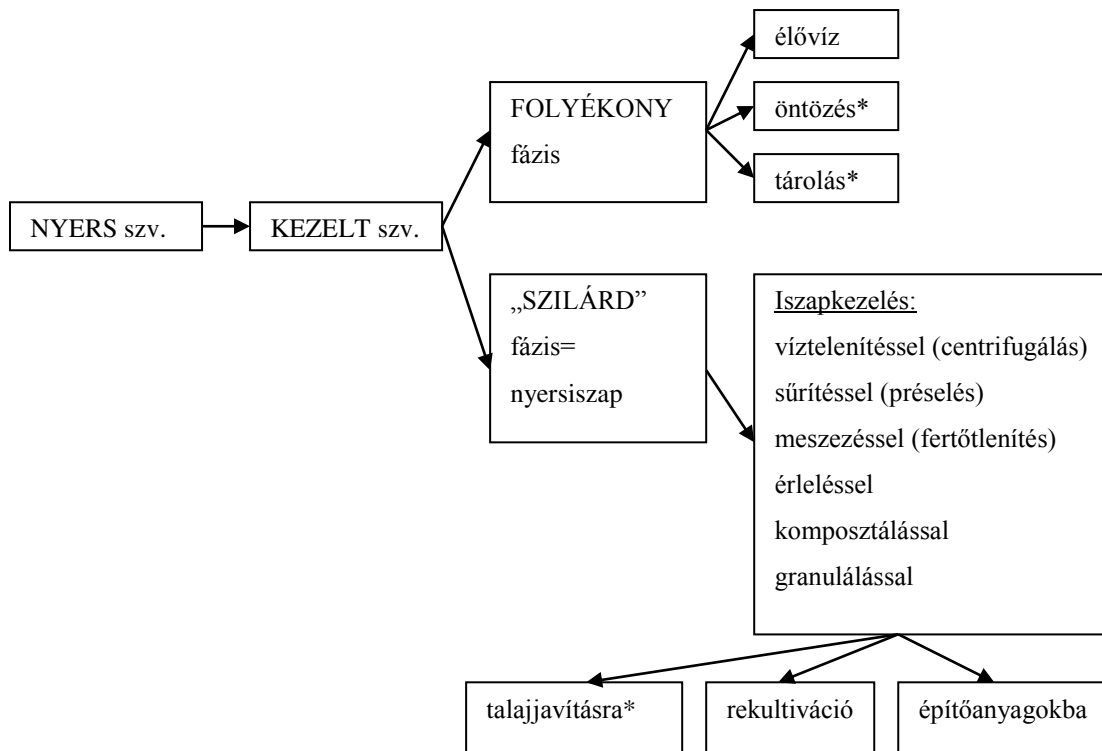
A földalatti vizekben a szennyvíz általában:

- szikkasztásból,
- átmeneti tárolásból,
- kezelő telepekről,
- csatorna hibákból,
- mező-, erdő-, tógyártási hasznosítási rendszerekből juthatnak.

Hatásuk alapvetően kétféle:

- vízszennyezés (*hidrológiai feladat*),
- építmény, földmű károsodás (*geotechnikai feladat*).

A szennyvízkezelés általános folyamatát az 1. ábra tartalmazza:



1. ábra

Megjegyzés: a \*-al jelöltek műveleteknek van **hidrogeológiai** vizsgálati igénye!

A kezelt szennyvíz származékokkal közvetlenül érintett geofázisok:

**a felszín közeli vizek, a fedő talajréteg, és az alapkőzetek.** Ezenkívül hatása van a felszíni vizekre, levegőre, biológiai környezetre is. Mindezeket vizsgálni kell a tervezett, vagy már régebben meglévő „szennyvizes” létesítményekhez készítendő

### ELŐZETES KÖRNYEZETVÉDELMI HATÁSTANULMÁNY

különböző szakági fejezeteiben!

Kezelt szennyvízszármazékok (szennyvíz, ill. iszap) hasznosításához hidrogeológiai oldalról a következő vizsgálatok végzendők:

1. **Geomorfológiai térképezés** részei: archív anyagok, **alaptérképek**, feldolgozása, terepi bejárás, légi felvétel(ek) beszerzése, vagy elkészítése kopár, ill. vegetációs időszakokban. Geológiai **talajtípusok** közül kiemelten lehatárolandók a köves, homokos, hulladékkal kevert területek. A térképi anyagokból kiindulva a helyszínen kell ellenőrizni a túlnyomóan **vizenyős**, továbbá a valamilyen okból **védett** és a **meredek** területek típusait. Újabban gondot jelent a hagyományos, illetve a digitális koordinátával megadott (például védőterület) határok több 10 (100!) méteres eltérése.

2. **Szennyvíz iszap** minták:  
laboratóriumi makrokémiai,  
nyomelem,  
bakteriológiai vizsgálata
  
3. Termőtalajba mélyített **próbagödrök** mintáiból:  
talajfizikai,  
makrokémiai,  
nehézfém,  
parazitológiai vizsgálatok.
  
4. A talajvíz (meglévő, ill. fúrandó **kutak** alapján):  
települési helyzete (mélysége, ingadozása)  
tározó rétege és hidraulikai paraméterei  
mozgása (vertikális, horizontális)  
makrokémiai-  
nehézfém-  
bakteriológiai vizsgálatok
  
5. A **termékkel** kapcsolatos munkák:  
agronómiai tervezés (vetésrendszer)  
élelmiszerkémiai  
termelés növekedési vizsgálatok, mivel  
**a szennyvízzel bevitt tápanyagok mellett a higiénias célú meszezés és a  
maradék víztartalom is terméshozam növelő tényező!**
  
6. **Kísérleti** injektálás tervezése, engedélyeztetése, lebonyolítása, kiértékelése  
(területhasználat)
  
7. Szennyvíz iszap **szállítása**, a fogadó és elosztó telep tervezése (medencés átmeneti  
tárolás, szállítás tartálykocsiban vagy csővezetéken).

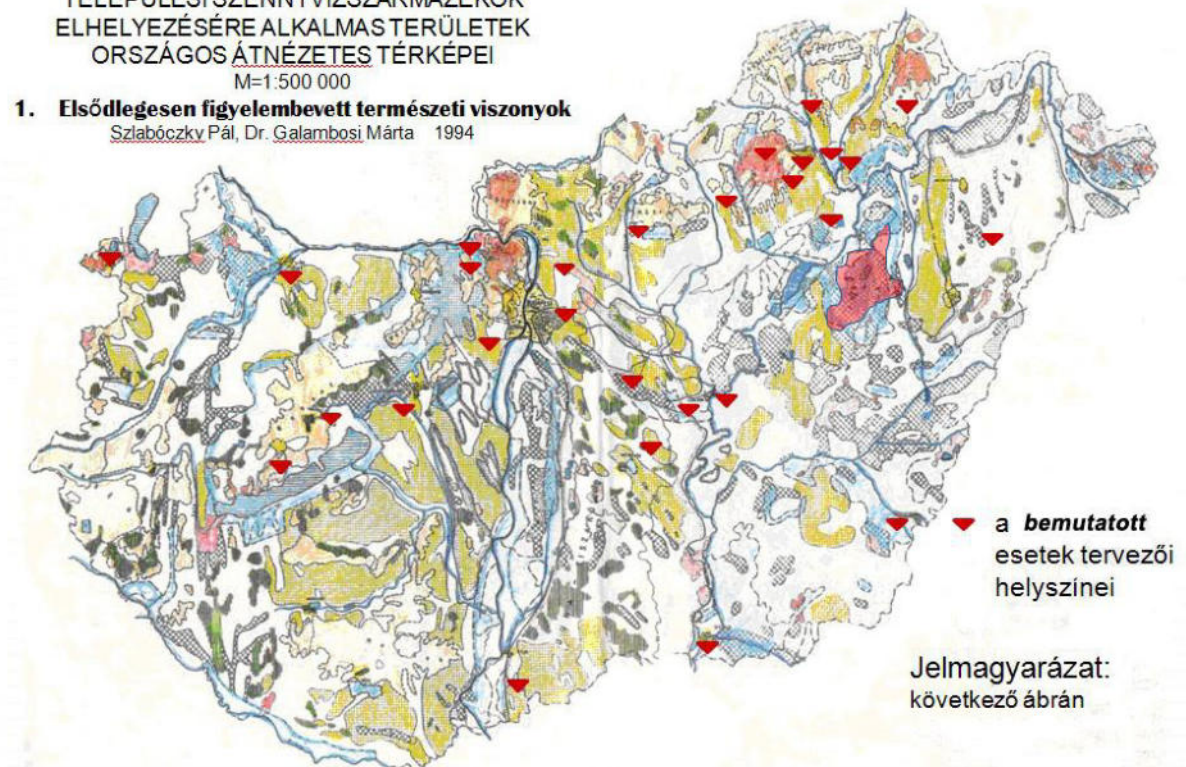
Ezek a felsorolt feladatok olyan kutatómódszertani ismereteket kívánnak, amelyek hasonlóak a hulladékgazdálkodás területén kialakultakkal, és olykor féltucatnyi szakmai alvállalkozó bevonását igénylik! Összeszervezendők: a tisztító telep üzemeltetője, a szennyvíz-, a talaj- és víz laboratóriumok, a próbagödör és a figyelő kút mélyítői, földnyilvántartási – geodézia alvállalkozó, a mezőgazdasági felhasználó és egy tucatnyi hatóság, közmű egyeztetések stb. és nem utolsósorban az érintett társadalmi közeg tájékoztatása (PR-tevékenység!).

*Ezért mindenekeelőtt **KUTATÁSI TERV** készítendő jóváhagyásokkal!!!*

Az oktatási segédlet számára kigyűjtött ipari munkák helyszíneit a 2. ábra és azt követő felsorolás tartalmazza, szerző tervezői munkásságából.

TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZSZÁRMAZÉKOK  
ELHELYEZÉSÉRE ALKALMAS TERÜLETEK  
ORSZÁGOS ÁTNÉZETES TÉRKÉPEI  
M=1:500 000

1. Elsődlegesen figyelembevett természeti viszonyok  
Szlabóczky Pál, Dr. Galambosi Márta 1994



2/a. ábra

A térkép feldolgozási tematikáját a jelmagyarázatról ismerhetjük meg.



2/b. ábra

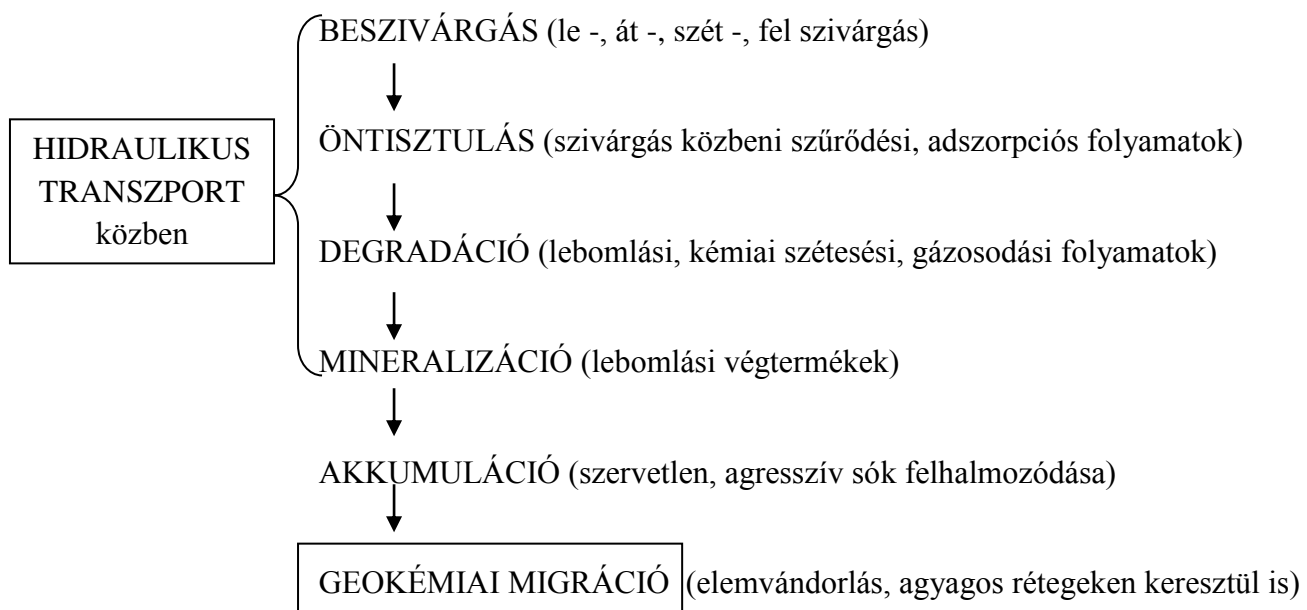
A térképen jelölt helyszínek illetve tervek:

1. Mályi-tó, Sajó-folyó köze (szerző diplomamunkája 1964)
2. Kisgyőri épületkár
3. Miskolc, Martintelepi talajvízszint emelkedés szennyvíztől
4. Sopron-térségi regionális szennyvízgyűjtő pályázat.
5. Győr-térségi szennyvíz iszapkezelés és mezőgazdasági hasznosítás kiviteli tervei és hatástanulmányok.
6. Esztergomi szennyvíz iszap érleléses, ill. rekultivációs elhelyezések. (Nagysáp, Almásfüzitő). Engedélyezési terve.
7. Budaörsi szennyvíziszap tározó környezetvédelmi és hidrogeológiai szakvéleménye.
8. Székesfehérvár térségi szennyvíziszap elhelyezési pályázat.
9. Szögliget-Balatonakali térségi szennyvíz öntözési tanulmány.
10. Rákocsabai sertéstelepi hígrágya földmedencék környezeti hatástanulmánya.
11. Albertirsai hűtőház erdős szennyvízelhelyezés hidrogeológiai szakvéleménye.
12. Törteli kezelt szennyvíz öntözés engedélyezési terve.
13. Szakolyi kezelt szennyvíz öntözés engedélyezési terve.
14. Kecskeméti szennyvíziszap kezelés és mezőgazdasági hasznosítás engedélyezési terve.
15. Szegedi szennyvíz tisztító telep fejlesztés, árvízvédelme, szennyvíz iszap komposztálásos és rekultivációs lerakások (Sándorfalva), mezőgazdasági hasznosítás környezeti hatástanulmánya és engedélyezési terve (Röszke).
16. Dél-Bácska (Baja, Herceghalom, Dávod stb.) regionális szennyvízkezelés monitorozásának engedélyezési terve.
17. Gyulai szennyvíztisztító és öntözött nyárfás bővítése, előzetes környezeti hatástanulmánya.
18. Debreceni szennyvíztisztító bővítésének előzetes környezeti hatástanulmánya.
19. Egri szennyvíziszap hasznosítás hatástanulmánya, a szippantott fekáliás szennyvizek szemételepi elhelyezése (Egerszalóktól északra).
20. Borsodgeszti fekáliás szennyvíztároló gödör környezeti hatástanulmánya.
21. Tiszaoszlári sertés-telepi árkos hígrágya elhelyezés környezeti hatástanulmánya.
22. A miskolci karsztvíz bázisok K-bükki vízgyűjtőjének szennyvíz hatásai, védekezési javaslatokkal. (Igazságügyi szakértői vélemény és projekt előkészítő tanulmány.)
23. Miskolc-térségi szennyvíziszap mezőgazdasági injektálásának tanulmánytervei.
24. Borsodi sörgyári erdő és szántóföldi öntözések, és lagunás szennyvízkezelés hidrogeológiai- geotechnikai szakvéleménye, tanulmányterve.
25. Alsózsolca, Sajólád, Böcs, Gesztely-térségi regionális szennyvízgyűjtő pályázat előtanulmány a Sajólád-térségi vízbázisok védelme céljából.
26. Edelényi szennyvíztisztító medencék szivárgási problémái.
27. Olaszliszka-térségi fekália elhelyezés hidrogeológiai vizsgálata.
28. Ricsei TBC gondozó párologtató-szikkasztós kezelt szennyvíz elhelyezése
29. Gödöllői kommunális szennyvíztisztító telep iszapjának földmedencés tárolása, és mezőgazdasági hasznosíthatósága.
30. Veszprémi új szennyvíztisztító telep helykijelölése.
31. Gyöngyös városi szennyvíztisztító telepi iszap mezőgazdasági hasznosításának vízbázisvédelmi vizsgálata.
32. SZATEV Szikszói telep (szenny) vízbeszerzési tanulmánya.

A fenti munkákkal érintett intézmények: ÉMVIZIG, ÉSZAKTERV, OVIBER, B. A. Z. Megyei ÁNTSZ, MHT, Miskolci Egyetem, KEVITERV, MÉLYÉPTERV, ill. GEOKOMPLEX-, GEOSERVICE-, GREEN SIDE-, SMARAGD GSH- Kft-k és a HÁROMKŐ Bt.

# I. A SZENNY(EZETT) VIZ(EK) ÁLTALÁNOS FELSZÍN ALATTI TERJEDÉSE ÉS HATÁSA

A szennyvizek hidrogeológiai viselkedésének fokozatai a következők:



## Mi a szennyvíz és a szennyezett víz?

**Szennyvíz:** a háztartási, ipari, mezőgazdasági vízhasználatokból származó olyan „termék”, amely fizikai, kémiai, biológiai paramétereit jelentősen (nagyságrendekkel) megnövelték, a használati származékok. Ezáltal káros, a természeti, emberi, műszaki környezetre, – jelen esetben a felszín alatti vizekre. Kezelése, tisztítása jelentős műszaki, pénzügyi ráfordítást igényel, de egyben értékes **energiahordozó** is, mező-(hal)gazdálkodási és kisentrópiás hőtermelési szempontokból.

**Szennyezett víz:** Humánbiológiai, természetvédelmi és technológiai szempontból mesterséges és természetes eredetű, káros anyagokat tartalmazó felszíni, és **felszín alatti vizek**, amely paramétereit meghaladják a mindenkori ide vonatkozó határértékeket. Hidrogeológiai szempontból eltérő fázist jelentenek a talajfelszín felőli beszivárgási-, a felszíni vizek felőli átszivárgási-, az oldalirányú hozzászivárgási-, és a mélység felőli felszivárgási zónák, mivel ezekben a „közreműködő” fizikai, kémiai, biológiai tényezők lényegesen eltérő arányokat képviselnek. Kiemelendő, hogy a **szennyező elemek nem mindig követik a vízrészecskék útvonalát**, a diszperzió, geokémiai migráció miatt. A szennyező (káros) anyagok eme külön útját, a koncentrációeloszlás, a geológia, vagy mesterséges hőáramlás, esetleg gázok migrációja (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S) generálja.

A szennyezett vizek összetétele, földalatti vándorlásuk során változhat. Ez összefügg a természeti folyamatok „legkisebb energiafelhasználási” tendenciájával. A szenny(ezett)vizek hidrogeológiája igen összetett, néha már filozofikus szemléletet kíván, nem csak jó szoftvert...

A szennyvizektől a „tisztá” vizekig az *1. táblázat* ad hozzávetőleges minőségi tájékoztatást.

1. táblázat

	Szennyvizek (kommunális, ipari, mezőgazdasági)	Szennyezett felszín alatti vizek	„Tiszta” vizek
Na [g/m <sup>3</sup> ]	>50	>20	10-15
NH <sub>4</sub> [g/m <sup>3</sup> ]	>5-10	>1-2	0-0,7
NO <sub>3</sub> [g/m <sup>3</sup> ]	>50-100	>10	2-20
Cl [g/m <sup>3</sup> ]	>80-100	>20-50	10-15
SO <sub>4</sub> [g/m <sup>3</sup> ]	10 <sup>3</sup>	>50-100	20-50
PO <sub>4</sub> [g/m <sup>3</sup> ]	>1	>0,4-0,1	0,02-0,4
KOICr [g/m <sup>3</sup> ]	>50-100	>2-5 (KOIPs > 5-3)	KOIPs < 1,5
Ö. kem. [g/m <sup>3</sup> ]	>300	>200	100-150
Ö. old. [g/m <sup>3</sup> ]	>800	>500	250-400
Ö. leb. [g/m <sup>3</sup> ]	>20	>5-10	<4
SZOE [g/m <sup>3</sup> ]	>5-10	>0	0
Vezk. [μS/cm]	>1000	>500	300-500
pH	<5 ; >9	<6,5 ; >7,5	6,5 - 7,5
Ö. bakt. [i/cm <sup>3</sup> ]	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	<10 <sup>2</sup>
Coli [i/cm <sup>3</sup> ]	>10 <sup>2</sup>	>5-10	0-2
Path. bak [i/cm <sup>3</sup> ]	sok	kevés, alig	nincs
Telepsz. [i/100 cm <sup>3</sup> ]	>10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	>20-50	5-10

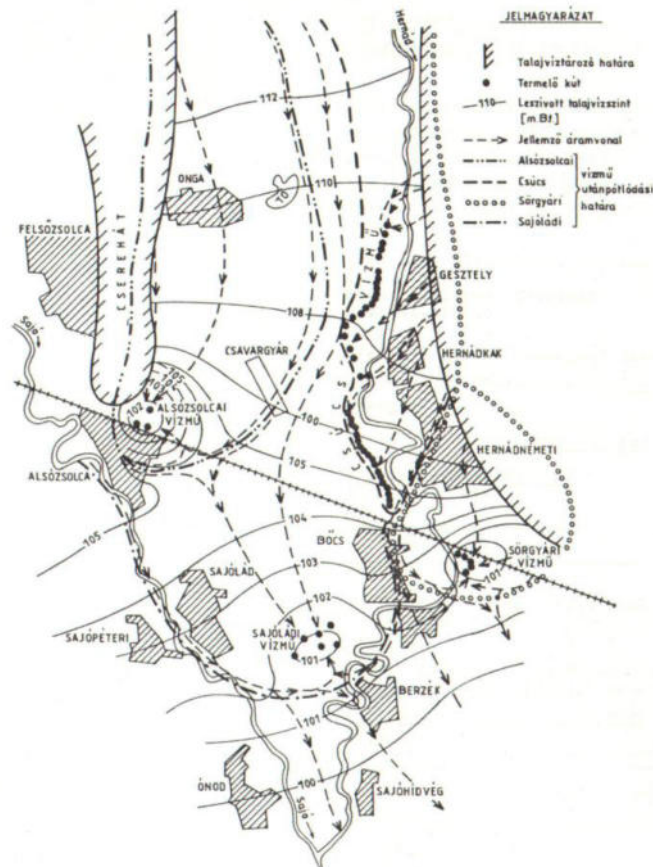
A szennyvizek felszín alatti terjedésének vizsgálata hasonló a vízbázis védelem és hulladék elhelyezés szakterületeihez, úgy a megelőző kutatás, mint a tervezés, kivitelezés, műveztés és az üzemelési monitorozás vonatkozásában.

A nagytérsegi szennyvíz szikkasztások hatása **horizontális** vizsgálatánál legjobban követhető kémiai komponensek: **összkeménység, szulfát, klorid**. Több komponenses **eredő szennyezettség** területi változását mutatják be a 3-4-5. ábrák, melyek közül az első, a vizsgált 4 vízmű üzemelése mellett kialakuló horizontális fő áramlási irányokat mutatja. Ennek alapján értelmezhető a másik két ábrán az általános, mineralizálódott szennyeződés eloszlás. Szembetűnő, hogy a vizsgált két időszak között eltelt egy évtized alatt a terület központjában nem romlott le az eredeti természetes vízminőség. Ez a geológiai öntisztító-szűrő képességnek köszönhető!

A Magyar Hidrológiai Társaság Hidrogeológiai Munkabizottsága által, 1981-83 között, másfél tucatnyi közreműködővel végzett, Sajó-Hernád völgyi talajvíz, parti szűrésű víz, kavicsbánya tó felőli és sekély rétegvíz kutatások szakirodalmi feldolgozása szerinti általános következtetések:

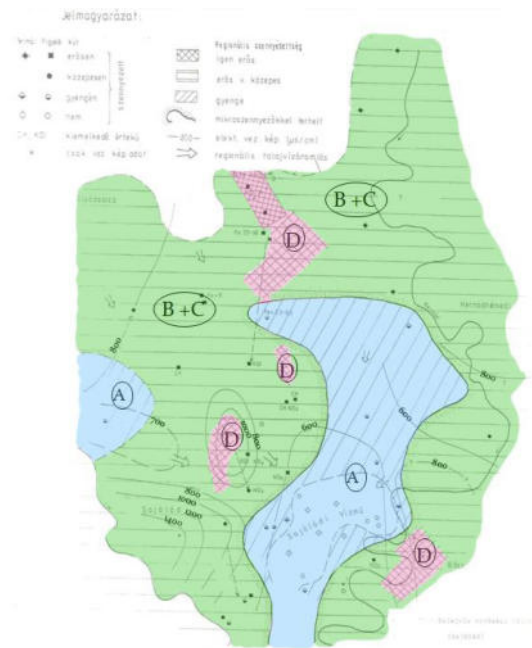
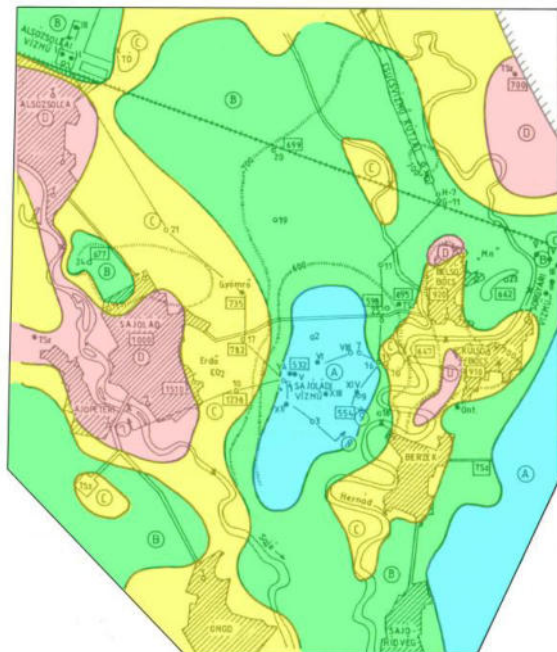
- legjobban „szűrődik” a baktérium és az ammónia (utóbbi az oxidáció során nitritté, majd nitráttá alakul),
- emiatt az oxidatív rétegek vízében jobban csökken az ammónia, kevésbé a szulfát, foszfát, klorid és összes szervesanyag tartalom.

Német nyelvterületekről származó adatok szerint a 3-180 napos tartózkodási időkkel adódott tisztulási hatásfokok (1-5 esetben): coli 98%, KOI 36-87 %, szab. CO<sub>2</sub> 60-86 %, NH<sub>4</sub> 55-97%, SO<sub>4</sub> 9-22%, PO<sub>4</sub> 0,05-0,2 %, Cl 0-24 %, Fe 80-98%. Utóbbi (és a Mn is) az oxidáció miatt kicsapódik a kőzetsemséken, ill. barlangi kőzeteken, rozsdabarna, ill. fekete színeződéssel. Nem szabad megfeledezni a felsorolt komponensek esetenkénti „természetes” eredetéről sem. (A 2006-os miskolci ivóvíz fertőzés, **vírusjárványok** valamint a **gyógyszeripari** származékok élővízi dúsulása, a **klimaváltozás** algás produkciói újabb kihívásokat jelentenek! 2022. kiegészítés.)



3. ábra

A talaj-, és sekély rétegvizek a 1980-as évek eleji, túlnyomóan szennyvizes eredetű szennyezettségi állapotát mutatja a 4. ábra.



Jelmagyarázat:

600 mg/l Összes sótartalom  
 554 mg/l Össz só átlag fúrásban  
 „Mn” Kiugró természetes

● V Termelő kút  
 ○ 22 Figyelő kút  
 ○ Észlelő ásott kút  
 X Felszíni víz észlelő hely

A szennyeztelen  
 B változó  
 C állandó  
 D erős

**A talaj-, és sekély rétegvizek túlnyomóan szennyvizes eredetű szennyezettsége 1990-es évek eleji állapot**

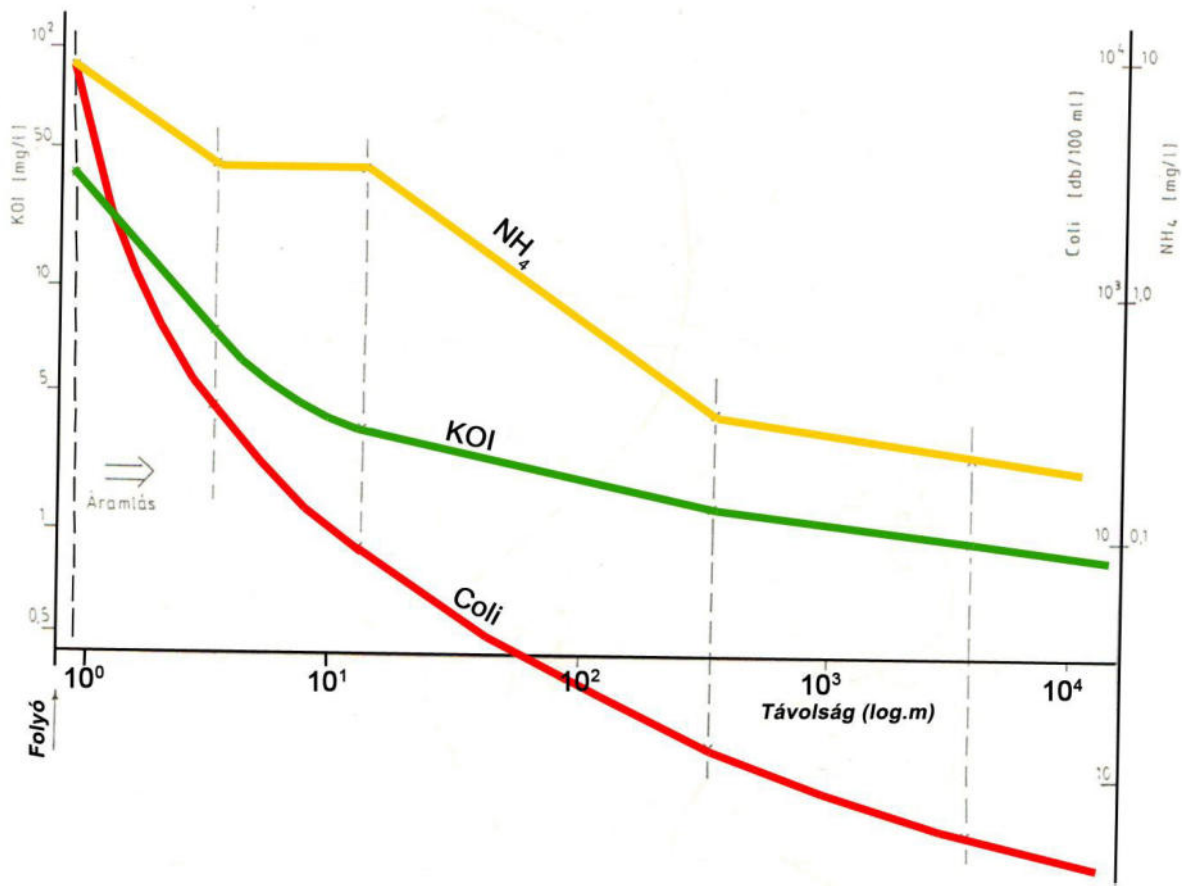
Talajvíz szennyezettsége:

4. ábra

Elszennyezett vizű folyó felőli szerves eredetű talajvíz szennyezés partmenti csökkenését mutatja az 5. ábra. Látható, hogy:

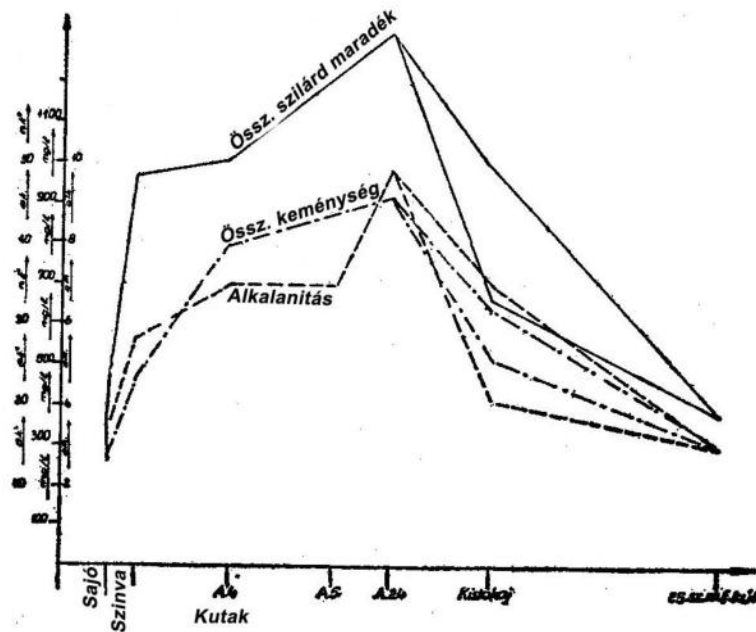
- az ammónia tartalom logaritmikusan (intenzíven) csökken,
- a coli tartalom a szivárgási útvonal mentén kezdetben a logaritmikusnál erősebben csökken, (mivel ebben a vonatkozásban a legerősebb a szemcsés vízvezető rétegek öntisztító képessége),
- az oxigén fogyasztás követi a coli-görbét. Az első 10 m-en több, mint 10 %-os a csökkenés az előbbi zárójeles megjegyzés miatt.

Az újabban növekvő víruszennyezés, klímaváltozás, gyógyszeripari szennyvíz származékok vizsgálata már az új nemzedéket terheli (2022-es megjegyzés.)



5. ábra

Az 5. ábrán markáns exponenciális szennyezés-csökkenéssel szemben egy régebbi, rosszabb folyóvíz minőségi és beszivárgási példa (6. ábra, Szerző egykori NME-s diplomadolgozatából) viszont azt mutatja, hogy a folyótól távolodva a vízszivárgás irányába bizonyos távolságba a szennyezés indikátorok megemelkednek, azaz a réteg egy sávjában a mineralizálódott szennyeződés akkumulálódhat.



6. ábra

A 2. táblázat ad útmutatást felszín közeli (talaj-, karszt- és hasadék-) vizek néhány jellemző komponensének és a szennyezettség mértékének kapcsolatáról.

2. táblázat

Komponens		Tiszta vizek	Gyengén	Erősen
			szennyezett vizek	
Össz. old.*	g/m <sup>3</sup>	400 – 500	600 – 700	> 800
KOI <sub>ps</sub>		0,7 – 1,5	2 – 3	> 3
NH <sub>4</sub> **		0,005 – 0,7*	0,2 – 1	> 2
NO <sub>3</sub> **		20 – 2*	30 – 50	> 50
SO <sub>4</sub>		40 – 50	100 – 200	> 200
PO <sub>4</sub>		0,02 – 0,4	0,5 – 0,7	> 1
Cl		< 20	20-30	>50
pH		-	6,5 – 7,5	7,5 – 8

Megjegyzés: \* Összes oldott anyag tartalom x 1.25 = fajlagos elektromos vezetőképesség.

\*\* Friss szennyezést a magasabb NH<sub>4</sub>/ NO<sub>3</sub>, a régit ennek reciproka jellemzi.

Pl.: NH<sub>4</sub> 2 – 10 g/m<sup>3</sup> közötti erős, friss felszín közeli vízszennyezésnél az NO<sub>3</sub> 1 g/m<sup>3</sup> alatti, majd több éves elérési idő után NH<sub>4</sub> 1 g/m<sup>3</sup> alatti NO<sub>3</sub> 50 feletti lesz, oxidáció esetén.

Általában nagyon jó szennyezés áramlási indikátor a **klorid ion**, mivel a kommunális, állattartási, műtrágyázási, útkarbantartási felszíni vizes eredetű szennyezéseket időben és térben haladva sokáig jelzi, mivel geokémiai ok miatt nehezen adszorbeálódik. Az MHT Hidrogeológiai Munkabizottság vizsgálatai szerint (1981-86):

- folyóvízben 50-130 g/m<sup>3</sup>,
- falusias településen 48-100 g/m<sup>3</sup>,
- előbbiekhöz közeli figyelőkutakban 65-77 g/m<sup>3</sup>,
- a legtávolibbiakban 33-55 g/m<sup>3</sup>,
- az előbbi talajvíztároló alatti sekély rétegvízben 21-27 g/m<sup>3</sup> volt.

A vizsgált Sajó-Hernád közti területen 25 kútban végzett vizsgálat szerint az elérési időket is figyelembe véve a következő átlagos **öntisztulási** mértékeket kaptuk:

coli:	95-98%	10-100 nap eléréssel
ammónia:	70-80 %,	46-1000 nap eléréssel
oxigén fogyasztás:	40-60 %	15-1000 nap eléréssel

Némileg ellent mond az előzőeknek, hogy az NSZK-ban 1983-ban publikált előadás szerint szennyezett talajvízben a bakteriális szennyezés még kimutatható volt.

50 napon túl	3 esetben
100-200 napig	2 esetben
200-365 nap között	4 esetben
365 napon túl	1 esetben

Lehetséges, hogy a nagy tartósságú esetekben a vizsgálati pontok valamiféle közelebbi folyamatos szennyezést kaptak, illetve csak néhány specifikus baktérium (esetleg vírus?) volt a „túlélő”.

### **Néhány alapfogalom:**

A szennyező anyag felszín alatti vizekben a következők szerint terjedhet:

- a szivárgó vízzel együtt (hidraulikus transzport),
- ionos mozgással, akár stagnáló vízben is (diszperzió),
- vízmozgás nélkül, agyagos rétegeken keresztül, ún. membrán jelenség és migráció alapján (Izd. *Dr. Wallacher László*, 1992)
- baktériumok élő mozgásával (Izd. *Dr. Takács Sándor*, 2007).

Fentiekből következik, hogy a talajvízig eljutó élettelen és élő szennyező anyagok szivárgási iránnyal **ellentétes mozgására** is számíthatunk!

Az ionos mozgás függ a redoxpotenciáltól, a migrációs mozgás függ az ionpotenciáltól (Izd. *Dr. Grasselly Gyula*, 1993).

A szennyvizekkel talajba, majd talajvízbe (karszt és hasadékvízbe jutó szerves anyagok bomlásnak indulnak, amely **szerves-**, majd **szervetlen** kémiai folyamatok végén **mineralizálódva** komplex sókká alakulnak.

Ezek további **degradációja** során keletkező egyszerűbb ionok, vegyületek egy része felszín közelben **akkumulálódik** (pl. karbonátok, nitrátok), mások (pl. klorid, szulfát) a fentiekben leírt valamilyen mozgással tovább terjednek, koncentrációjuk fokozatos csökkenésével. Lényegében ezt a folyamatot nevezzük "öntisztulásnak". Legjobb az öntisztulási hatásfok az élő mikroorganizmusok és baktériumszámok (i/100 ml) esetében. Valamivel rosszabb az összes oldott (élő és holt) szerves anyag tisztulása (**Kémiai Oxigén Igény**, amit a magas szervesanyag-tartalmú szennyvizekben *cromátos*, a „tisztább” vizekben *perszulfátos* módszerrel vizsgálunk). Az ammónium „öntisztulása” oxidációval történik (denitrifikáció), ami a redoxi viszonyok függvénye. A végtermék nitrát. Legkevesebb csökken az összes sótartalom a szulfát és a klorid, ezért ezek a legjobb szennyeződések jelei! A mikro szennyezők (toxikus nyomelemek) hidrológiai mozgása az előbbiektől jóval bonyolultabb. Nagyobb atomsúlyú és közepes ionpotenciálúak ugyanabból a szennyező közegből, igen változó és fluktuáló mértékben haladnak a pórusokban, el-elszakadva a vízszállótól. Kimutatásuk ezért sokkal bonyolultabb vizsgálatokat kíván, mint a szerves és szervetlen szennyező makrokomponenseké.

Újabban a **vírusos** felszín alatti vízszennyezések megelőzése jelent problémát (Miskolc-Tapolca 2006) az egyelőre igen körülményes kimutathatóság miatt.

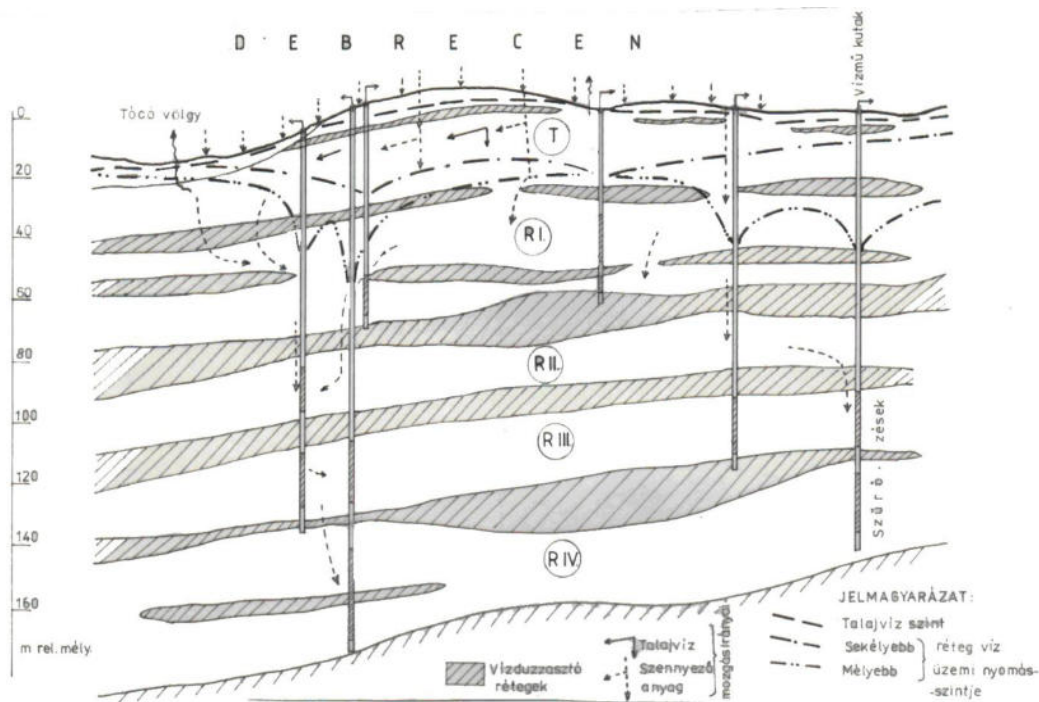
**Alföldi városainkban** évszázadok óta a lakossági, állattartási, üzemi szennyvizet a helyszínen szikkasztották. Így közvetlenül szennyeződtek a sekélyebb vízműves rétegek, de közvetve a mineralizálódott szerves anyagból származó egyes só vegyületek még mélyebbre is lejuthatnak. Ezt elősegítő geológiai tényezők:

- a homokos, agyaglencsés fedőrétegek,
- a lefelé csökkenő rétegvíz nyomás, ami oka lehet,
  - a természetes: medence aljzat geometriai változása (süllyedésszerű húzás),
  - a mesterséges: dinamikus készletet meghaladó víztermelés (harnisosodás).

**Alföldi városokban** a szennyvíz csatornázások közelmúlti kiépítéséig **50-100 mm/év szennyvízterhelést** kapott a talajvíz, ami évtizedenként és km<sup>2</sup>-ként **0,5-2 M.m<sup>3</sup>**. Ennek következtében az alföldi városaink alatt nagyságrendileg **10 -100 ezer tonnányi** sótömegek halmozódtak fel!

Másik probléma az átlagos **talajvízszint** méteres nagyságrendű emelkedése a beépítések miatt ami a beszivárgást területi átlagban **10-20%-al** megnöveli. Ha a talajvízszint emelkedése megközelíti az építmények alapozási és pinceszintjeit, akkor a kapilláris emelkedést követő talaj **szulfát** tartalom emelkedés épületkárosodásokat okozhat. Ezzel „összejátsszik” az utakat téli **sózásából** következő **korrózió**.

**Debrecen** vízműves „depressziós” környezetében már a 30-as évektől növekvő rétegvíz termelés hatására méterekkel süllyedt az 50-250 m közötti „vízműves” rétegek nyomásszintje, amely így már a talajvíz szintje alatt áll. Hidrológiai tanulmányainkból ismert, hogy a rétegvíz-termelés következtében a térszín napjainkig kb. 3 dm-el megsüllyedt a város területén. A homokos fedőközetben található lencsés kifejlődésű infúziós lösz és alluviális iszap vertikális átteresztő képessége (k/M) 10<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Ez kedvező feltételt biztosított az 50-es évek óta évtizedenként 0,5-2 millió m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-nyi szennyvíz be(le)szivárgáshoz (7. ábra)



7. ábra

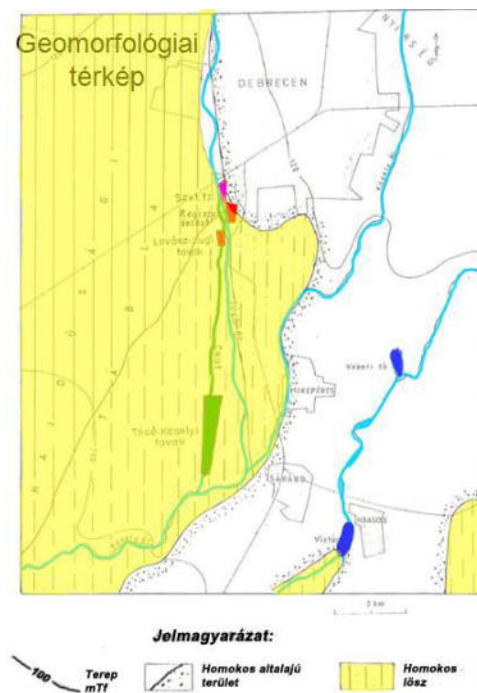
A talajvíz tartó réteg levegővel (és a szennyezőanyagokkal) átjárt jellegét a kőzetanyag elszíneződés mutatja a kutak rétegsorában 10-12 m mélységig. Az intenzív leszivárgást támasztja alá, hogy az Alföld más helyein tapasztalt szennyvíz szikkasztásos talajvíz dóm a 60-as években készült Rónai féle talajvíz térképen Debrecenben még nem ismerhető fel. Ez arra mutat, hogy a város területén elszikkasztott lakossági és főként élelmiszeripari, közületi szennyvizek *szabad szivárgással* jutnak le a talajvízig és onnan tovább a rétegvizekig. Ennek vízminőségi következményei leolvashatók a 3. táblázatról.

3. Táblázat

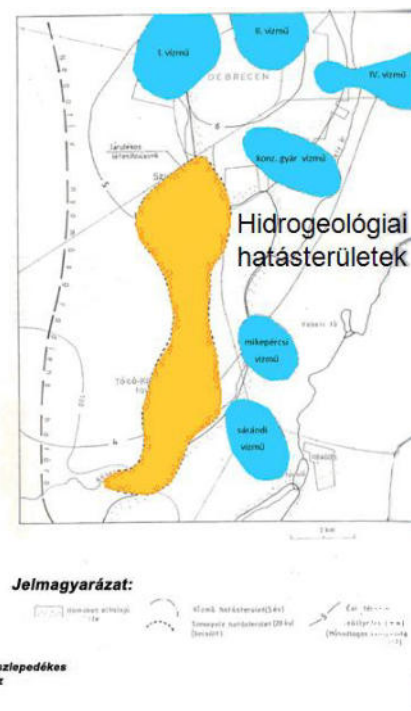
Év	Vez.kép. μS/cm	növ. %	Cl g/m <sup>3</sup>	növ. %	NO <sub>3</sub> g/m <sup>3</sup>	növ. %
<b>K-6/A kút</b> szűrőzés : 25-40 + 43-49 m						
1985-88	516	(=100)	18,3	(=100)	0,26	(=100)
1989-92	542	5	22,7	24	0,35	35
1993-96	582	8	28,3	31	1,1	288
<b>K-1/A kút</b> szűrőzés : 70,6-73,8 + 79,2-92,6 m						
1985-88	530	(=100)	6,7	(=100)	0,31	(=100)
1989-92	531	0,2	9,3	39	0,35	13
1993-96	546	3	12,8	52	0,63	90

Látható, hogy időben mind a három vizsgált szennyvíz indikátor értéke növekszik. A felszín közeli szennyeződés „forrásához” közelebbi, sekélyebb szűrőzési mélységű kút vizében a szennyvízből mineralizálódott sótartalommal arányos fajlagos elektromos vezetőképesség és a nitrát tartalom növekedése (%) nagyobb, mint a mélyebb kút vizében. Ezzel szemben a klorid növekedése a mélyebb kút vizében magasabb! Ennek oka a klorid ion geokémiai „mozgékonyasága”, amire majd a VIII. fejezet 55. ábrája is példa. (A sekély mélységű, alföldi rétegvizek geokémiai tulajdonságaival Dr. Varsányi Irén foglalkozott.)

A fentiek miatt a kilencvenes években jelentős fejlesztést hajtottak végre a Debrecen városi szennyvíztisztító telepen. Kellő vízhozamú, állandó vízfolyás (befogadó) nincs a területen, ezért a II. fokon (biológiailag) tisztított szennyvizet öntözéssel, de még inkább átmeneti víztározókban lehetett csak elhelyezni. A már így is veszélyeztetett vízműves rétegek távlati védelme érdekében nagy térségre kiterjedően kellett vizsgálni a kezelt szennyvíz fentiek szerinti elhelyezésének és a kutas víztermelés hidrogeológiai kapcsolatát. Ennek átfogó eredményét mutatják vázlatosan a 8. a és b. ábrák. Ezekről első közelítésben látható, hogy a kezelt szennyvíz elhelyezésével „veszélyeztetett” Tóció-árok menti sáv szerencsésen a sovány agyag konzisztenciájú, infúziós lösz területre esik és nem az annak keleti szomszédságában kezdődő homokos vidékre.

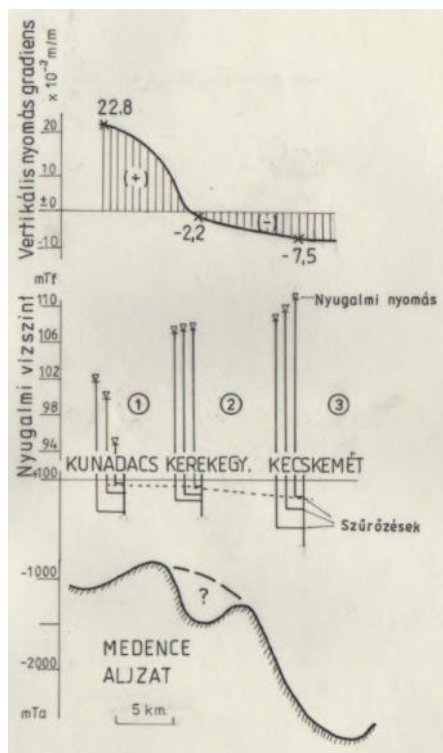


8/a. ábra



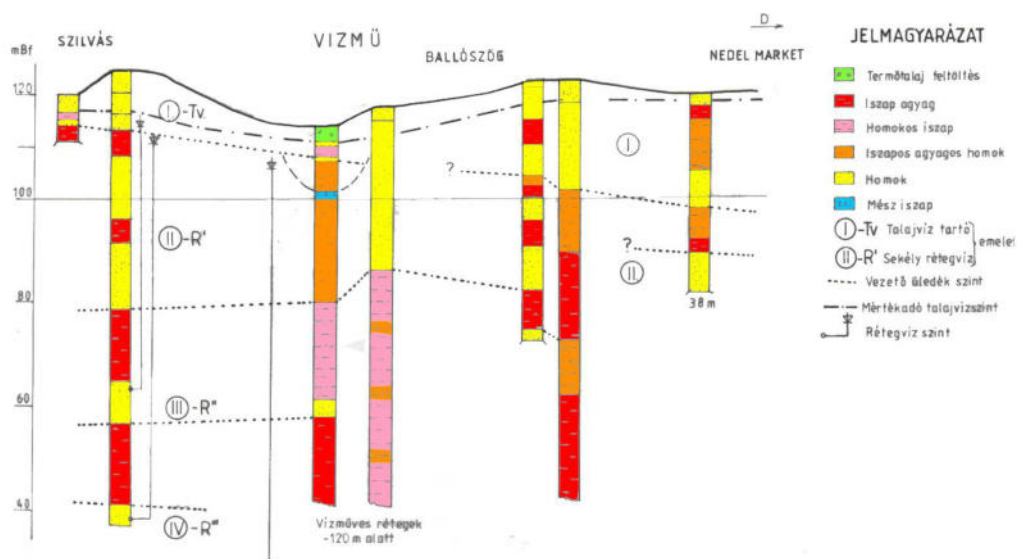
8/b. ábra

**Kecskemét** környezetében a medencealjzat alakja miatt már a természetes rétegvíz nyomás vertikuma is negatív volt, azaz lefelé csökkent a rétegvíz tartók nyomása. Ennek magyarázatát a 9. ábra mutatja be vázlatosan.



9. ábra

A 90-es évek közepéig a 20 km<sup>2</sup>-nyi, százezres lakosú város belterületén szennyvízesatornára rákötött ingatlanok aránya csupán 50 % közeli volt. A környező agglomerációs településeket, tanyákat is figyelembe véve a talajvizet elérő szennyvíz leszivárgás évi 50-100 mm közöttinek becsüljük. Ez a peremi részekkel együttesen 30 km<sup>2</sup>-nyi területen évi **1,5-3 millió m<sup>3</sup>**, területileg és időben változó mértékben szennyezett víztömeget jelentett. Emiatt a **felszín közeli vizek erősen elszennyeződtek** mivel az uralkodóan homokos rétegsor (10. ábra) elégtelen késleltetést biztosított a háztáji, kisüzemi, állattartási szikkasztások és a térségben intenzív kertészkedés szennyező hatásával szemben. A 60-as évek eleji talajvízkút minőségek például a szennyeztelen talajvíznél (nem szikes!) területen szokásos 0,5 kg/m<sup>3</sup>-es összesó koncentrációval szemben már 1,5 kg/m<sup>3</sup> átlagot mutattak.

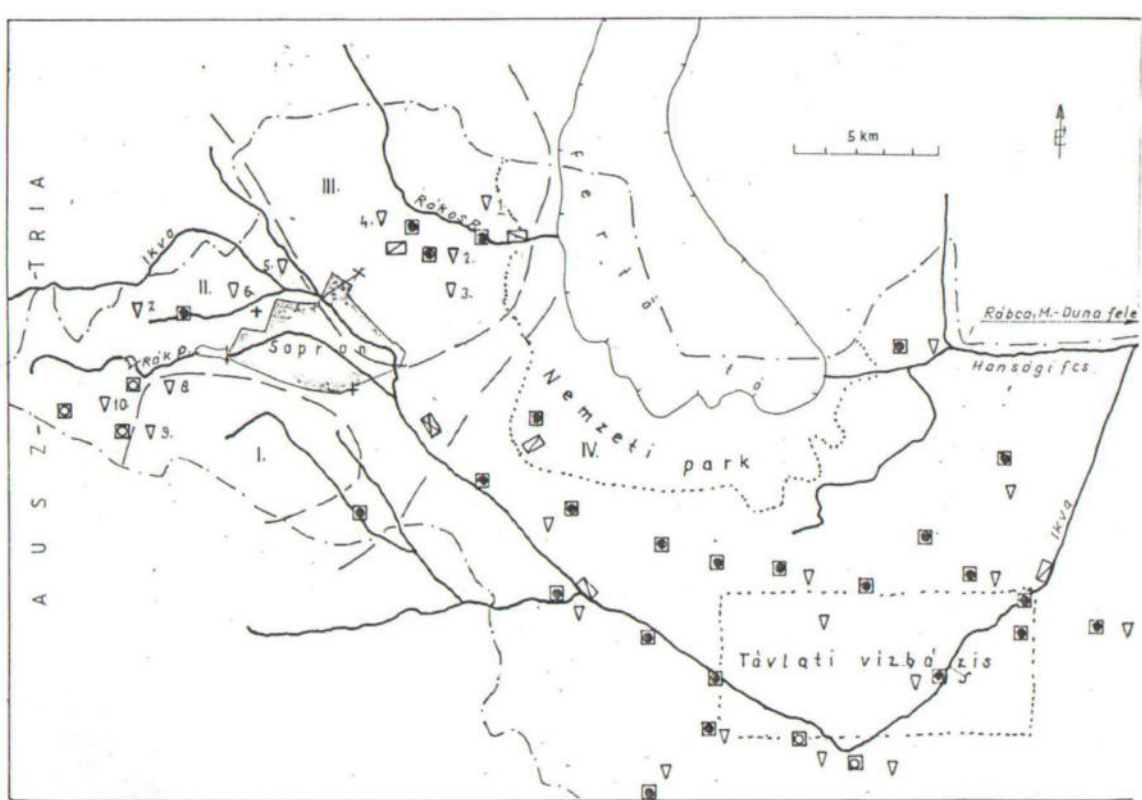


10. ábra

A Kecskemét városi szennyvíztisztításból származó iszap mezőgazdasági hasznosítására – az agronómiai, tulajdoni és földhasználati viszonyok alapján – 4 helyen összesen 500 ha terület lett kijelölve, hektáronkénti évi 10 tonna szárított iszap kiszórására, beszántással. Szemléletesebben ez azt jelenti, hogy a szárított iszap még meglévő víztartalmával és évi 150-200 mm beszivárgással négyzetméterenként 1,5-2 veder vízben oldott 1 kg-nyi iszap kerül kihelyezésre, ennek túlnyomó része beépül a termelt növényzetbe, a kisebb mineralizálódik adszorbeálódik a talajsványokhoz, a víz pedig a gyökérszónából szinte teljes mennyiségében visszapárolog. A 10. ábrából kitűnik, hogy a leszivárgás szempontjából vizsgálandó közel 100 m mélységű talajvíz és sekély rétegvíz tározó összlet legalább 2/3-ad része valamilyen homok, amely vertikális szivárgási tényezőjét 0,1-0,5 m/d-nek becsüljük.

A **Sopron** térségét bemutató 11. ábra egy regionális szennyvízgyógyászati koncepció kidolgozásához mutat egyszerű példát. Az adott esetben figyelembe veendő – hidrogeológiai vonatkozású – felszíni tényezőket az ábra **jelmagyarázata** foglalja össze.

Megjegyzendő, hogy hazánk települési és mezőgazdasági területein a felszínközeli vizek általános szennyeződését, az 1950-es évektől tudjuk kimutatni, és az 1970-80-as évek közepén érte el a „tetőpontot” azóta csökken, a kommunális és mezőgazdasági hatások visszaszorulása miatt. Homokos (kavicsos, iszapos) medenceüledékekben (Gyöngyös, Győr, Kecskemét), ez az antropogén szennyeződés a 90-es évek közepéig 50-150 méter mélységig jutott le, folyamatosan degradálódva, és szelektálódva (elsősorban összes só, szulfát, klorid, nitrát tartalom). Ez (30-40 évvel számolva) 1-5 méter/év leszivárgási sebességet jelent.



## JELMAGYARÁZAT:

### Település:

- Szennyvíz elvezetés megoldva
- Szennyvíz elvezetés nincs megoldva
- Közüzemi vízellátással
- ▽ Viztermelés felszín alól  
(Talaj, réteg, hasadék vizből)
- ☒ III. Fokozatú } szennyvíztisztító  
☒ Biológiai } telep
- Vizminőségi }  
→ Vizhozami } mérő szelvény
- ▷ Víztorozó tó
- + Talajvíz észlelő kút

11. ábra

Egy állati hulladék-feldolgozó üzemet az északmagyarországi dombvidék egyik patak völgyének torkolatánál, a völgytalpon telepítették az 1950-es évek közepén, majd a szomszédos lejtőn egy Komposzt teleppel is kiegészítették. A völgytalpon létesített **Központi telep** alatt, a talajvíz észlelő kutak rétegsora alapján patak völgyi negyedidőszak 4 m vastag agyagréteg, ez alatt 8 méterig talajvíz vezető, elszórtan kavicsos homok települ, amely fekszik már felső pannon korú szürke, kemény lemezes agyag összlet. A talajvíz terep alatti mélysége 3-4 m között ingadozik. Az üzem ipari vízellátását biztosító ásott kút vízszint leszívása a 1-3 m között ingadozott. Ezért az innen vett vízminták jellemzőek az egész telep alatti víztartóra. Az itt mélyült talajmechanikai fúrásokból vett laboratóriumi kőzet leírása és a szivattyúzási adatok alapján a talajvíz vezető réteg szivárgási tényezője 1 m/d körüli, ami a térszín völgy menti esését követő 5 m/km természetes talajvízszint esésből számítva napi fél cm, évi átlagos 1,8 m-es nagyságrendű szivárgási sebességet jelent. Ebből következik, hogy amíg a technológiai beszivárgással lokálisan megemelt talajvíz dóm alatti víztömeg évekig az üzem területe alatt pang, kellő szerves anyag lebomlási idő áll rendelkezésre. A 4 m vastag laza völgytalpi fedőrétegen keresztüli kapillaris leszivárgási idő 5-15 napra becsülhető az itteni figyelő kutak és nagytérségi tapasztalataink szerint. Ez az idő, a kapillaritás és az agyag adszorpciója kémiai reakciója miatt már a leszivárgás folyamán megindul a szennyezett vizek degradációja, ami jelentős fedőrétegbeli szerves kolloid és só lekötődéssel és részleges újraoldódásokkal jár.

A domblábon 25 méterrel magasabban kialakított **Komposztáló telep** figyelő kútjainak rétegsora: a negyedidőszaki fedőréteg 7-8 m vastag sárgásbarna majd vörösesbarna agyag, az alján homok és kavicsréteg maradványokkal. Az alatta települő szürke kemény lemezes elválású agyag vékony homok mikro rétegekkel már a neogén időszaki „alapkőzetet” jelzi. A szűrőzött figyelő kutakban a létesítéskor mért talajvízszintek 6-13 m között voltak, de az egyik 15 m-es fúrásban nem volt megütött vízszint. Így itt a talajvízig történő leszivárgás ideje 10-20 napra becsülhető, miközben a kapilláris leszivárgási zóna alatti homokos-kavicsos réteg mintegy drénezi az agyagos fedőt, s dombláb felé vezetve a víz egy részét, ahol az éves párolgást növeli ún. rejtett talajvíz forrásként.

A labor vizsgálatok és térségi ismereteink alapján az agyagos talajvízvezető réteg vertikális szivárgási tényezője kisebb, mint 0,01 m/d.

**4. Táblázat: Talajvíz minőségi átlagok. [g/m<sup>3</sup>]**

	Hely	Előző időszak	2004-2006	2007-2009	2010-2011	2012-2013	2004-2013	Tiszta víz hat. ért.
NH <sub>4</sub>	Ás.k. Komp.	<b>1,8</b>	<b>1,1</b> <b>0,8</b>	<b>1,9</b> 0,2	<b>1,2</b> 0,4	0,07 0,1	<b>1,1</b> 0,4	0,5
NO <sub>3</sub>	Ás.k. Komp.	<b>64</b>	<b>40</b> <b>45</b>	<b>27</b> <b>37</b>	<b>39</b> <b>80</b>	<b>36</b> <b>29</b>	<b>36</b> <b>45</b>	20
PO <sub>4</sub>	Ás.k. Komp.		0,2 0,15	0,19 0,1	0,25 0,03	0,14 0,14	0,2 0,1	0,4
SO <sub>4</sub>	Ás.k. Komp.	<b>163</b> <b>57</b>	<b>120</b> <b>97</b>	<b>115</b> <b>100</b>	<b>107</b> <b>150</b>	<b>94</b> <b>99</b>	<b>109</b> <b>112</b>	50
KOI <sub>cr</sub>	Ás.k. Komp.	38 574	17 10	48 29	27 <b>108</b>	<b>57</b> 33	37 45	50
Vez.k. mS/cm	Ás.k. Komp.	<b>1,2</b> <b>3</b>	<b>1,3</b> <b>2,9</b>	<b>1,25</b> <b>2,0</b>	<b>1,18</b> <b>2,0</b>	<b>1,1</b> <b>1,8</b>	<b>1,2</b> <b>2,2</b>	0,5
pH	Ás.k. Komp.		7,5 6,9	7,4 6,9	7,4 7,1	7,3 7,2	7,4 7,0	6,5-7,5

Magyarázat: Ás.k.: központi feldolgozó telep szivattyúzott ásott kútja.

Komp.: domboldali komposztáló telep két figyelőkútja

**5. Táblázat: Összevont átlagértékek [g/m<sup>3</sup>]**

Mintavételi pontok	Dátum	Fajl. Vez.	KOI <sub>ps</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> g/m <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	pH
Fúrások	2004	1758	10,4	37	31,9	204	0,18	7,3
Figyelőkutak	2008-2010	1499	59,9	52	6,9	163	0,27	7,3
Ásott kút	2006-2012	1133	1,6	37	1,4	100	0,35	7,5
<b>Átlagok átlaga</b>		<b>1463</b>	<b>24</b>	<b>42</b>	<b>13,4</b>	<b>155</b>	<b>0,27</b>	<b>7,4</b>
Tiszta vizek		600-750	0,7-1,5	okt.40	0,005-0,7	40-50	0,02-0,4	6,5-7,5
Erősen szenny. vizek		>1200	>3	>50	>2	>200	>1	<6,5 ill. >8
Szennyvizek		>1000	>10	>50	>5	1000	>1	<5,0 ill. >9

### Következtetések:

A táblázatból egyértelműen megállapítható, hogy az *első* 2004-2006 évi, valamint az *utolsó* 2012-2013 évi talajvíz szennyezési kémiai indikátor átlagokban csökkenés, *javulás* mutatkozik, nyilvánvalóan az időközben végrehajtott fejlesztések hatására.

Ezek:

Ammóniumnál	központi telepen	94 %
	komposztáló telepen	87 %
Nitrátnál	központi telepen	10 %
	komposztáló telepen	36 %
Foszfátnál	központi telepen	30 %
	komposztáló telepen	7 %
Vez.kép.-nél	központi telepen	15 %
	komposztáló telepen	38 %
Szulfátnál	központi telepen	22 %
	komposztáló telepen	2 % növekedés !
pH-nál	központi telepen és	
	komposztáló telepen	alig változik
Oxigén fogyasztásnál ugyan jelentős a növekedés, de a „tiszta” határértéken belül		
	központi telepen	235 %
	komposztáló telepen	230 %

**Összességében** megállapítható, hogy mindkét üzemrész területén a vizsgált időszak talajvíz minősége hasonlított a **csatornázatlan, háztáji gazdálkodásos** falusi területekéhez. Az ammónium mérsékelt emelkedésével szemben a magasabb nitrát és szulfát értékek mindkét területen a talajvíz **oxidatív** miliójét jelzik, ami - érthető módon - a domboldali telepen az erősebb, a nitrát, vezetőképesség és oxigén fogyasztás változásokból kiolvasható mineralizáció miatt. (Lásd: *Felszín alatti vizeink gondozása I. kötet Vízügyi, műszaki, gazdasági tájékoztató 161. 1987.*) Az egy kivételével határérték alatti kromátos oxigén fogyasztás és a természetes értéket 2 – 6- szorososan meghaladó, oldott összes só tartalmat jelző fajlagos elektromos vezetőképesség a beszivárgó **szerves szennyeződés mineralizációját** („öntisztulását”) jelzi. A beszivárgási zónában és a talajvízben lejátszódó **öntisztulás** miatt a pH érték is határértéken belüli. Hangsúlyozandó, hogy az előbbi megállapítások **több éves átlagokra** vonatkoznak, miközben kiugróan kedvezőtlen értékek is előfordultak, de az így kialakult standard talajvíz kémiai állapot **nem jelent ivóvíz minőséget!**

Ipari gyakorlatból származó tényleges hidraulikus és diffúziós szennyezőanyag terjedési értékeket 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat

Helyszín	Terjedő anyag	Észlelt, számított sebesség			Környezet
		Teljes	Hidraulikai	Diffúziós	
<b>KARSZTOS</b>		<b>m/d</b>			
Bükk hg-i nyomjelzések /16 db/	só, fluor- eszcein spóra	500-6000			Barlangos
Rudabányai hgs. bányameddőből	FeCO <sub>3</sub> CaSO <sub>4</sub>	350			Bonyolult törésrendszer
<b>KAVICSOS</b>		<b>m/év</b>			
Sajóládi kúthoz bányatóból, átl.	Cl, KOI Vez. Bakt. SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub>	28	2	26	Partiszűrészű
Sajóládi figyelőkúthoz állattartó tp.-ről	NH <sub>4</sub> , KOI, sók	37			Mezőgazdasági
S.lád 600 µs/cm izov. haladása	sók	40			Települési + mezőgazdasági
Alsózsolcai "visszaszívás"	NO <sub>3</sub>	250	200	50	Települési
Miskolc, Tiszai pu.	Olaj	20	<100		Ipari
Dejtári átlag	Fe, NH <sub>4</sub>	250	47	203	Mocsári réteg
Pásztói átlag	NO <sub>3</sub> , sók	75			Mezőgazd. tp-ek
Ercsi	CO <sub>2</sub> , Mn	60			Sertéstp. holtág
Dunakeszi átl.	NO <sub>3</sub>	150-200	10-20	140-280	Települési (mezőgazd-i)
Borsodi VK tározó áramlási: ellenirányba:	sók, Cl SO <sub>4</sub> , Hg	350-150	70-40	280-110	Ipari
<b>HOMOKOS</b>		<b>m/év</b>			
Kardoskút: horizontálisan	igen magas Cl conc-ból	20-40	16	4-24	Ipari víztározóból
vertikálisan talajban		40	2-4	36-38 27	
Gyöngyös horizontálisan	sók	25	15	10	Települési (ipari)
vertikálisan		10			
Bükkábrányi meddőhányóból szimulált	CaSO <sub>4</sub>	10 <sup>-5</sup> -30 átlag 3			Ipari
<b>HOMOKKÖVES</b>		<b>m/év</b>			
Mátraszelei meddőhányók	sók, Fe, Zn	12			Ipari
Salgótarjáni salak hegy	pH, KOI Hg.	30			Ipari

Megjegyzés: A felsorolt vizsgálatoknál a:  $k = 10^{-2}-10^2$  m/d;  $i = 10^{-3}-10^0$  m/m tartományban volt

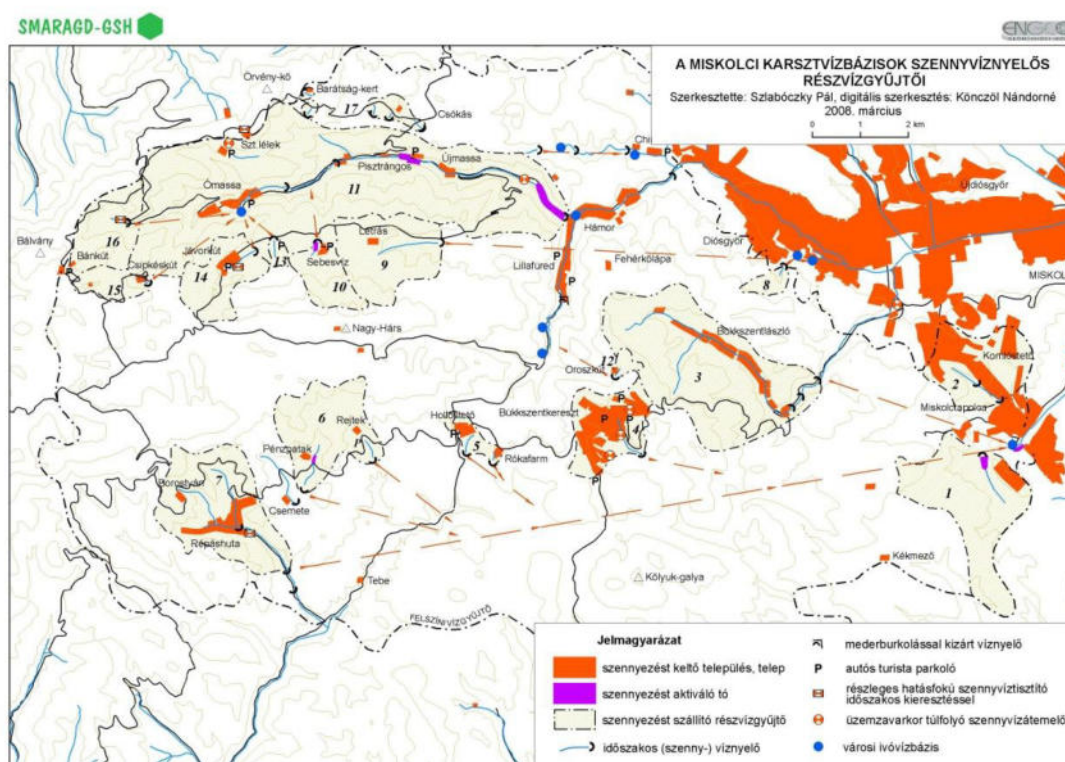
## II. KARSZTVÍZSZENNYEZÉS

Természeti és emberi folyamatok által generált szennyezések megjelenését a karsztvíz bázisokon:

MIKROBIOLÓGIAI-	KÉMIAI-	AGYAGOS-
szennyeződések formájában észleljük		
úgy mint:		
<i>férgek</i> <i>algák</i> <i>baktériumok</i> <i>vírusok</i>	<i>N-S-P-C-CL vegyületek,</i> <i>össz. SÓ</i> <i>ill. KOI, TOC, ANA</i> <i>PESZ, SZOE</i>	<i>Lebegő-üledő</i> <i>hordalék</i>
<b>Eredete:</b>		
Közelebbi, ill. töményebb- SZENNYVÍZEK,	Távolabbi, ill. hígabb- szennyezett CSAPADÉKVIZEK	Barlangi (felszíni) ÜLEDÉKEK
<b>Hatása:</b>		
<i>Fertőzések</i>	<i>Általában indikátor,</i> <i>ritkán vízminőség romlás</i>	<i>Zavarosodás,</i> <i>eltömődés, kiülepedés</i> <i>Fe-megjelenés</i>
<b>Mozgatója:</b>		
Tartós szárazság, vagy talajfagy utáni, <b>váltakozó intenzitású</b> ( $P=m.a!$ ) pulzáló zivatar, olvadás		Barlangi árvizek miatti erózió, járat beszakadások
<b>Védekezés:</b>		
<b>Legjobb:</b>	<b>PREVENTÍV</b> (szennyvíz és csapadékvíz gyűjtés- visszatartás-kezelés- elvezetés, ill. <b>szabályozható beszivárogtatás</b> , a tisztított szennyvíz-, ill. kezelt iszapfázis helyi utóhasznosítása)	
<b>Szokatlan:</b>	<b>AKTÍV</b> (barlangbeli hidraulikai szabályozás, vízkezelés: ezidáig csak ivó-vizes bányavágatokban)	
<b>Legrosszabb:</b>	<b>PASSZÍV</b> (vízkezelő-tisztító művek a vízbázison: íz rontó, legköltségesebb)	

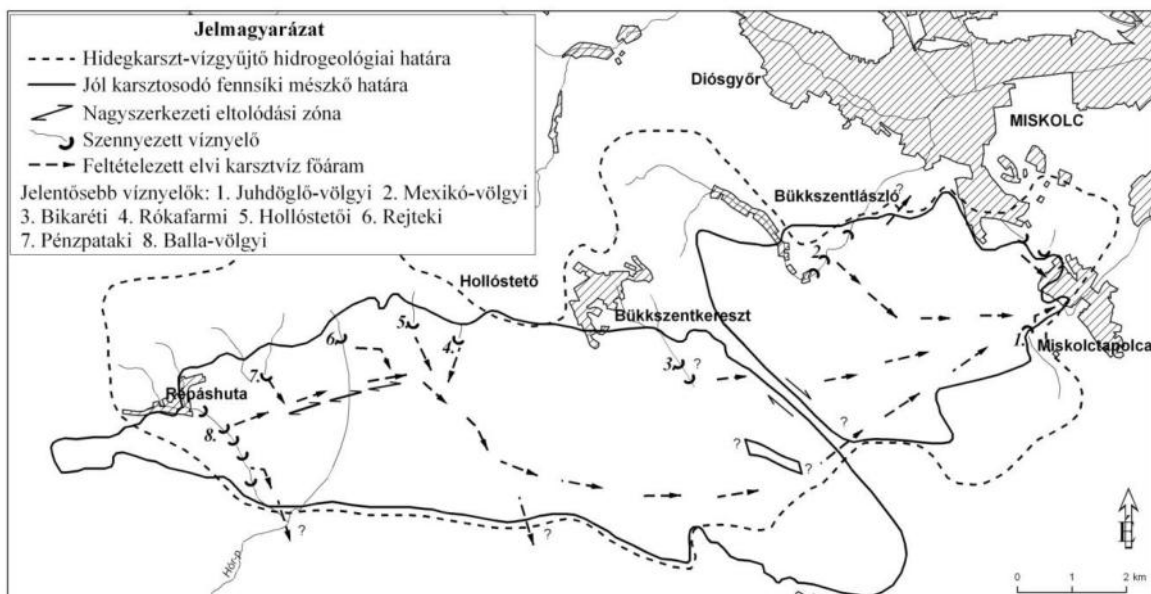
A karsztvizek a szennyeződésre legérzékenyebbek, a jelentősen nagy **km/nap, 100 m/nap** nagyságrendű horizontális áramlási sebességük miatt. (Kavicsrétegű talajvizeknél ez **10 m/nap**, homokos rétegvizeknél csak **10 m/év** nagyságrendű.)

Hazánkban szennyeződésterjedési szempontból leginkább a miskolci ivóvízbázisok karsztvízgyűjtő rendszerét vizsgálták. A 2006-os pünkösdi karsztvíz szennyezés az eddigi legnagyobb hálózati ivóvíz fertőzést okozta. A vízgyűjtő területről mutat átfogó képet a *12. ábra*. Értelmezése a jelmagyarázat alapos tanulmányozását kívánja. A térképről első ránézésre is szembetűnő, hogy a szennyezett vízzel „táplált” víznyelők, vízbázistól való távolságuk mellett igen lényeges az ezekhez tartozó részvízgyűjtők területe hidrodinamikai szempontból.



12. ábra

Az intenzív karsztvíz szennyezést elsősorban az okozza, hogy a szűk hegyvidéki településeken a háztetők csapadékvizét is bevezetik a szennyvíz csatornába. Ezért nagy eső, intenzív hóolvadás esetén az aknákon keresztül a szennyvíz a felszínre törve rövid idő alatt eljut a víznyelőkhöz, barlangjáratokon keresztül a vízműves forrásokhoz. Ennek hidraulikai következményeit mutatja be a *13. ábra*. Bővebb ismertetése a *Hidrológiai Tájékoztató 2010 évi számában található*.



13. ábra

A térképen feltüntetett elvi áramlási útvonalakat hidrotektonikai kép alapján jelöltük ki. A jelentősebb szennyezett csapadék- és szennyvíz terhelésű víznyelőktől, az ivóvíz bázisig adódó elérési időket, a 2006 pünkösdjén bekövetkezett árvízi szennyeződés vízminőségi érkezései alapján lehetett meghatározni. Az események ilyen célú összefoglalását tartalmazza a 7. táblázat.

7. táblázat

Idő 2006	Csapadék <i>mm</i>	Karsztvzsz. <i>mBf</i>	Zavarosság <i>NTU</i>	Meteohidraulikai hullámok
V.30.	<b>27,5</b>	533.5	4.3	Nincs zavaros hatása
31.	5.6	534.1	4.5	
VI.1.		534.6	4.9	
2.	<b>73,7</b> <i>11h-tól</i>	535.5	4.9	1. csapadék hullám
3.	<b>22,1</b> <i>22h-tól</i>	536.8	<b>64-ig!</b> <i>12h-tól</i> <i>max.16h</i> <i>8,9 20h-tól</i>	1. érkező hullám Juhdöglői vízny.-től 2.csapadék hullám
4.	13.5	538.7	25,9-ig! <i>12h-tól</i> <i>max. 24h</i>	2. érkező hullám Juhdöglői vízny.-től
5.	6.7	540.7	34	

Idő 2006	Csapadék mm	Karsztvzsz. mBf	Zavarosság NTU	Meteohidraulikai hullámok
VI.6.	1,2	542,5	<b>59</b>	1.érkező hullám Mexikói vízny.-tól 2.csapadék hullám
7.		544.1	32.6	
8.		545.1	29.9	
9.	7.6	546	24.9	
10.	5.2	<b>546.3</b>	24.6	
11.		546.2	24.5	
Idő 2006	Csapadék mm	Karsztvzsz. mBf	Zavarosság NTU	Meteohidraulikai hullámok
12.		545.9	29.5	2.érkező hullám Mexikói vízny.-tól
12.-16.	Fertőző bakt.sz. nagyságrendi <b>ugrása</b>			2.hullám levonulása
19.			21 – <b>62,4</b> <i>17h-kor</i>	1.érkező hullám Bikarét alatti vny.-tól
20.	4.4	541.3	19.4	
23.	Fertőző baktérium szám: normális			
26.		537.5	<b>60</b>	2.érkező hullám Bikarétről tetőzik, vagy 1.Ballav.-i hull.?
27.	40			
30.			12.9	
VII.28.			7	
VIII.4-18	Fertőző bakt.sz. nagyságrendi <b>ugrása</b>			1. vagy 2. Ballav.-i hullám érkezése
VIII.25-ig	Fertőző hullám lecsengése			

Az szennyvízhullámok érkezéséből számítható átlagos karsztvízáramlási sebességeket a 8. táblázat foglalja össze.

8. táblázat

(Szenny)víznyelő	Táv km	E l é r é s i nap hullám		Sebesség km/d	Esés %
Juhdöglő völgyi  (Meddővel tömedékelve)	0.9	1,05 1,2 0,6 0,9	1.kezdet 1.tetőzése 2.kezdet 2.tetőzése	0.86 0.75 1.5 1	2.8
Mexikó-völgyiek (Feltárva csupasz mederben)	6.6	4 9 11	1.tetőzése 2.kezdet 2.tetőzése	1.65 0.73 0.6	2.6
Bikarét alattiak (Fedővel takarva)	7.5	17 23	1.tetőzése 2.tetőzése	0.44 0.33	5
Balla-völgyiek (Csupasz mederben feltáratlan)	16.5	24 63 75	1.bizonytalan 1. + 2.eleje vége	0.69 0.26 0.22	2.2

A vízbázistól légvonalban számítva, 0,7 km-től 16 km-ig elhúzódó távolságú víznyelőktől adódott **szennyező anyag elérési sebességek 0,22-1,65 km/d** közé esnek, ami megfelel a területen az ötvenes évektől végzett sózásos, pollenés, fluoreszceines nyomjelzéseknek.

Lényeges körülmény, hogy a szennyeződésre érzékeny vízgyűjtőn működő szennyvíztisztítóból a víznyelők felett néhány (10)-100 m-re, a patakba kieresztett tisztított szennyvíz még mindig veszélyt jelent a karsztvíz minőségre az 9. táblázat adatai szerint. Tehát a biológiai fokozatú szennyvíztisztító sem jelent elégséges vízvédelmet. Az 1. sz. minta a tisztított szennyvíz beeresztése feletti patakból, a 2. sz. minta közvetlenül a bebocsájtás helyéről lett véve. Látható, hogy a szennyvíztisztítás során csupán a nitrát és a két bakteriológiai komponens értéke csökkent. Vagyis bakteriológiailag megfelelő a tisztítási hatásfok árvízmentes, normális üzem esetén. A nitrát csökkenését a tisztítási denitrifikáció okozza, ami viszont jelentősen növeli az ammónium tartalmat. Az év nagy részében csupán néhány tíz liter perces hozamú patakba időszakosan becsurgatott tisztított szennyvíz. 2. mintaszámú értékei jelentősen meghaladják a terület patakjainak jellemző természetes vízminőségi paramétereit.

9. táblázat

Minta	Vez.k.	KOI	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	szCO <sub>2</sub>	Na	PO <sub>4</sub>	Cl	Coli	E.coli	Telepsz.
helye	m S/cm	g/m <sup>3</sup>							i/100ml			
1.	194	1,7	0,01	3,3	33	45	9	0,41	79	1500	120	110
2.	1009	5,8	3,5	1,9	107	132	82	1,36	251	300	0	500
Változás	növ.	növ.	növ.	csökk.	növ.	növ.	növ.	növ.	növ.	csökk.	csökk.	növ.

A 10. táblázatban összefoglaltuk a különböző vízbázis védelmi munkákból származó, karsztos felszíni vizek (patakok, tavak) mikrobiológiai, bakteriológiai értékeit, kiegészítve az ezekkel szoros kapcsolatban lévő, összes szerves anyagot jelző kémiai oxigén fogyasztási és a friss bomlási termék, ammónium értékekkel.

10. táblázat

Szennyezett	Mintavétel	Telep szám	Bact. szám	Coli szám	E.coli	F.coli	F.strep.	Clost.	Pseud.	E.coc.	KOI ps	NH <sub>4</sub>
víznyelős patak, tó		<i>i / L</i>	<i>i /100ml</i>								<i>g /m<sup>3</sup></i>	
<b>Juhdöglő-völgyi</b>	1995,10.			sok							<b>10.8</b>	
	2006,06.	<b>160 E.</b>		<b>15 E.</b>						<b>20</b>	<b>14.9</b>	
	2006,06.			<b>4 E.</b>						<b>200</b>	<b>13.8</b>	
<b>víznyelős iszap</b>	2006,06.			<b>22 M.</b>						<b>700 E.</b>		
<b>Tatárárki</b>	1990,02.	106		850		<b>516</b>					7.1	
	1995,07.		3800	190							5.2	
	2006,06.			<b>21 E.</b>		<b>10 E.</b>						
	2006,06.			<b>131 E.</b>	<b>29 E.</b>	<b>1,2 E.</b>				<b>960</b>	8.4	
	2006,06.			<b>163 E.</b>	<b>66 E.</b>						<b>21</b>	
<b>Bikaréti</b>	2008,02.	<b>28,4 E.</b>		<b>16 E.</b>	<b>11 E.</b>					<b>1,1 E.</b>	5.6	
<b>Pénzpataki</b>	2008,02.				20							
<b>Répáshutai</b>	1986,07.										9.5	1.24
	2005,06.										<b>103</b>	<b>67</b>
<b>szv.tp.felett szennyvíz</b>	2006,06.			<b>85 E.</b>		<b>77 E.</b>						
<b>szv.tp.kifolyó</b>	2006,06.			<b>920 E.</b>								
<b>szv.tp.kifolyó</b>	2006,06.			<b>160 M.</b>								
<b>kifolyó után</b>	2006,06.			<b>4 M.</b>		<b>1 E.</b>				<b>800 E.</b>	<b>468</b>	<b>47.3</b>
<b>kifolyó után</b>	2006,06.			<b>2 M.</b>		<b>1 E.</b>				<b>3,2 E.</b>	<b>40</b>	
<b>szv. tp. felett</b>	2008,02.			<b>100 E.</b>	<b>10 E.</b>						<b>252</b>	<b>29.1</b>
<b>Csipkés-kúti ló tp.</b>	2008,02.			1,5 E.	120					110		
<b>Jávorkúti</b>	1988,03.	<b>780 E.</b>	<b>20 E.</b>	540		28	<b>240</b>				7.6	0.4
	1988,03.	126 E.	860	2		3	1				5.1	
	1988,09.		<b>10 E.</b>	22		10	6					
<b>Bolhási</b>	1988,09.		700	500		20	8	3				
<b>Garadna</b>	1988,09.		200	54		<b>pozitív</b>	<b>13</b>	<b>1</b>				8.3
<b>Pisztrángos tó</b>	1988,09.		8,8 E.	25		<b>pozitív</b>	<b>30</b>	<b>3</b>				7.8
<b>Hámori tó, -7m</b>	1991,09.										2.8	1.67
<b>Oroszkúti ló tp.</b>	1999,03.	<b>366 E.</b>	<b>410 E.</b>	<b>1000 E.</b>		<b>4 E.</b>	<b>5,4 E.</b>	<b>200</b>	<b>150</b>			

A vastag álló értékek **előkezelt**, a dőltek **nyers szennyvízminőséget** jelentenek. Szembetűnő, hogy a vizsgált víznyelős patakmedrek vizei milyen nagy számban mutatnak valamilyen fokozatú szennyvízminőséget!

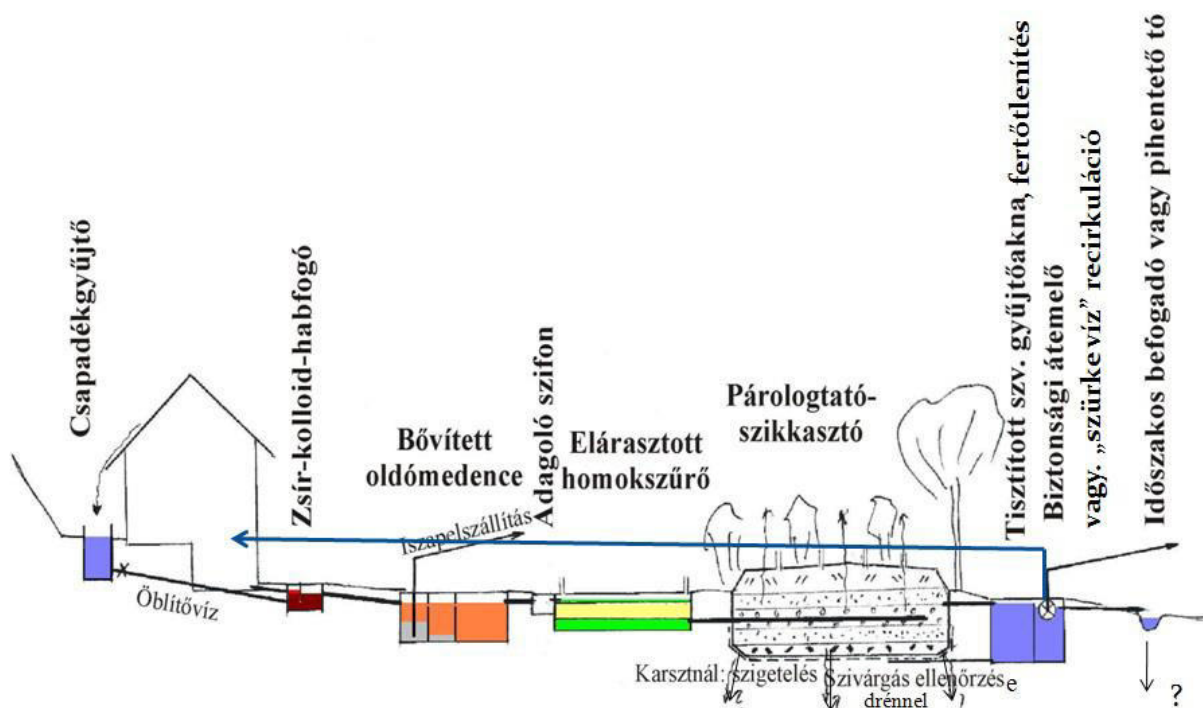
A patakmedrek víznyelői morfológiailag nem mindig szembetűnőek. Helyüket néha csak a kisvízi elnyelődések mutatják, ahol a középvízi átfolyáskor a víz egy része elnyelődik, így hozammérésekkel ellenőrizhetők. Egy ilyen „rejtett víznyelős” pontot mutat be az *1. kép*. A rejtőzködő víznyelők helyét a hidrológiai megfigyeléseken kívül, hidrotektonikai térképezéssel és sekély mélységű geofizikai méréssel lehet kimutatni, majd pedig kutató aknával. A víz tetején látható habosodás érzékelteti az antropogén szennyezettségű vízminőséget. Megjegyzendő, hogy tartós szárazság, hóborítás utáni első nagy lefolyásos időszakok természetes csapadékvizei is erősen szennyezettek lehetnek. Ezért a szennyvíz csatornázás- tisztítás- elvezetés mellett a települési, állattartó telepi, üzemi csapadék vizeket is kezelni kell karsztos területeken, víznyelők felett. A víznyelős patakmeder szakaszok kapacitása a Bükkben és a Rudabányai hegységben végzett ipari munkák alapján a száraz időszakot követő árhullámok elején 10 ezer m<sup>3</sup>/d nagyságrendű, ami néhány nap után egy nagyságrenddel lecsökkenve tartósul.



*1. kép*

Karsztos és egyéb vízszennyezés-érzékeny hegyvidéki üdülőterületek vendégházainál (kb. 50 fő befogadó kapacitásig) a háztartási szennyvizek kezelése helyszíni műtárgysorral is megengedhető, mivel a szippantós kocsis szállítás környezetkárosító, költséges, téli időjárásban veszélyes! Erre mutat elvi példát a *14. ábra*, amely megvalósíthatósága elsősorban a helyszíni hidrogeológiai (beszivárgási) és térségi hidrometeorológiai (párolgási) paramétereken alapul. Ugyanis a gravitációs műtárgyrendszeren átvezetett szennyvízszármazékot egyrészt közvetlenül a területen, vagy a befogadó felszíni víz medrén át szivárogtatjuk el, másrészt a nyári félévben a légköri párolgás és a növényzet „tünteti” el. Gyakran előfordul, hogy településektől távolabbi üdülőterületen, vagy üzemi tanyán a hidrogeológustól várják a vízbeszerzés mellett a szennyvízelhelyezés megoldására vonatkozó elvi javaslatot is.

A felvázolt rendszer előnye, hogy a tisztított és fertőtlenített szennyvizet fel lehet használni a WC-k öblítésére (recirkuláció). A főként téli félévben a szikkasztó-párologtató rendszerből túlfolyó előkezelt szennyvizet gyűjtve, azt időszakos átemeléssel, vagy tengelyen kell elszállítani, de ez már csak a keletkező szennyvíz egy hányada csupán, az iszapleválasztás, átmeneti beszivárgási tározódás miatt. Gyakorlati tapasztalataink szerint a túlfolyó szennyvíz ún. pihentető tavacskába is vezethető, amely vízminősége már vízi állatok, és főként növényzet számára megfelelő (vízi élőhely), nyári félévben azután a víz nagy része innen elpárolog. Recirkulációs szürkevíz hasznosítás esetén a jelentősebb zuhanyhasználat vizét habfogó után közvetlenül lehet a visszaemelő medencébe vezetni (WC öblítéshez), így tehermentesítve a közbenső műtárgyakat. A rendszer fontos eleme a szakszerű **növényesítés**. Ezt agrár (erdész, kertész) szakemberrel kell terveztetni, kiviteleztetni, fenntartatni, a pihentető tó létesítésénél is.



14. ábra

## III. SZENNYVÍZÖNTÖZÉS

Kommunális, mezőgazdasági és élelmiszeripari kezelt szennyvizek **felhasználhatók**:

- ülepítés utáni híg állapotban különböző **öntözésekre**,
- rothasztott, sűrített meszezett híg iszap: **talajinjektálásra**,
- víztelenített, meszezett iszap szalmával, tőzeggel keverve **trágyaként**, ill.
- lefedve, zárt térben érelve, komposztként beszántva, **rekultiválásra**,
- **komposztálás** után kiszárítva, **granulátum** formájában szőlő- gyümölcsösökben,

**Fontos!** Csak valamilyen fokozatig előkezelt és meszezett szennyvízszármazékok használhatók közegészségügyi kockázat nélkül.

A tavas, nádas, stb. szennyvíz származék elhelyezések tájfejlesztési előnnyel, környezeti haszonnal járnak.

Egészségügyi kockázatot nem jelentő „méreg és fertőzés mentes” kezelt szennyvíz **öntözéses** hasznosítása három előnnyel jár:

- **víz**bevitel,
- **tápanyag** bevitel (N, P, K),
- **mész** adagolás, a kezelés során bekevert mésszel.

A kezelt szennyvíz kijuttatható a termő területre: elárasztással, esőztetéssel (permetezéssel), csepegtetéssel, esetleg injektálással, de ezt inkább a híg iszap bevitelénél alkalmazzák. A permetezéssel esőztetés hátránya a nagy párolgási veszteség. Az elárasztásos öntözés legnagyobb veszélye a **szikesedés** és a **kolmatáció**, ami ellen néhány évenkénti talajlazítással védekezhetünk. Jelen ismereteink szerint természeti oldalról legkedvezőbb a csepegtetés, de az ehhez szükséges függesztett vezetékrendszer állandó felügyeletet kíván.

Az öntözéses szennyvízhasznosítás hatékonyság és környezetvédelmi szempontból legkedvezőbb erdős területen. Ezt a módszer **talajbiológiai tisztításnak** nevezzük.

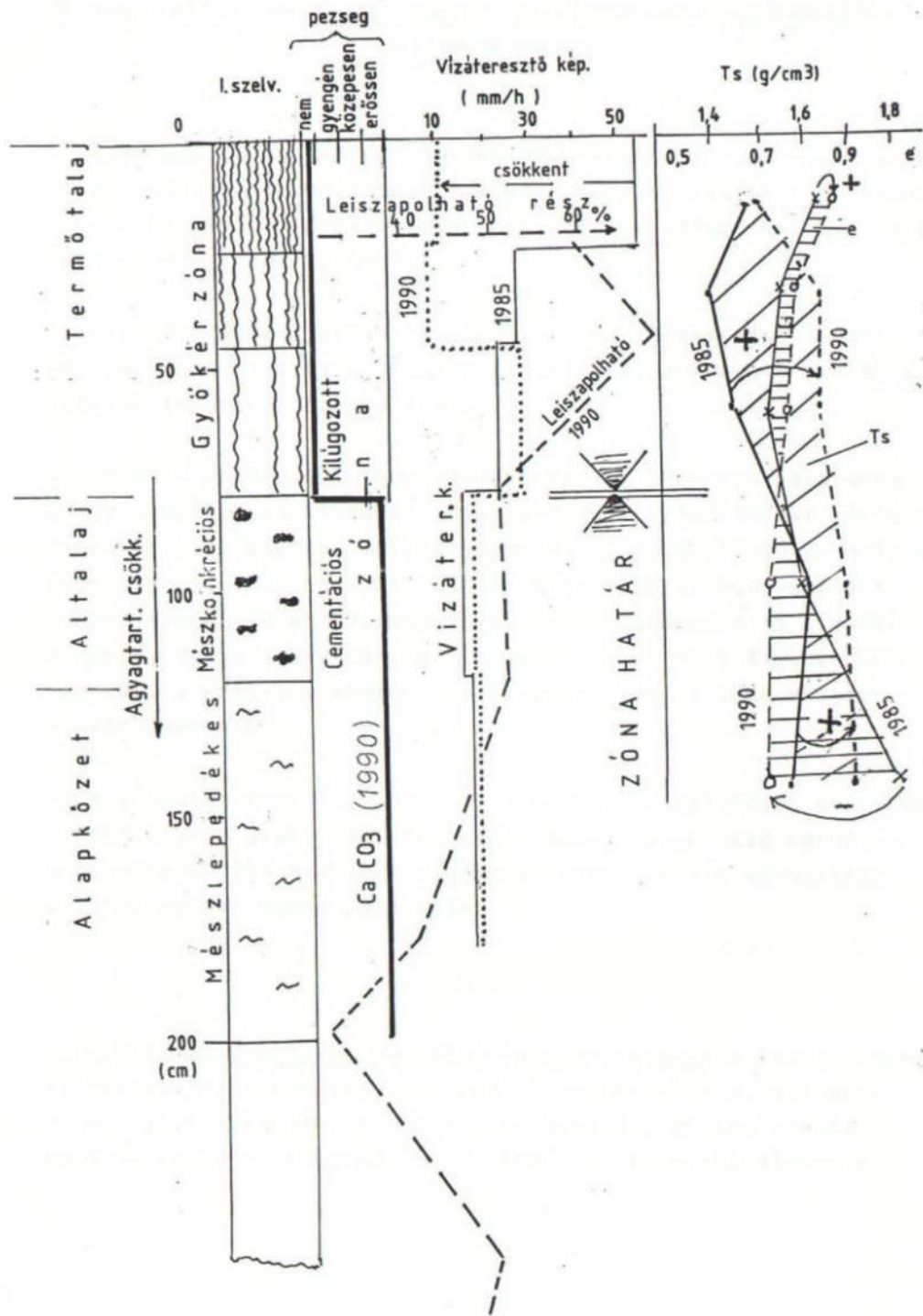
A szennyvíz öntözés széles körű **hidrogeológiai előkutatást**, és majd az üzemeltetés során hidrogeológiai monitorozást kíván. Ebbe a rendszerbe épül be a talajvédelem. Erre mutat példát a *15. ábra*, ami egy mechanikai tisztítás utáni nyárfás-bakhátas területen készített kutatógödörös vizsgálat eredményeit hasonlítja össze. az 1985 évi talajszelvény vizsgálat: öntözés előtti, az 1990 évi pedig már több éves folyamatos elárasztásos utáni. A talajszelvény két élesen elváló zónára osztható fizikai, kémiai és mikrobiológiai szempontból.

a/ A felső kilúgozott gyökérszóna eredeti természetes mérsz tartalma teljesen eltűnt az öntözés hatására (ezért is célszerű meszezni a mezőgazdasági hasznosításra kerülő szennyvíztisztítási származékokat). Ezzel egyidejűleg a talajvíz CaO-tartalmában kifejezett összkeménysége növekszik. A kalcium nemcsak a vízben való oldódása, hanem az elöntött árokrendszerben, az oxidáció miatt keletkező nitrátos kötődése miatt is csökken a beszivárgási zónában.

b/ A felső szakaszban „kiszűrődött” halmozódó kolloid tartalom miatt harmadára, ötödére csökkent a vízáteresztő képesség.

c/ Az ábra jobb oldalán feltüntetett térfogatsúly jelentős növekedése mellett a hézagtevényező kis mértékű növekedése biokémiai változással magyarázható-

d/ A szennyvíz öntözés beszivárgást korlátozó hatása 1,5 m mélységig mutatható ki a vizsgált talajszelvényben. Ez ellen 5-10 évenként végrehajtandó talaj lazítással, vagy drénezéssel lehet védekezni. A vizsgálatok eredménye alapján az árkos-bakhátas nyárfás öntözőrendszer átalakítását javasoltuk medencesoros rendszerré, így a fajlagos beszivárgási felületre jutó szennyvíz terhelés többszörösen csökken. Az így átépített rendszer biológiailag kedvező működését látványosan igazolta a gólyák megjelenése, kedvező vízminőséget jelző békák (mint indikátor) elterjedése miatt.



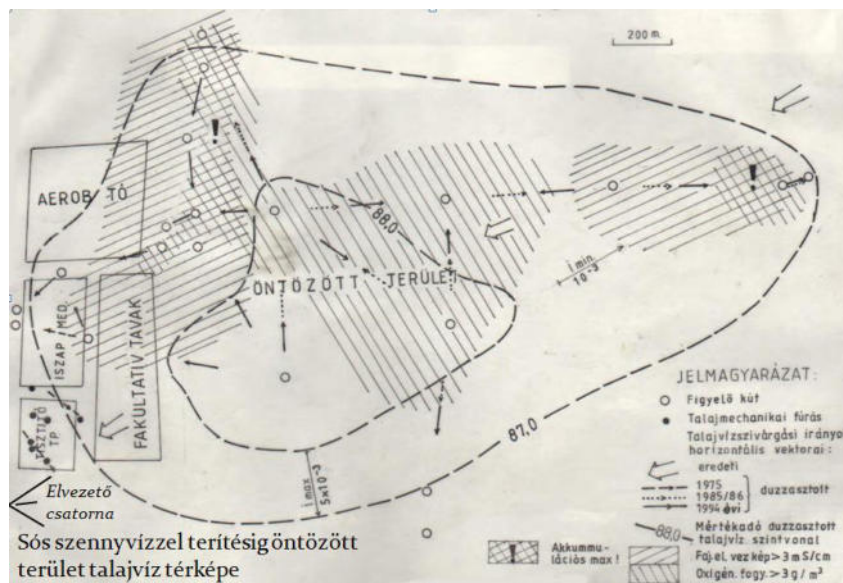
15. ábra

A 16. ábra Gyula város, mechanikus és biológiai tisztító rendszeréből származó, települési + húsipari + fürdő (magas sótartalmú) szennyvizet, öntözött nyárfás rendszeren, több évtized alatt kialakult talajvíz, hidraulikai és minőségi változásai foglalja össze. A térkép kiterjed a tisztító telep különböző funkciójú földmedencéinek beszivárgási területére is. Ilyen vizsgálatnál akár utólag is vissza kell keresni a szennyvíz kezeléseket előtti primer állapotra vonatkozó *szivárgáshidraulikai* és vízminőségi adatokat. Ezekből megállapítható volt, hogy a sekélyebb vízadó (20-50 m közötti) rétegek vízminősége már eredetileg (természetesen) is rossz volt hasznosítási szempontból. Ezt a pleisztocén végi és holocén kori mocsárvilág, majd a történelmi idők szikesedése okozta. A talajvíz minőségi ábrázolásban kiválasztott két komponens az összes sótartalommal arányos fajlagos vezetőképesség és az összes szerves anyag tartalommal arányos kémiai oxigénigény összevetéséből szembetűnő a térbeli két maximumos szennyező anyag felhalmozódás. Az évi 1000 mm-t is meghaladó, öntözést követő beszivárgás következtében a földmedencékkel és öntözési területtel közvetlenül érintett 150 ha-nyi terület környezetében már az első évtizedben kialakult egy átlagosan 1 m magasságú talajvíz hát, ezrelékes nagyságrendű oldal irányú eséssel „beállva”. A szennyvíz-tisztító és öntöző telep működésének 25 éve alatt a beszivárgási zónák szélétől a horizontális „szétszivárgási” övezet szélessége az eredeti áramlás irányába 120 m-nek, ellenkező irányba („felvízi oldalon”) 40 m-nek adódott, így a 150 hektárnyi üzemi terület hatáskörzónája 200-250 ha-ra növekedett. Első közelítésben a *vízháztartási mérleg* a következő:

Tervezett szennyvíz elhelyezés	5,3 M.m <sup>3</sup> /a
Átlagos csapadék (550 mm/a)	1,1 M.m <sup>3</sup> /a
Párolgás összege: az emelkedett talajvízszintről, az öntöző telepi és elmocsarasodott területek dús növényzetből*, a tavak, medencék és övcsatorna felszínekről	- 2,1 M.m <sup>3</sup> /a
Felszín alatti elszivárgások, oldalra és lefelé	- 0,9 M.m <sup>3</sup> /a
	-----
Maradék többlet, felszíni lefolyásra: amit átszámolva pillanatnyi vízhozamra: 0,1 m <sup>3</sup> /s adódik.	3,4 M.m <sup>3</sup> /a

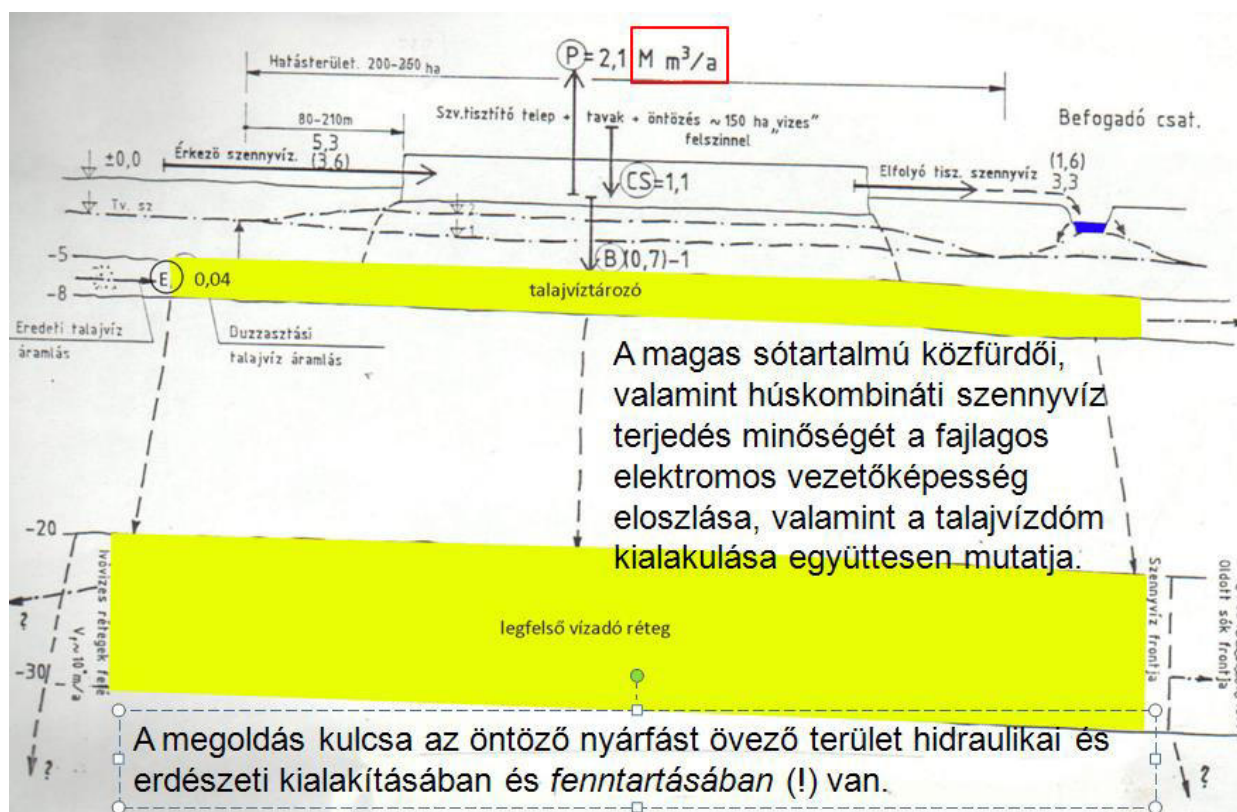
\*Megjegyzés: Magyarország túlnyomó részét kitevő ún. síkvidéki területek talajai eleve „vízhiányosak”. Ez úgy értendő, hogy az éves 500-600 mm/év átlagcsapadékon felül további néhányszor 100 mm/év-nyi (max. 350 mm/év) beszivárgó vízoszlopot képes tárolni. Emellett egy 5-25 éves korú szakszerűen telepített és művelt nyárfás (valójában bokorral vegyes erdő) éves átlagos párolgotatása hazánkban 1000-1200 mm közötti. Szabad kisebb vízfelületek éves párolgása 700-800 mm közötti. Ezzel szemben a szántóföldi, gyepes, és ún. csupasz területek a fenti éves csapadék max. 2/3-át „párolgotatják vissza”. A többi a lefolyást és a talajvízben maradó, oldal irányban elszivárgó beszivárgást táplálja.

Ellenőrzésképpen a befogadó Kétegyházi csatorna átlagos vízhozamát megbecsülve 100 km<sup>2</sup> vízgyűjtőről, 1 dm<sup>3</sup>/s.km<sup>2</sup>-s fajlagos lefolyással szintén KÖQ= 0,1 m<sup>3</sup>/s adódik, ami megfelel évi 30 mm-es, 5 %-os lefolyásnak.



16. ábra

**Vízmérlegszerű** ellenőrzéssel, az öntözött talaj alatti talajvíz szervesanyag tartalom növekedése a területen 5-20-szoros, az össz sótartalom 3-9-szeres volt 25 év alatt. A szennyvíz öntözéssel talajvízbe került sómennyiség összege 80-1000 tonna. Ezen mennyiség oldatban tartásához szükséges víztérfogat a mért  $6 \text{ kg/m}^3$  átlagtöménységgel 13 millió  $\text{m}^3$ . 20 %-os hézagterfoggal számolva így 65 millió  $\text{m}^3$  közettérfogat igényeltetik. Mivel az elárasztott zóna vastagsága a 17. ábra alapján átlagosan 26 m-nek adódik. Az elárasztott terület nagysága megfelel a hidraulikai szerkesztésből adódott 200-250 ha-nak. A számítás hibája a rendszertelen alapadatbázisból következően +25 (lefelé), -5 (felfelé) m. Így az elárasztott mélység maximum 50 m-ig várható a kétféle módon meghatározott területen belül.



17. ábra

Nyilvánvaló, hogy a „talajhőmérsékletű tiszta vízre” vonatkozó Darcy-féle szivárgási tényező értelmezése jelentősen átalakul a sűrűbb, nagyobb viszkozitású, változó hőmérsékletű, kolmatációt okozó szennyvízbeszivárgásoknál. Ezt fejezi ki az alábbiakban összefoglalt szivárgási tényező meghatározások rendszere. Így például egy nyári kánikula időszakban rendelkezésre álló 30 °C-os „tisztá” víz és egy téli időszakban 4 °C-os „sűrű” szennyvíz beszivárogtatási felület igénye hússzoros eltérést mutat. Erre még a VII. Laguna fejezetben térünk vissza.

A szivárgási tényező (k, m/d) értelmezései, **szennyvízfrakciók** beszivárgásánál (Szlabóczky P. 1994)

**Hidraulikai Darcy-féle:**

$$k \left[ \frac{\text{m}}{\text{d}} \right] = \frac{Q \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right]}{F \left[ \text{m}^2 \right]}, \text{ mivel } i \sim 1$$

**Fizikokémiai:** geotermikus, olajbányászati

$$k \left[ \frac{\text{m}}{\text{d}} \right] = \frac{K \left[ \text{m}^2 \right] \cdot \rho \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{\mu \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{d}}{\text{m}^2} \right]}$$

**Hőtani:** Juhász József-féle (Hidrogeológia 2. 1987., dimenzióanalízis alapján módosítva).

$$k \left[ \frac{\text{m}}{\text{d}} \right] = \frac{\alpha \left[ \frac{\text{J}}{\text{d} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}} \right]}{\beta \cdot i \cdot n \cdot \rho \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot C_v \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \right]}$$

ahol:

k: szivárgási tényező (filtrációs koefficiens):  $\left[ \frac{\text{m}}{\text{d}} \right]$

K : átteresztőképesség (permeabilitás):  $[\text{m}^2]$

$\rho$  : térfogat sűrűség  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$\mu$  : dinamikai viszkozitás  $\left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{d}}{\text{m}^2} \right]$

$\alpha$  : hőátadási együttható  $\left[ \frac{\text{J}}{\text{d} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}} \right]$

$\beta$  : szűkítési tényező [-]

$C_v$  : fajhő  $\left[ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \right]$

**Fontos!** Tehát a szennyvíz, talajon-, kőzeten belüli mozgásánál nem alkalmazhatók a „tisztá vizes” hidraulikai összefüggések, hanem csak a bonyolultabb fizikokémiai képletek.

## IV. SZENNYVÍZISZAP INJEKTÁLÁS

A kezelt szennyvizek, sűrűségük miatt öntözésre már alkalmatlan másik „végterméke” a szennyvíziszap. Konzisztenciáját tekintve ez lehet

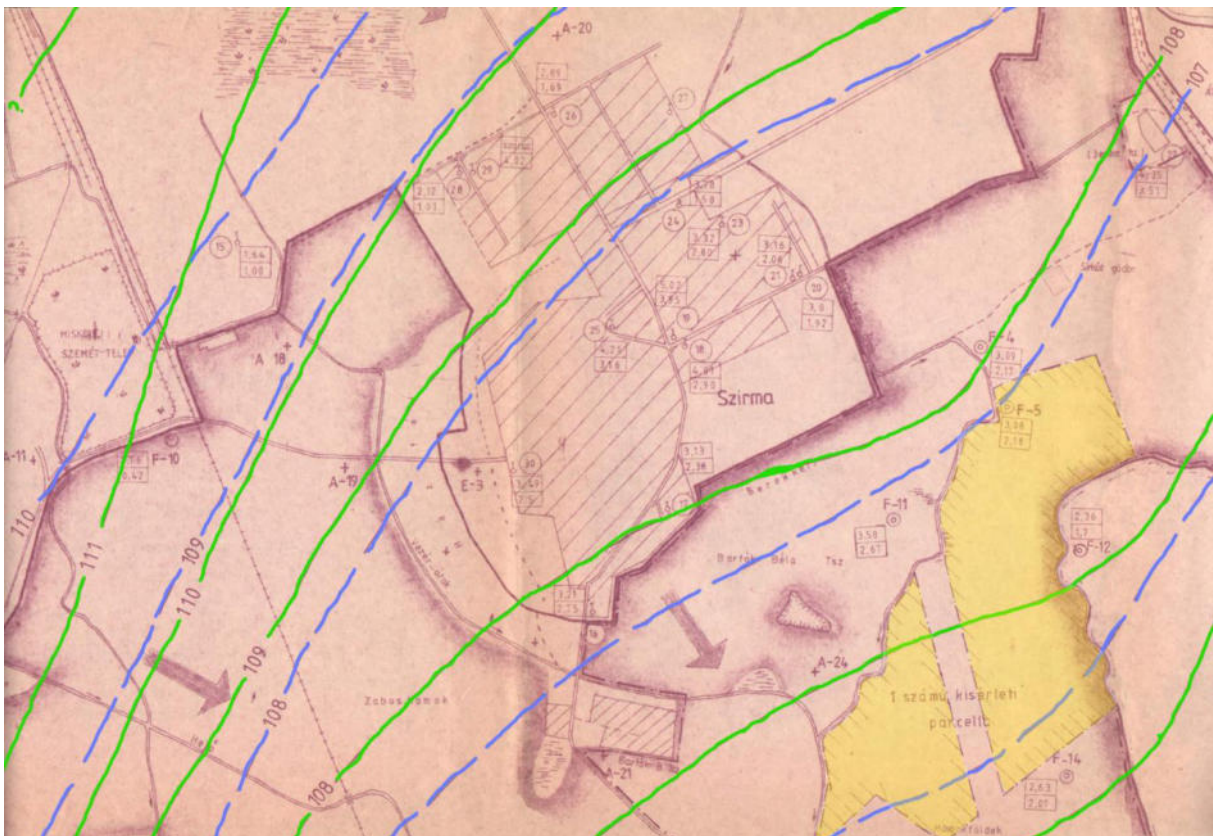
- víztelenített (régebben iszapágyon, újabban centrifugával) és
- sűrített (préssel, szárítással).

Mezőgazdasági előnyei: **tápanyagok (N, P, K)  
víz és  
mész bevitel**

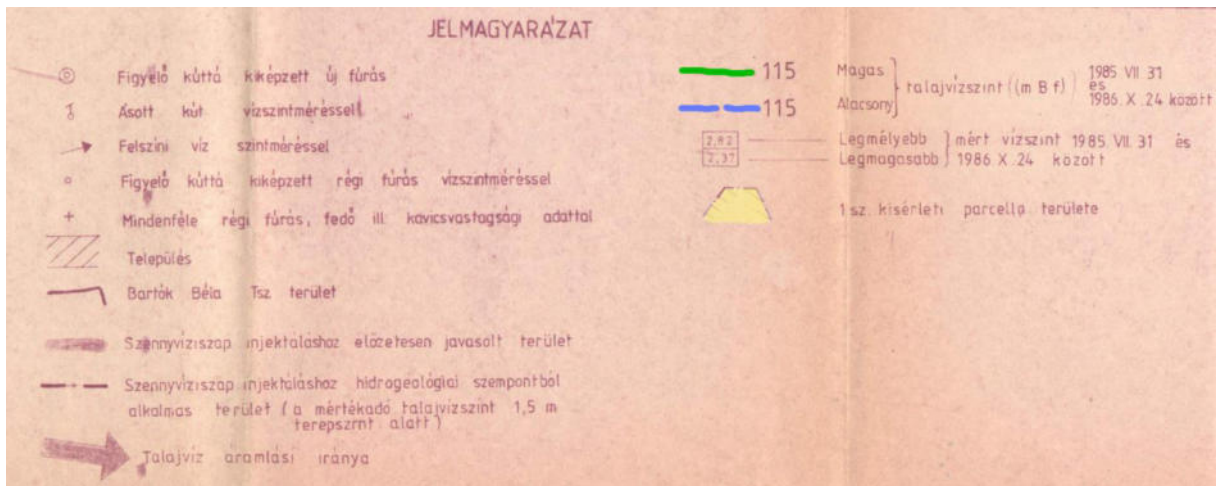
Termőtalaj **injektálásra** a víztelenített, még szuszpenzív iszap az alkalmas. Szárazanyag tartalma 6-7 %. Ezen belül a szerves anyag tartalom 60-80 %. A víztartalma centrifugás víztelenítéssel 98%-ról 80%-ra csökkenthető.

Alapvető hidrogeológiai feladat a talaj és talajvíz injektálás előtti, majd utáni mennyiségi és minőségi paramétereinek meghatározása.

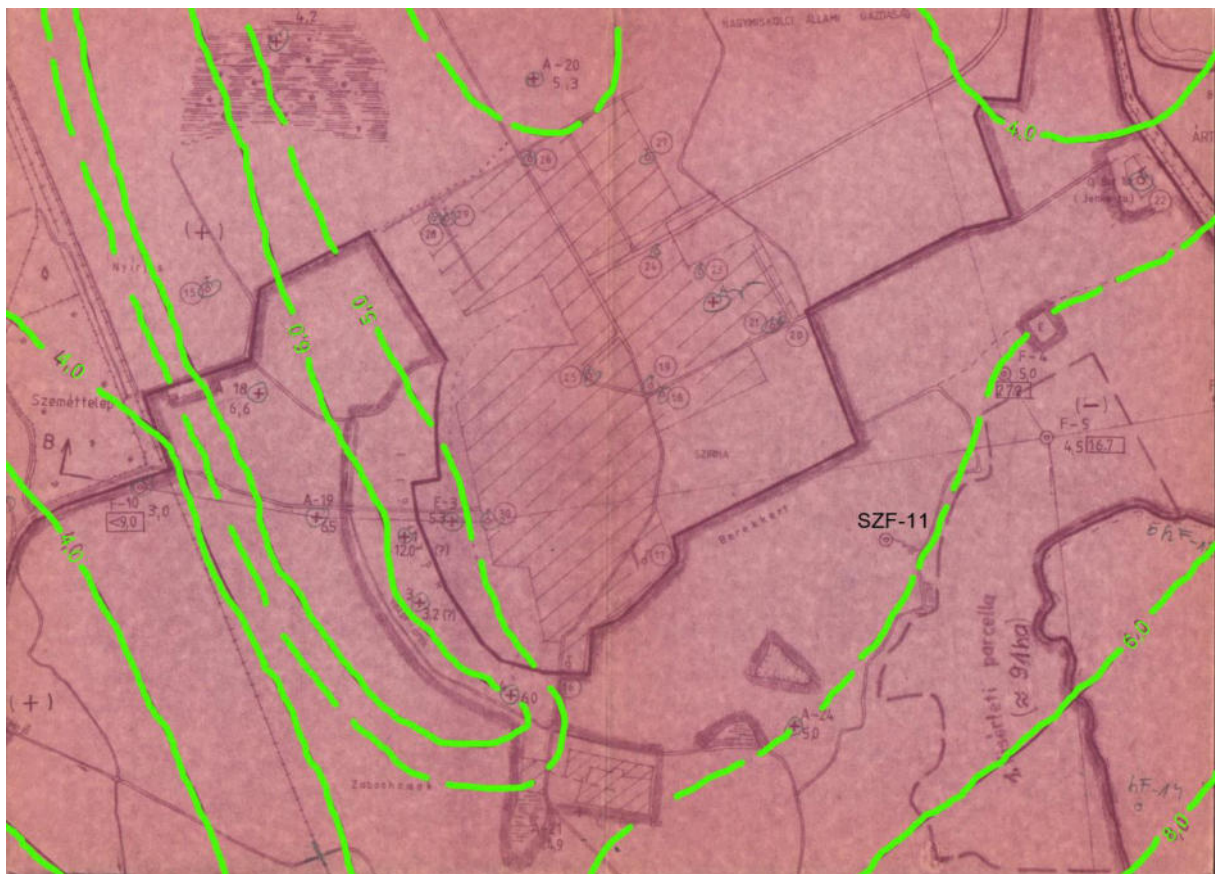
Egy Miskolc melletti szántóföldi kísérleti területen, a '80-as évek közepén végzett folyékony kommunális szennyvíziszap hidrogeológiai kutatási térképeit a 18. a-b, 19. a-b ábrán egy szelvényt 20. ábrán mutatunk be, elsősorban tematikus célból. A szelvényből is kitűnik, hogy egy viszonylag kis területen belül is a előfordul, hogy a talajvíz telep egy része szabad-, a másik feszített tükrű, ami lényeges eltérést jelent a fedő talajréteg felől leszivárgó, potenciálisan szennyezett vizek átalakulása (öntisztulása) szempontjából. Nyilvánvaló, hogy a szabad tükrű hidraulikai szituáció a kedvezőbb a felső „száraz” kavics zóna miatt.

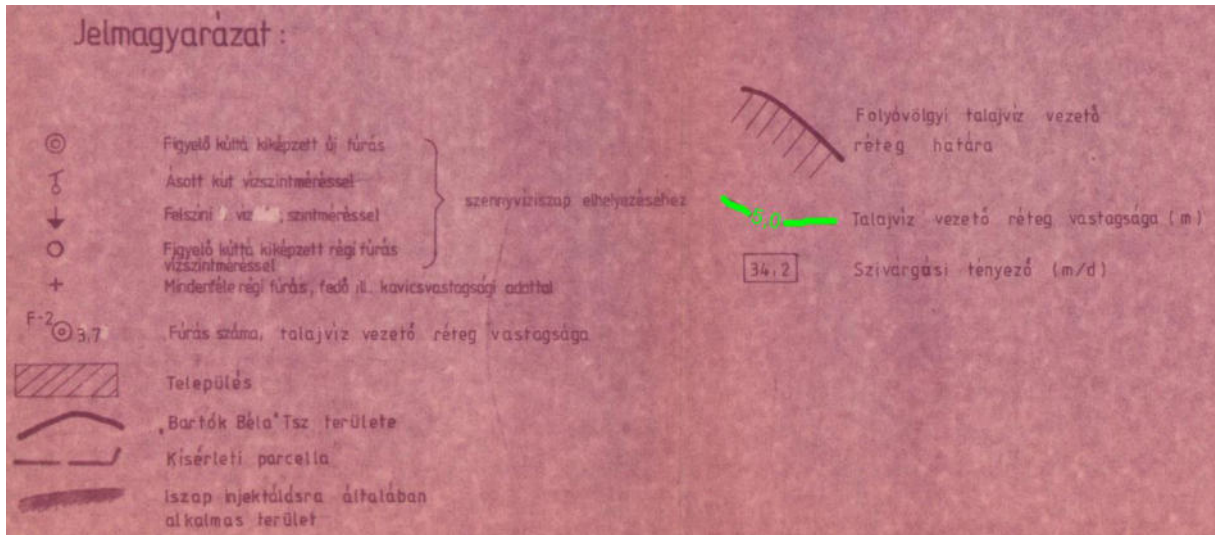


18/a. ábra

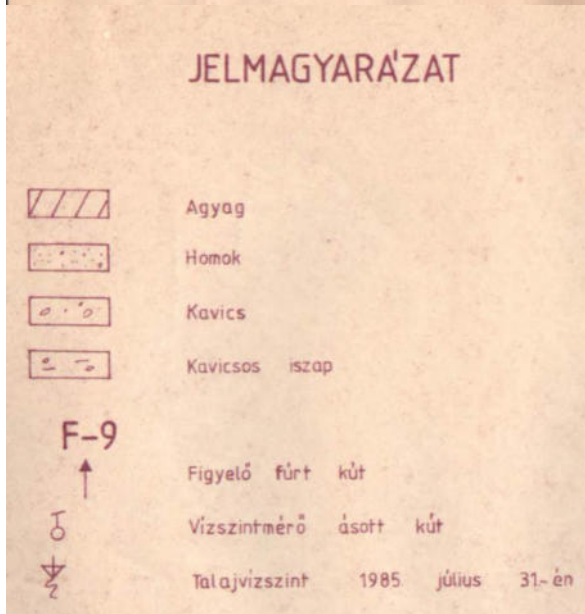
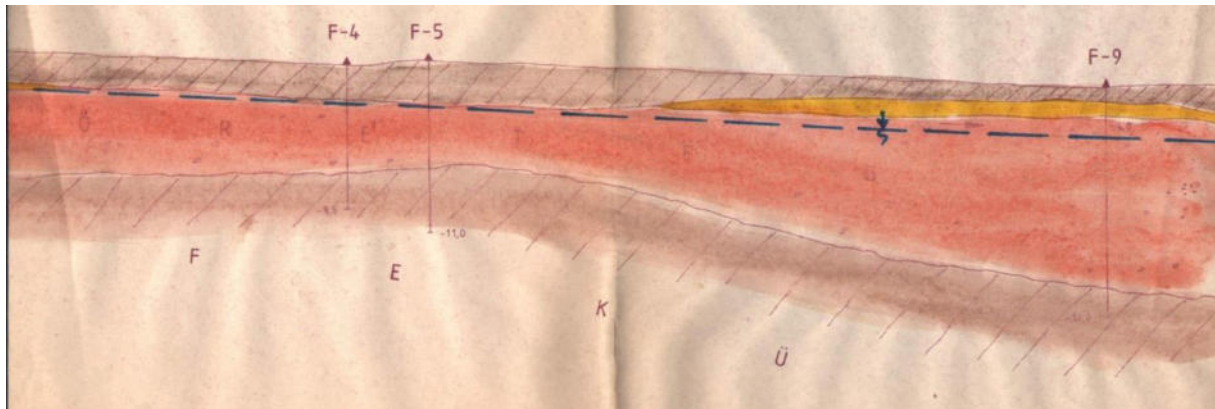


18/b. ábra





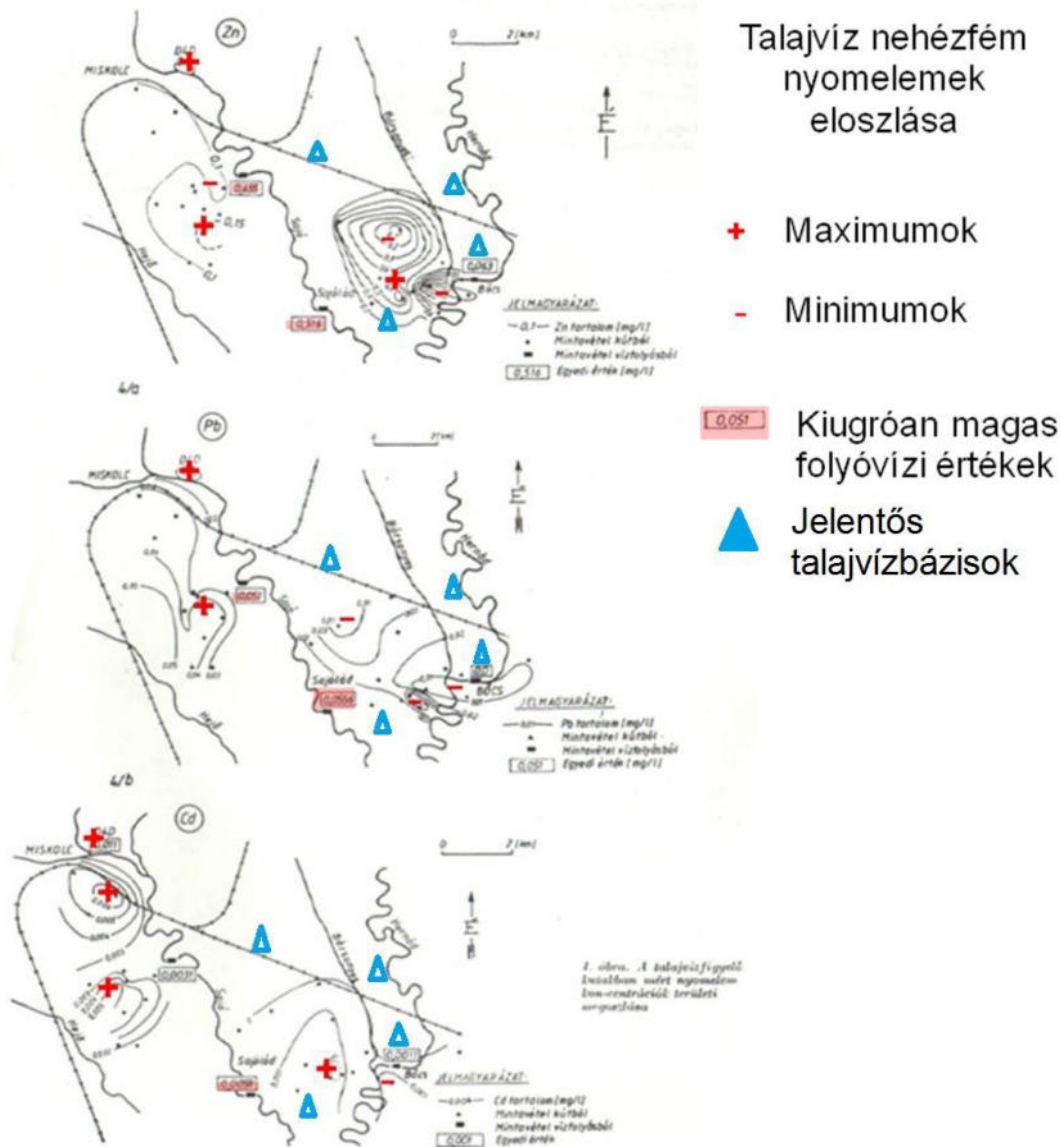
19/b. ábra



20. ábra

A Miskolctól délkeletre elterülő Sajó-Hernádvölgyi kavicsmező talajvizét mennyiségileg, vagy minőségileg „terhelő” különféle létesítmények, műveletek hidrogeológiai kutatásai során néhány éven belül végzett nehézfém **nyomelem** vizsgálatok grafikus eredményeiből kiemelt néhány példa látható a 21.-22. ábrákon. Szembetűnő, hogy a 4. ábrán szereplő regionális

makro-szennyezettség viszonylag harmonikus eloszlásával szemben a talajvíz nehézfém szennyezettség változása hangsúlyozottan diszkrét. Ezt természetesen olyan lokális tényezők okozzák, mint egy nehézfém tartalmú ipari hulladéklerakó, fémipari és söripari üzemek, település-gazdálkodási szennyvíztisztítás, és a vizsgált időszakban még igen jelentős ipari szennyezettségű folyóvizek lokális mintavételi pontjai (21. ábra).



21. ábra

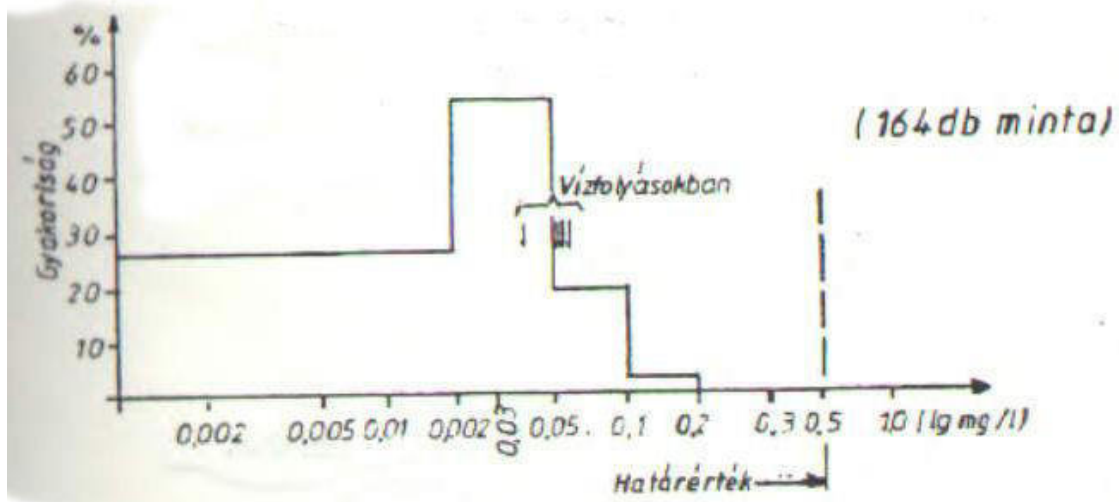
A 22. ábrából is kitűnik, hogy a lokális nehézfém koncentráció – pl. az ólomtartalom – igen széles tartományban váltakozott, ill. szeszélyesen ingadozott a vizsgált szennyvíziszap injektálási területen.

A talajvíz (karsztvíz) toxikus nyomelem tartalom eredetének vizsgálata sokkal körültekintőbb terepmunkát, helyszíni kikérdezést kíván, mint a regionális makrokémiai jellemzők. Néhány kirívó példa:

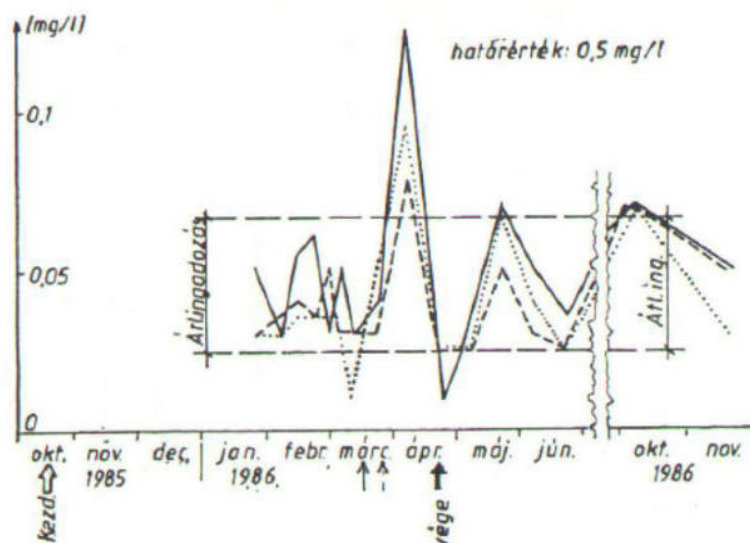
A miskolci szennyvíz injektálás során vizsgált 100 km<sup>2</sup>-t megközelítő terület néhány pontján a talajmintákban származásilag megmagyarázhatatlanul magas higany tartalmat mutattak ki. (Megjegyzendő, hogy még a nyolcvanas években is a nehézfém nyomelem vizsgálat technikája jelentős hibalehetőséget hordozott.) A nyomozás megállapította, hogy ezt a légvonalban 20 km-el távolabbi, de az uralkodó széljárás irányába eső folyékony ipari hulladéktározó (BVK) párolgásából származó záporok lokális higanygócai okozták.

Egy hadászati profilú, fémipari üzem (Onga) szennyvíz tározó tárolójának tehermentesítése céljából a kiszippantott szennyvíziszapot a szántóföldi terület elhanyagolt mélyedéseibe eresztgették, ahol bizonyos gyomnövények feltűnően elburjánzottak. A kutató gödör talajmintái bizonyították a rendkívüli kadmium telítettséget.

A szennyvíztisztítóról származó leválasztott iszap cinktartalma néhány éjszaka vett mintából kiugróan magas volt. Körültekintő nyomozás után kiderült, hogy egy fémipari gyár (D4D) az éjszakai órákban a városi csatornába eresztgeti, az amúgy külön kezelendő gyártási hulladékát. Ezután a Vízmű lefalazta a gyári csatorna betorkolását.



22/a. ábra



22/b. ábra

# V. SZENNYVÍZISZAP TRÁGYÁZÁS, KOMPOSZTÁLÁS

A kezelt szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának további lehetőségei a következők.

**Trágyázás:** a rothasztott, *víztelenített*, földnedves, esetleg meszezett szennyvíziszapot, (amely szárazanyag tartalma 20-40%, ezen belüli szerves anyag tartalma 40-60%.) szalmával, tőzeggel keverten, 2-4 hónapos *éreléssel* trágyaszerűen szórják ki az agronómiailag előkészített szántóföldi, vagy szőlő-gyümölcsös területre, ahol beszántásra, bedolgozásra kerül, a hagyományos trágyázással azonos módon.

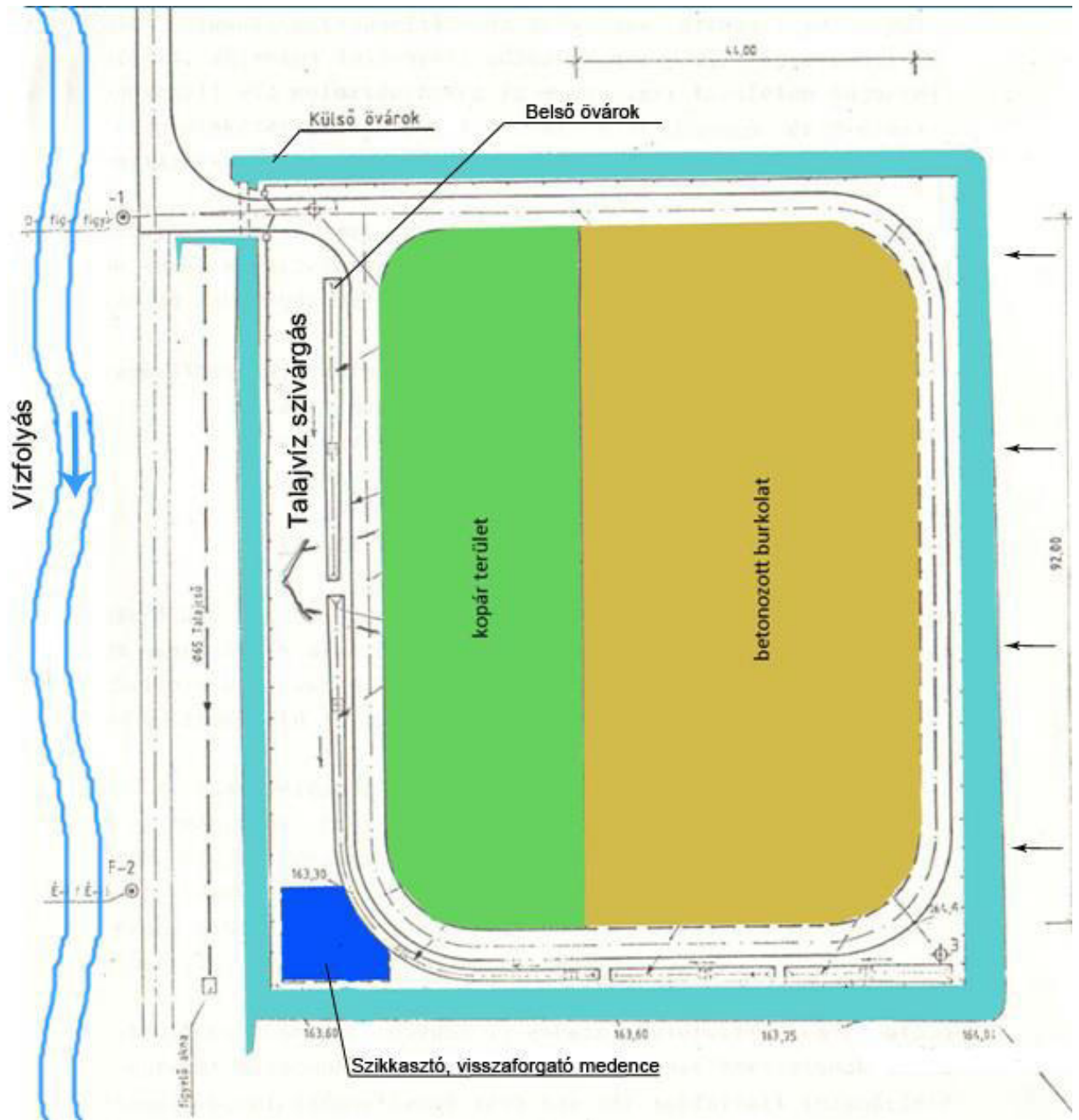
**Komposztálás:** a fentiek szerint előkezelt *sűritett*, konténerben szállítható iszapot, takarva, esetleg zárt térben, természetes vagy/és járulékos *hőkezeléssel*, kiszáradás elleni permetezéssel, több évig érelik. Felhasználása előbbiek szerint történik.

Mindkét művelet hidrogeológiai feladatai egyfelől a kiszállítás utáni előkezelési területen, másfelől a felhasználási területhez kapcsolódnak. Ennek a legjelentősebb részét az előkezelési terület szennyezett csapadék vizeinek kezeléséből, természeti sorsából következnek. A tervezés során a hidrogeológiai munkák az előzetes környezeti hatástanulmány (EKHT) részét képezik, a felhasználás éveiben pedig a talajvíz figyelő rendszer működtetését jelentik.

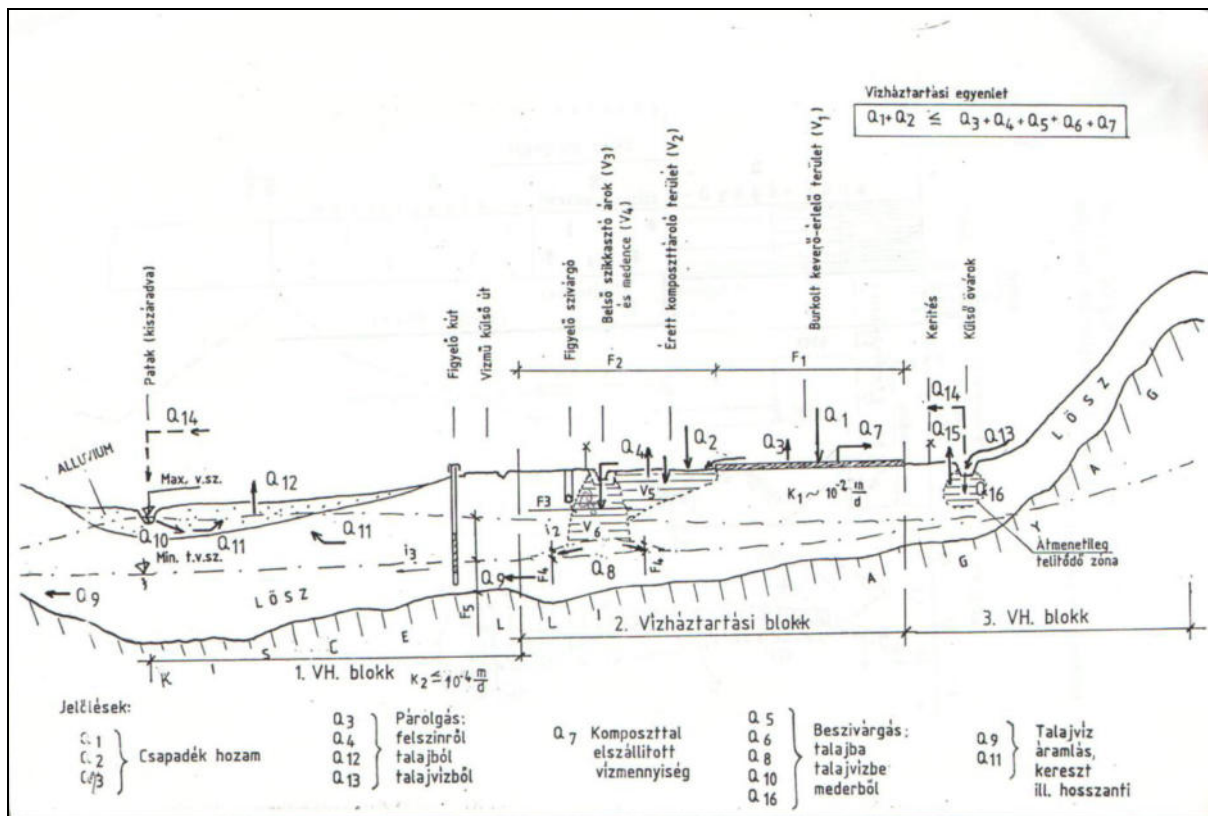
A feladat bonyolultsága megkívánja, hogy a mezőgazdasági szennyvízöntözés és iszaphasznosítás részleteit a hidrogeológus megismerje, az igen bő hazai szakirodalomból. (Javasoljuk a Magyar Hidrológiai Társaság vándorgyűlési kiadványait...)

Az iszapérlelő külső telep egy *fogadó*, burkolt területre, valamint egy *tározó* természetes térszínre osztódik (23. ábra). A fogadó területre érkező szennyvíziszapot előkészített szalma, vagy tőzeg rétegre terítik, és gépi erővel összekeverik, prizmázzák. Néhány hetes érlelés után az érlelt keveréket átrakják a tározó területre. Az iszapérlelő telep így nem más, mint egy mezőgazdasági területen kialakított, a gyakorlatban mindenféle alkalmazott trágyaszarvas. A burkolt területet a külső felszíni vizek ellen, szikkasztó övök veszi körül, biztonsági szivózsomppal esetleg szikkasztó medencével főként a hóolvadási többletvizek kezelése céljából, ahonnan az időszakosan keletkező többletvizet visszaszivattyúzzák a depóniák permetezésére.

Az előbbiek szerint kialakított iszapérlelő telep hidrogeológiai hatását a tározóterületen érlelődő komposztra, a „felvizi és alvizi” oldalakra telepített észlelő kutakkal kell ellátni és figyelni. Ezekben a vízszint-ingadozást a csapadék beszivárgástól függően 1-4 hetenként, vízmintavételezést ugyanígy 1-3 havonként célszerű végezni. A telep várható hidrogeológiai „működését” olyan vízháztartási vizsgálattal lehet modellezni, amely a térség hidrogeológiai felépítésétől több vízháztartási blokkból épül fel. A felvizi oldaltól indulva, (általában egy felszíni vízválasztótól) az egyes blokkok szezonálisan változó többletvize megjelenik a következő blokk vízmérlegében. Itt is igaz, hogy a terület, környezetet nem károsító hidrogeológiai működésének egyik „titka”, hogy a *szezonális többletvíz* a kapilláris zóna telítődésével és a talajvízszint átmeneti emelkedésével *tározódni* képes, amit majd a *nyári párolgási* többlet, a lassú *regionális elszivárgás* esetleges egy időszakos, vagy állandó *vízfolyás* majd *felvesz*. Erre mutat példát a 24. ábra. Tehát legfontosabb a várható talajvízszint emelkedés meghatározása, amit a légszennyezés elleni *véderdő* telepítése is csökkent éves szinten, a hazai viszonyok között 1000-1200 mm/évre növelt evapotranspirációjával (Izd.: Juhász József: Hidrogeológia).



23. ábra



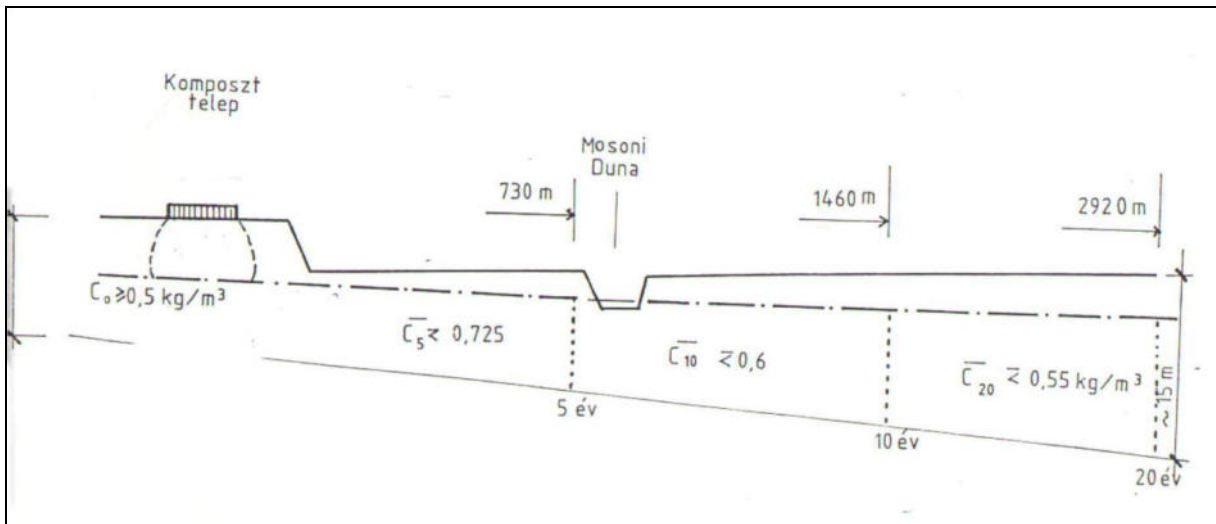
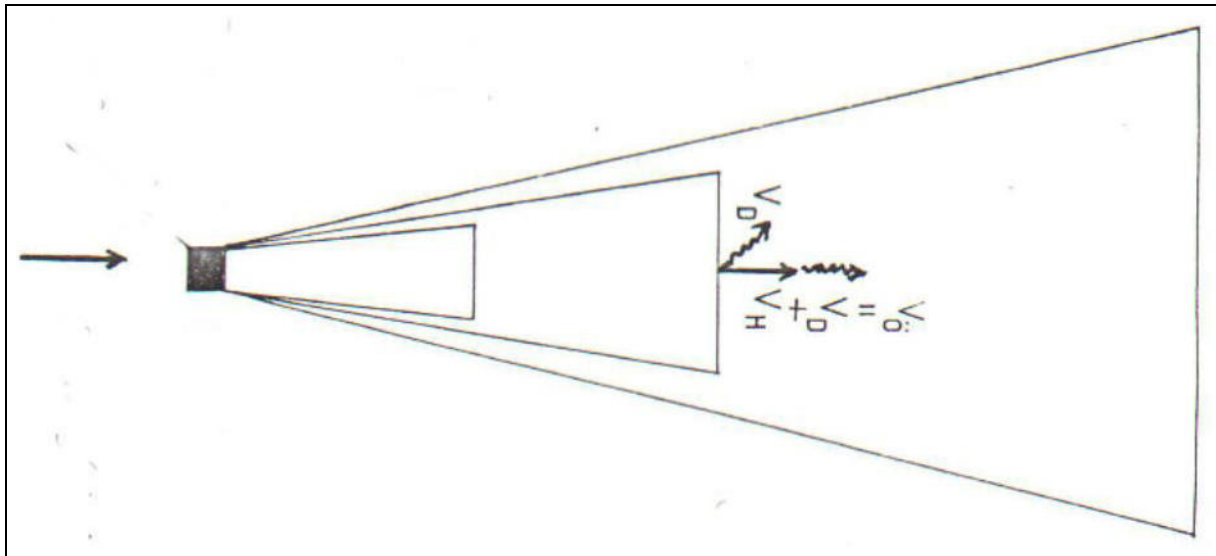
24. ábra

A kis területre korlátozódó, ún. pontszerű, beszivárgást is eredményező szennyvízkezelés hatásának tervezést megelőző vizsgálata azonos a hulladékelhelyezés beszivárgásos részének vizsgálatához. Alapvető gyakorlati kérdés, hogy az így „terhelt” területről a szennyező anyag a horizontális talajvíz szivárgással mikor, mennyi idő alatt és milyen koncentrációban várható meghatározott helyeken. Ezt vázolja fel a 25. ábra. Ellenkező példa, amikor már évek, évtizedek óta „működő” talajvíz szennyező hely felőli elérési időt kell meghatározni a hatásterület egyes pontjain kutakban észlelt koncentráció növekedésből. Ennek példáját mutattuk be a Felszín Alatti Vizek Alapítvány 1995 évi Siófoki konferenciáján elhangzott előadásában. Az áramlási főirány egy pontján észlelt koncentráció változásból kiszámítható a terjedési sebesség *Fick* törvénye alapján.

$$w = \frac{A}{t_2 \cdot t_1} \lg \frac{c_1 \cdot c_2}{c_0 \cdot c_2} \quad [m/d]$$

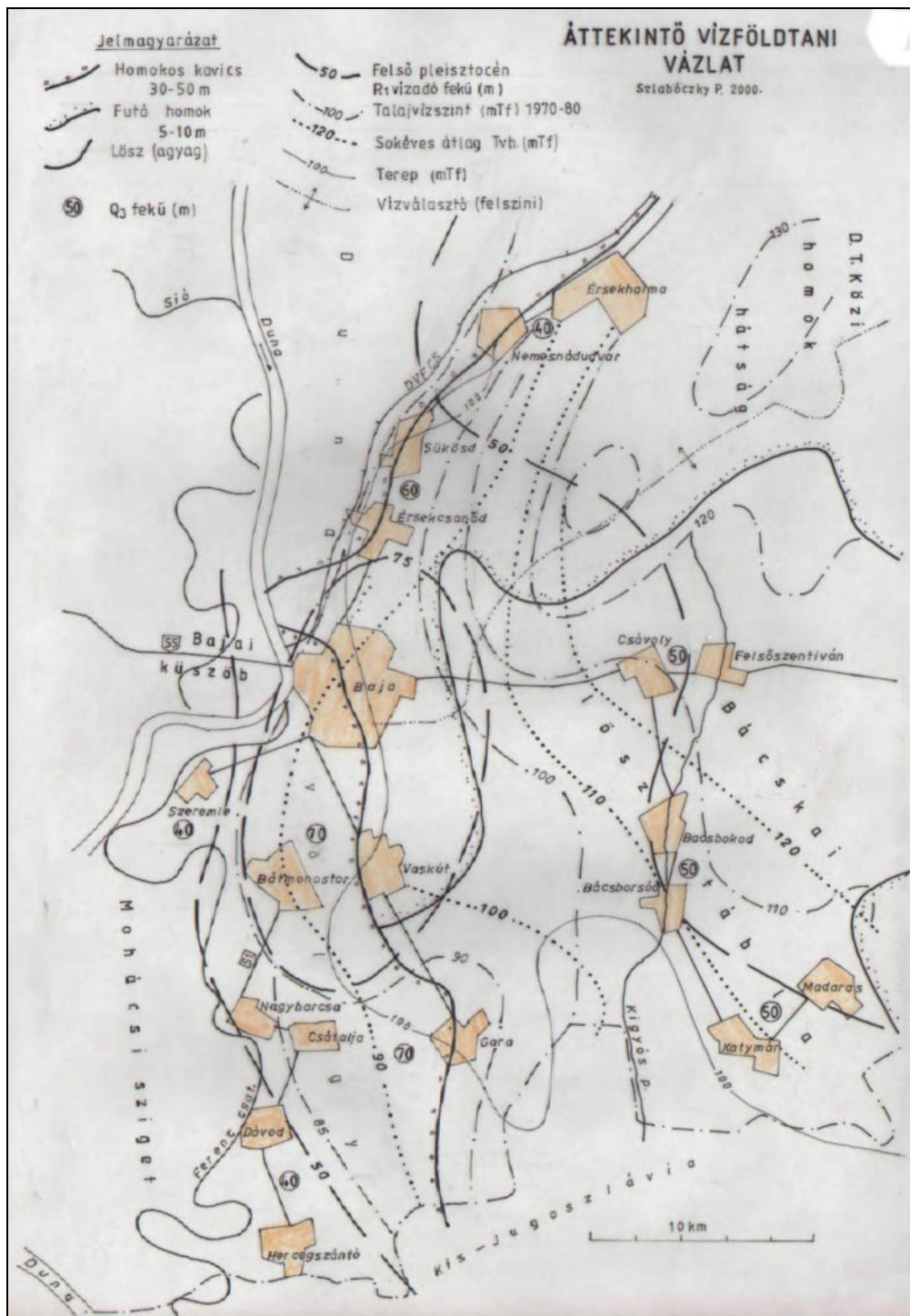
(Isd.: Juhász József: Hidrogeológia)

Hangsúlyozandó, hogy a függőlegesen már beszivárgott talajvízbe érkezett szennyvíz eredetű anyagok továbbterjedési sebességét elsődlegesen a talajvíz horizontális **hidraulikai** sebessége + az oldott anyagok **diffúziós** sebessége adja. Erre mutat példákat a 6. táblázat.



25. ábra

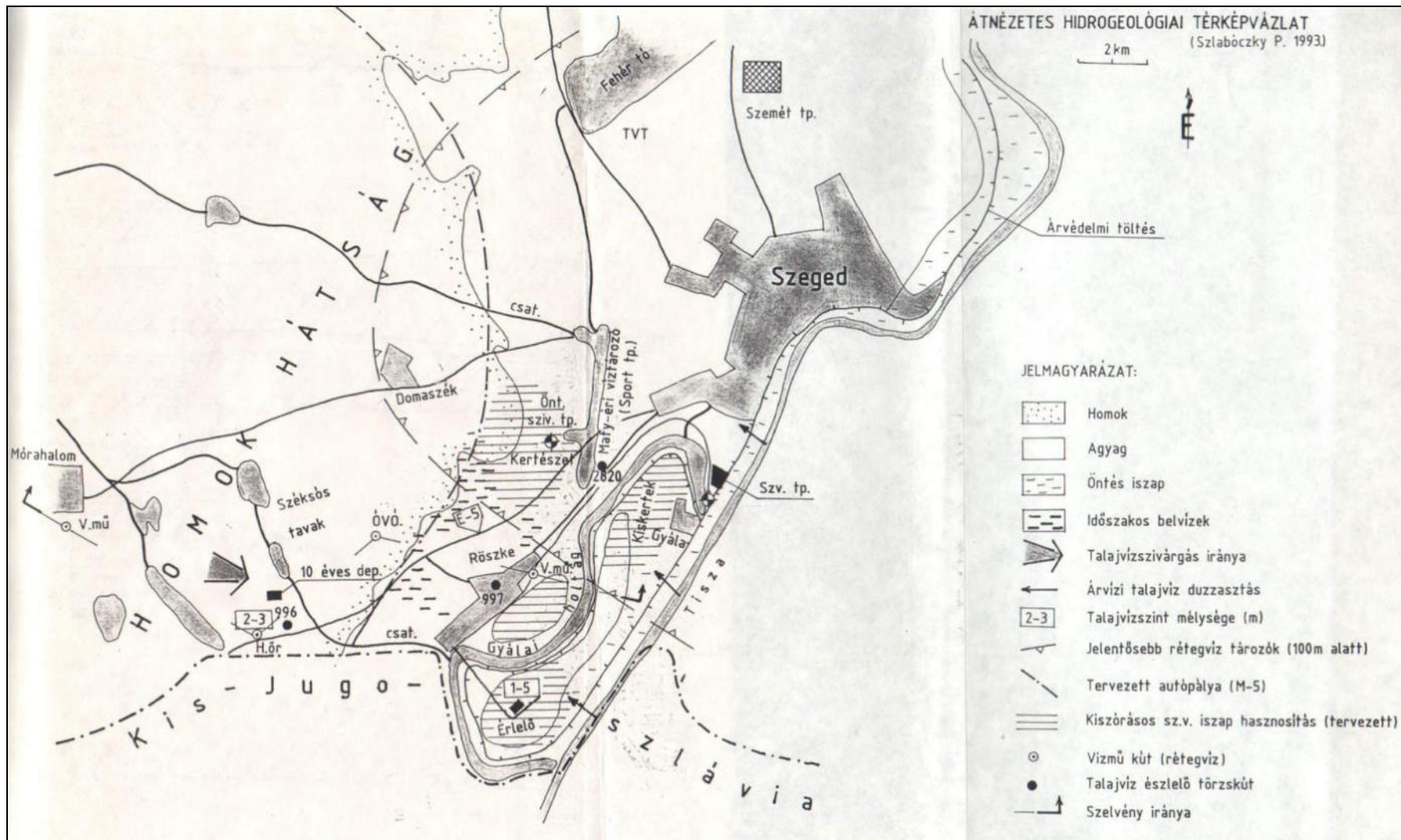
Más esetekben a tervezést megelőző „szennyvízes hidrogeológiai kutatás” feladata többszáz négyzetkilométernyi mezőgazdasági és szennyvízkezelési terület sok szempontú alkalmassági vizsgálata. Erre mutat példát a 26. ábra. Jelmagyarázata 9-féle földtani tényezőt jelöl meg, amit az adott geomorfológiai felépítésű területen figyelembe kell venni a tervezett mezőgazdasági szennyvízhasznosítás helykijelölésénél. A bemutatott terület legjelentősebb geomorfológiai elemei a keleti szélre benyúló Bácskai lösztábla, az észak felől benyúló, Duna-Tisza közti homokhátság és a nyugati oldalán húzódó folyóvízi kavicsösszlet. Ilyen tartalmú előkészítő anyagokat a Magyar Állami Földtani Intézet Térképtárában és Könyvtárában található archív dokumentumokból tudunk készíteni, de nem mulasztható el sohasem a terület „átnézetes” bejárása. A gyakorlat azt kívánja, hogy az agronómiailag szükséges elhelyező terület összegének többszörösét, akár tízszeresét kell egységesen feldolgozni, a hazánkban igen bonyolult földtulajdon és földhasználati viszonyok miatt, hogy azon belül az igen sokféle érdek, és előírás alapján a megfelelő hely kijelölhető legyen.



26. ábra

Az előbbi példaterület értelmezését kívánja elősegíteni a 27. ábrán látható „elvi hidrológiai szelvény”, amelyet a tervezői társszakmák, hatóságok és majdani felhasználók, gyors tájékoztatására készítjük, túlmagasítással. Látható a hatósági engedélyezés szempontjából elkülönítendő, „sérülékeny” talajvíz tározó, valamint a „védett” rétegvíz tározó rétegek bonyolult teleptani tagolódása, amit a jelen időszaki háromdimenziós tektonikai mozgások okoztak. Ebben az esetben a tervezést megelőző előmunkálatról van szó, amely első érdemi lépése talajvíz és beszivárgással még érinthető sekély rétegvíz figyelő kutak (monitoring rendszer) telepítése.

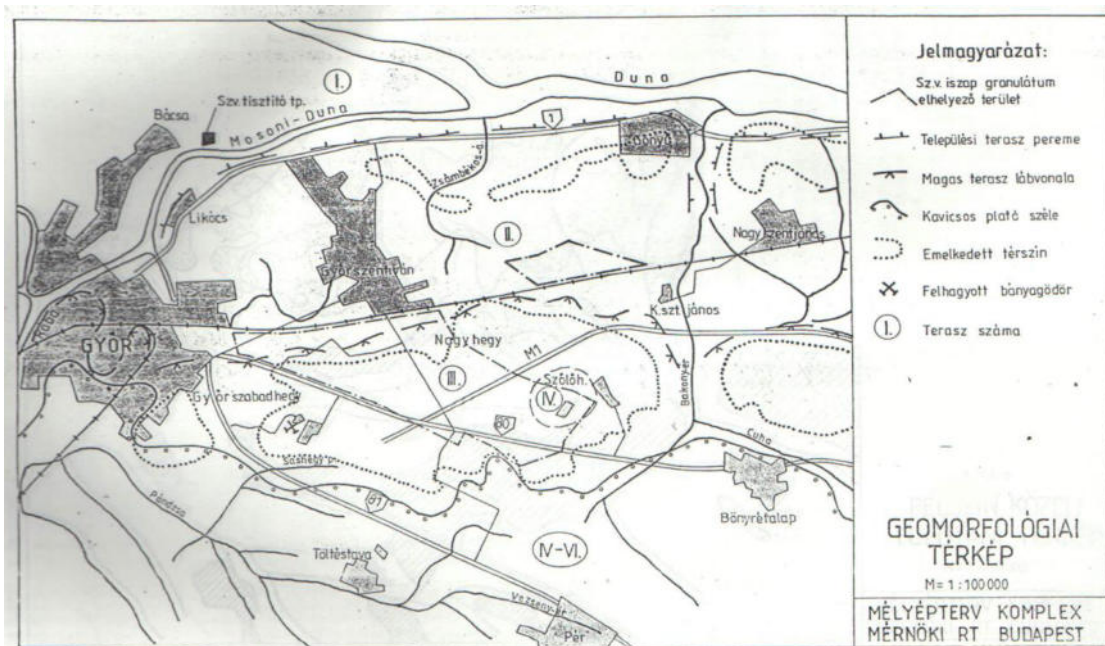




28. ábra

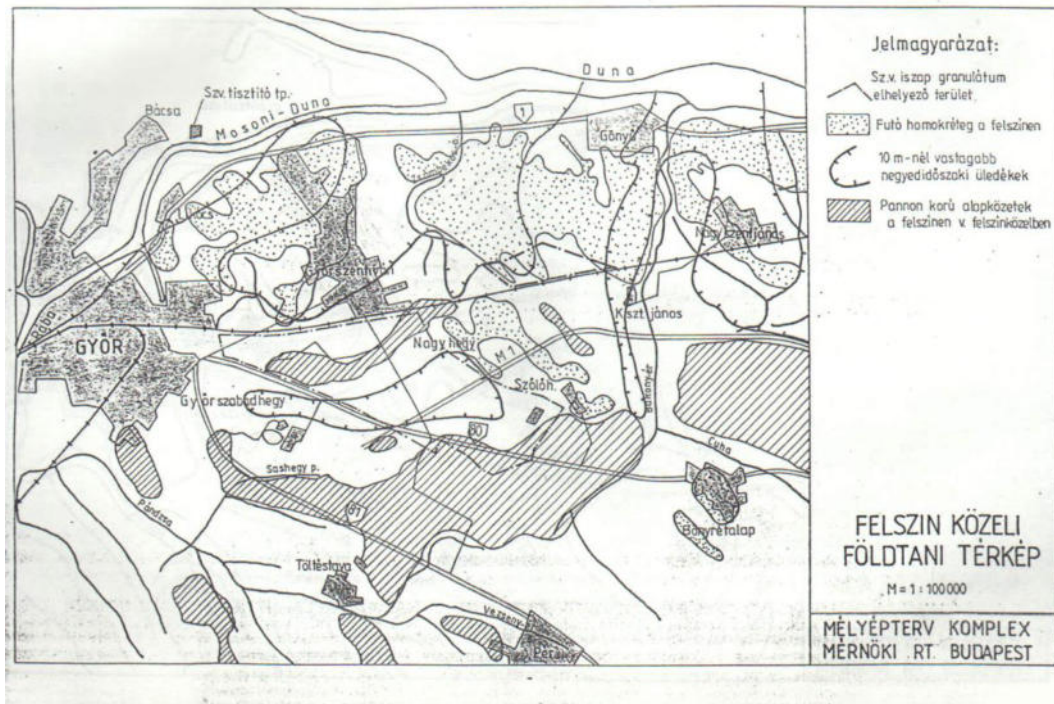
# VI. SZENNYVÍZISZAP GRANULÁTUM

Kezelt szennyvíziszap származékok leghigiénikusabb és „legkereskedelmibb” hasznosítása az iszap granulátum készítése mezőgazdasági célból. A kézzel mozgatható zsákokat szívesen viszik még kiskert tulajdonosok is, főként szőlő-gyümölcsös területekre. Kezelése megkíván bizonyos talajművelési ismereteket. Ilyen célú tervezéshez, helykijelöléshez készültek a következőkben bemutatott különféle térképek. Elsőként mindig egy olyan geomorfológiai térképet kell készíteni, amely a domborzati, vízrajzi elemeket, azok földtani „gyökerével” összeillesztve ábrázolja (29. ábra). Így ezen a térképen mindjárt szembeűnő a Nagy hegy, mint központi elem és a meglehetősen tagolt (folyóvízi erodáltságú) teraszrendszer.



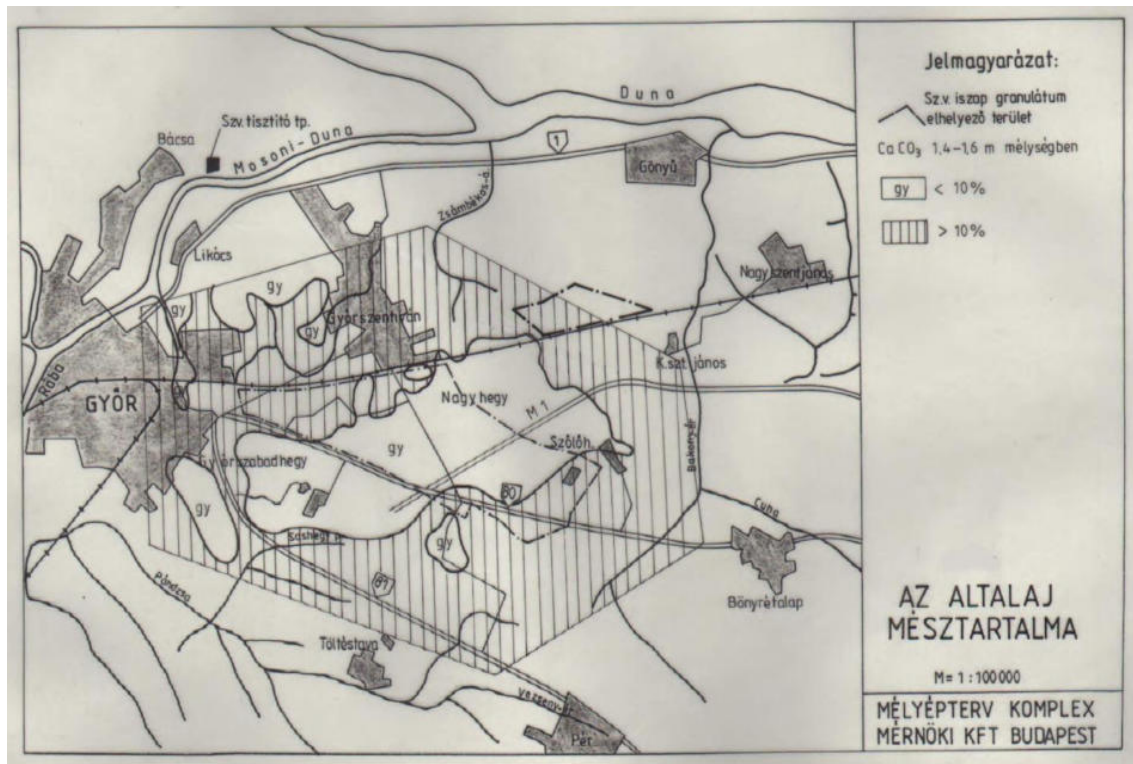
29. ábra

A potenciális beszivárgásos szennyeződés veszélye miatt szükséges az agronómiai értelemben vett talajtakaró alatti képződmények ún. fedetlen földtani térképe (30. ábra). Jelen esetben nyilvánvalóan eltérő „érzékenységek”, a Pannon korú agyagos, valamint a negyedidőszaki futúhomok „altalajú” területek.



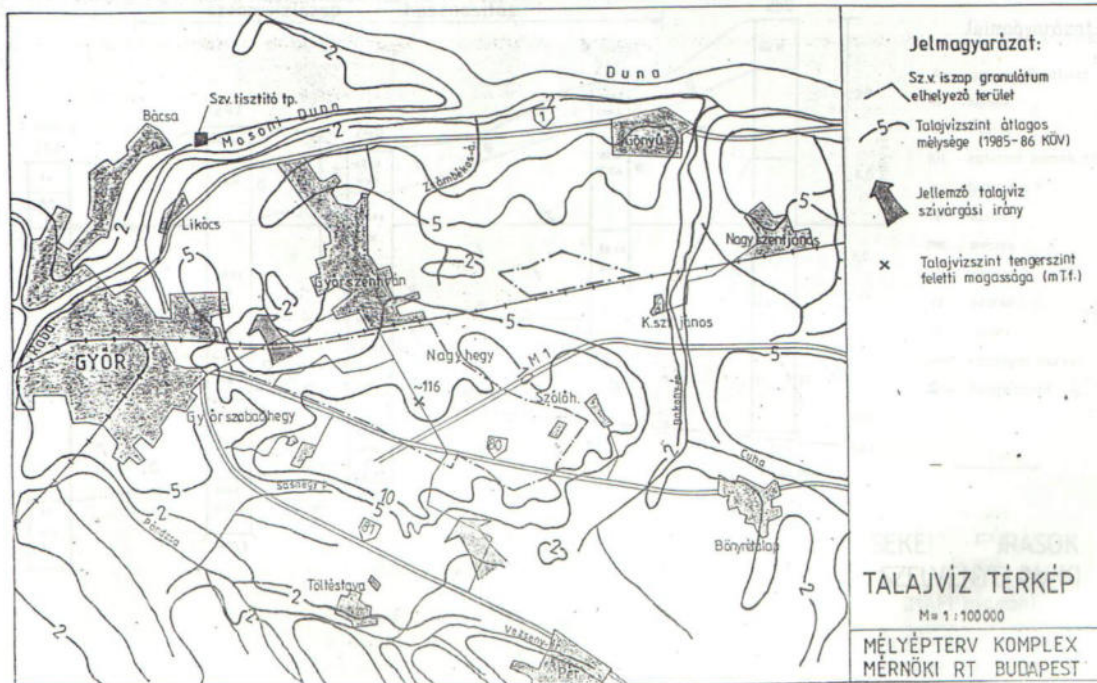
30. ábra

Az altalaj mésztartalma (31. ábra) a mezőgazdasági szennyvíz származék felhasználáshoz higiéniai és talajjavítási céljából fontos. Szembetűnő, hogy a Nagy hegy kiemelkedő területén a mész mennyire kilúgozódott a termőtalajból.



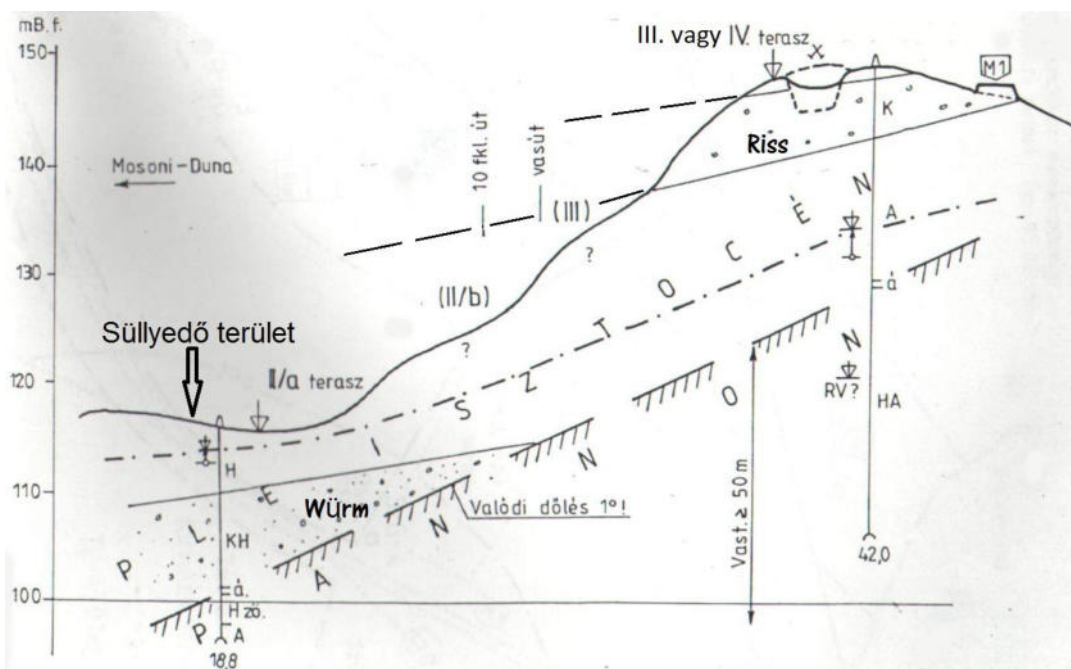
31. ábra

Hidrogeológiai szempontból legfontosabb egy olyan talajvíz térkép (32. ábra), amely az átlagos vízmélységet (beszivárgási zóna vastagságát) és a fő horizontális szivárgási irányt mutatja. Ez lesz az alapja – az újonnan létesítendő figyelő kutak vízszint adatai ismeretében – a szivárgáshidraulikai modellezésnek.



32. ábra

A térképi ábrázolások mellett alapvető bemutatási forma az egyszerűsített hidrogeológiai szelvények (33. ábra). A bemutatott példa egyik tanúsága, hogy a rendelkezésre álló felszíni térképezési, valamint fúrési adatok alapján nagy valószínűséggel az intenzív jelenkori kiemelkedés miatt a II/b és III teraszok kavicsrétegei leerdőltek.

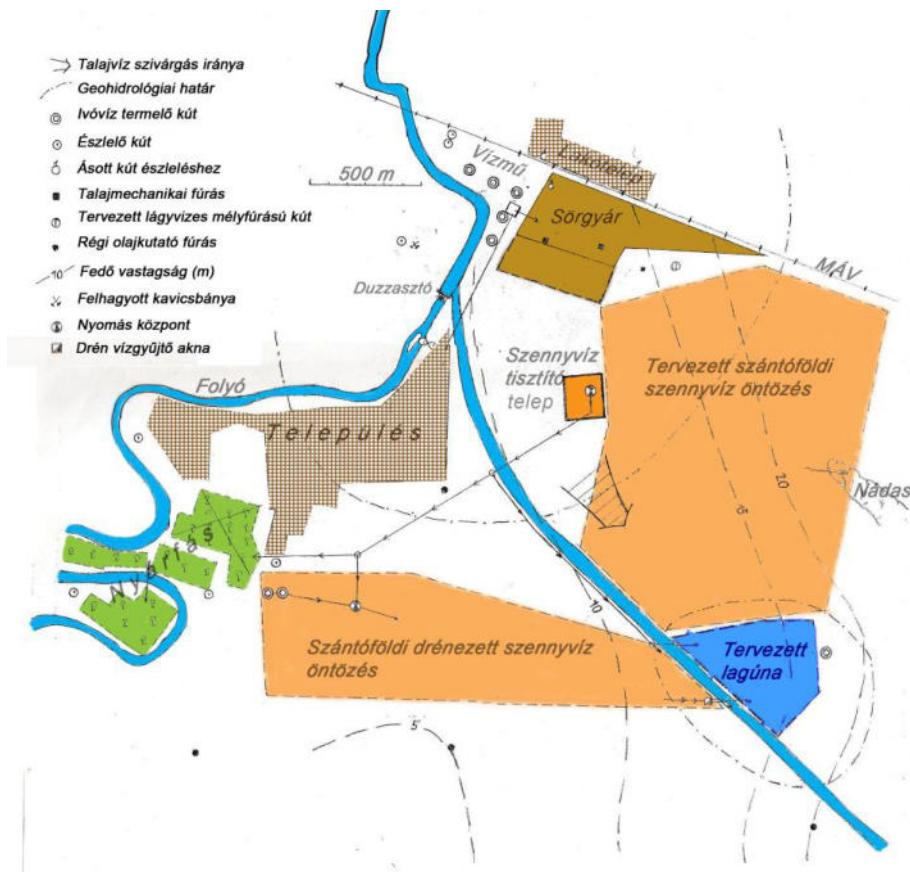


33. ábra

## VII. LAGÚNÁS UTÓKEZELŐ RENDSZER

A tisztított szennyvizek lagúnás utókezelése a tavas szennyvízkezelés olyan változata, ami eredetileg a szubtrópusi, sivatagos területeken terjedt el, de hazánkban is terveztünk sós, élelmiszeripari szennyvízre. Lényeges különbség, hogy amíg a tavas kezelésekre aerob, anaerob, vagy fakultatív **limnobiológiai** folyamatokra épülnek, a lagúnás rendszerekben a botanikai folyamatok mellett jelentős szerep jut a **limnogeológiai** folyamatoknak. Ilyen jelenségek játszódnak le a nagy áramlásoktól elzárt szélsőségesen ingadozó éghajlatú **brakkvizi** öblözetekben, amiket a geológia fejlődéstörténeti, paleontológiai és geokémiai ágazatai jól ismernek. Így a geológus jelentős ismeretökével rendelkezik egy ilyen rendszer tervezésénél!

A 34. ábráról leolvasható, hogy egy söripari szennyvíz utókezelő lagúnás rendszer telepítésének hidrogeológiai előkészítésénél milyen „környezeti tényezőket” kell figyelembe venni, mivel ezek mind valamilyen „földalatti” kapcsolatban állnak egymással. Itt is fontos a jelmagyarázat tanulmányozása.



34. ábra

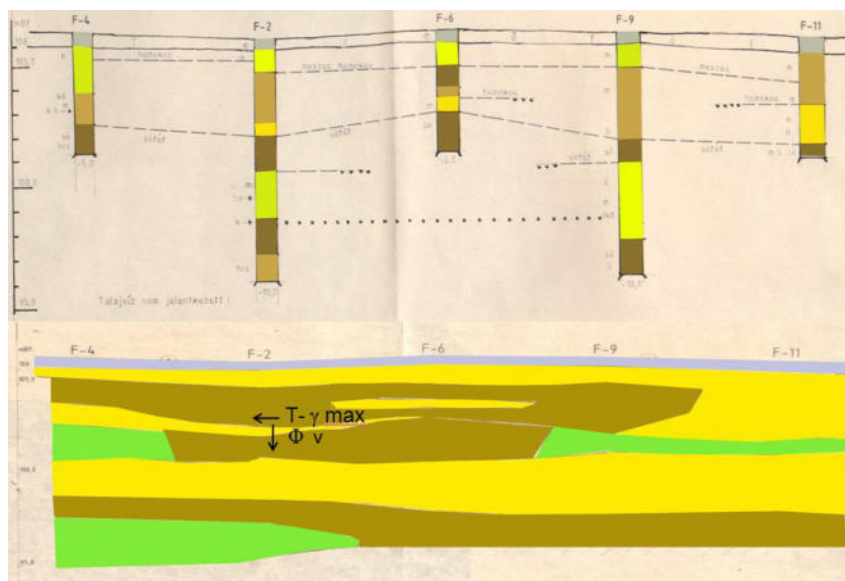
A megvalósíthatóság kulcskérdése volt az „altalaj rétegződése”, nemcsak kőzettani, hanem talajtani, beszivárgás hidraulikai szempontokból. Utóbbit bonyolítja, hogy a felszín közeli jelenkori agyagos üledékek vertikális szivárgási tényezője még tiszta víz esetében is térben és időben legalább egy nagyságrenden belül ingadozik. Több éves „szennyvíz beszivárogtatás” esetén ez a változékonyság nagyságrendi, (10-50-szeres) általában csökkenő is lehet. Erre vonatkozó számítási alapokat a III. Öntözés fejezet tartalmazza. Tovább bonyolítja a rétegszelvény **kiértékelését**, hogy az agyagos altalaj kutató sekély fúrásainak rétegsorának látszólagos homogenitásával szemben olyan „rejtett” kőzetváltozásokkal kell számolnunk, amelyek csak egyedi vezető szint (marker) nyomokkal követhető.

A példaként bemutatott helyszínt 10-20 m vastag löszös öszlet takarja, alatta folyóvízi kavicsos öszlettel, amely talajvíz, mélyebben sekély rétegvíz tározó, védelme ezért fontos. A lagúna technológiai tervezéséhez a közettani-talajtani rétegsorból egy szivárgás hidraulikai, „talajszigetelési” geotechnikai szelvényt (szelvényeket) kell kifejleszteni (35. ábra). Csak ilyen települési sémából kiindulva lehet a helyes beszivárgási hidraulikai modellt előállítani \*. A jelmagyarázatot – jelentősége miatt – külön, a 36. ábrán mutatjuk be.

\*Megjegyzés: **Séma:** „Valaminek a fő vonásait feltüntető vázlatos rajz”  
(Magyar Értelmező Kiszótár. 1972)

**Modell:** „Bonyolult fizikai rendszerek egyszerűsített ...idealizált...  
matematikai leírása” (Természettudományi Lexikon 1979)

A szennyvízlagúna alatti geológiai réteg- ill. geotechnikai szelvények löszös öszletben hasonlítja össze a 36. ábra.



35/a. ábra

### Jelmagyarázat

Jelmagyarázat		
F: fekele	I: termőtalaj	m: meszes
Sa: sárga	A: agyag (sovány) közepes	li: limonitos
B: barna	IIA: homokos agyag	su: sülési
VB: világosbarna	HL: homokliszt	det: detrituszos
	H: homok	ncs: homokcsikos
		h: homokos
		k: kavicsos
		kő: kőes agyag

Geotechnikai értelmezés		k, m/d
① Humuszos termőtalaj, gyökérszóna	$10^0$	
② Homokos meszes agyag, darabos	$10^{-1}-10^{-2}$	
③ Mocsári agyag, limonit lepedékes	$10^{-2}-10^{-3}$	
④ Homogén tömör plasztikus agyag	$10^{-3}-10^{-4}$	

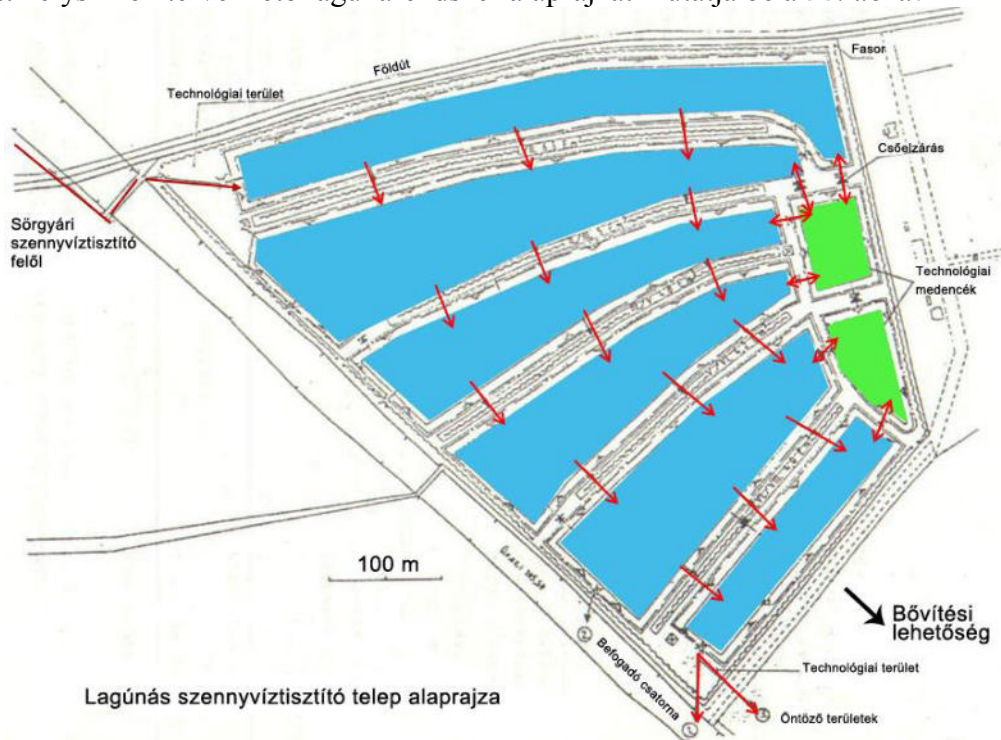
k, m/c	
$10^0$	Humuszos termőtalaj
$10^{-1}-10^{-2}$	Homokos meszes agyag
$10^{-2}-10^{-3}$	Mocsári agyag (limonitos)
$10^{-3}-10^{-4}$	Homogén plasztikus agyag

### Radiológiai karotázsból

- ← T-γ max: természetes gamma sugárzási maximum (szervesanyagtól?)  
↓ Φ v: porozitás csökkenés iránya (szingenetikus tömörödés)

35/b. ábra

Az adott helyszínen tervezhető lagúnarendszer alaprajzát mutatja be a 36. ábra.

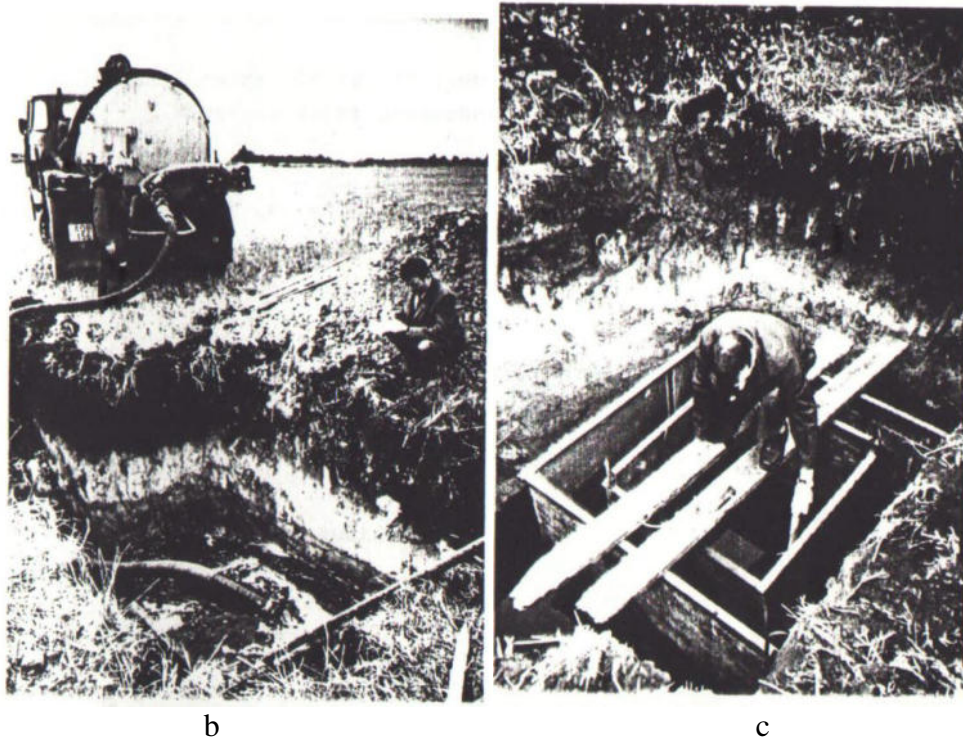


36. ábra

A vertikális szivárgási tényezőt minél többféleképpen kell meghatározni, így lehet következtetni a várhatóan kialakuló állapotra. (Ilyen vizsgálatokhoz érdemes áttekinteni Talaj- és Agrokémiai Vizsgálati Módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata Szerk.: Búzás István segédletet). Az **első** vizsgálati módszer a **nem permanens próbagödörös beszivárogtatási** kísérlet. Erről láthatunk néhány képet a 2. képen. A 2x2 m alapterületű 1.5 m mély gödörbe centrikusan egy 1.5x1.5 m (2. a. kép) és egy 1.0x1.0 m keresztmetszetű acélládát helyeztünk, leverve az altalajba. A rendszert a majdani lagúnába kerülő kezelt szennyvízzel töltöttük fel (2. b. kép). Néhány órán keresztül mértük a három centrikus szelvény nyilvánvalóan eltérő vízszint süllyedését. (2. c. kép) A szivárgási tényezőt természetesen a belső ládában mért adatsorból számítottuk, a mélyen lévő talajvízszint miatt szabad szivárgásként.



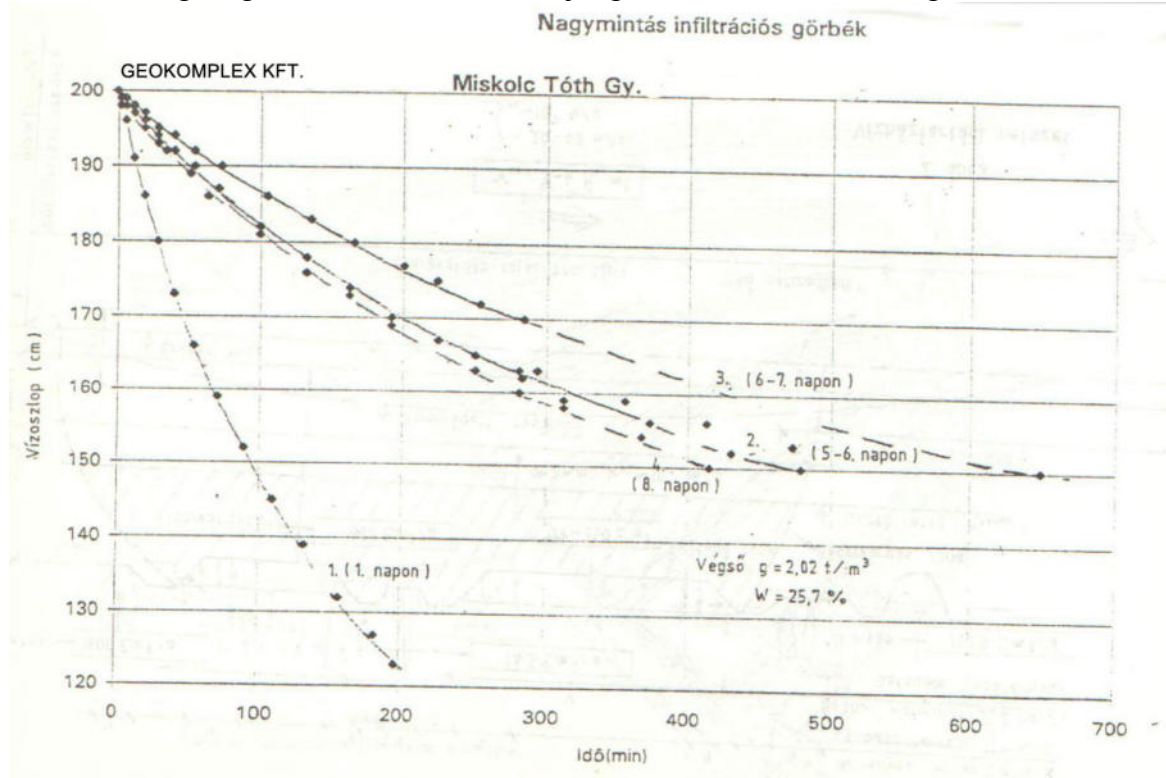
a



2. kép

A **második** módszer a fúrásokból vett zavartalan kisminták laboratóriumi vizsgálata, natúr, tömörített és bentonittal kevert mintahengerek kialakításával.

A **harmadik** módszer az előbbi gödör aljából (amely a majdani lagúna fenékszintje körüli) vett nagymintákból 200 mm belső átmérőjű csőbe 0.4 m hosszú dugókat építve meghatározott vízszloppal nem permanens átszivárgási laboratóriumi vizsgálatot végeztünk (37. ábra) különböző ideig meghatározva a kísérleti talajdugó víztartalmát és sűrűségét is.



37. ábra

A tervezett lagúna területéhez és altalajához kapcsolódó előbbi vizsgálati eredményeket összehasonlítottuk a szakirodalomban található talajfizikai táblázatok adataival, valamint az itteni fúrásokban végzett karotázs paraméterekkel és a környék ugyanilyen talajszelvényeiben végzett agronómiai kisátmérőjű fúrásos nyeletési eredményeivel. A kapott eredményeket a 11. táblázat foglalja össze.

## 11. Táblázat

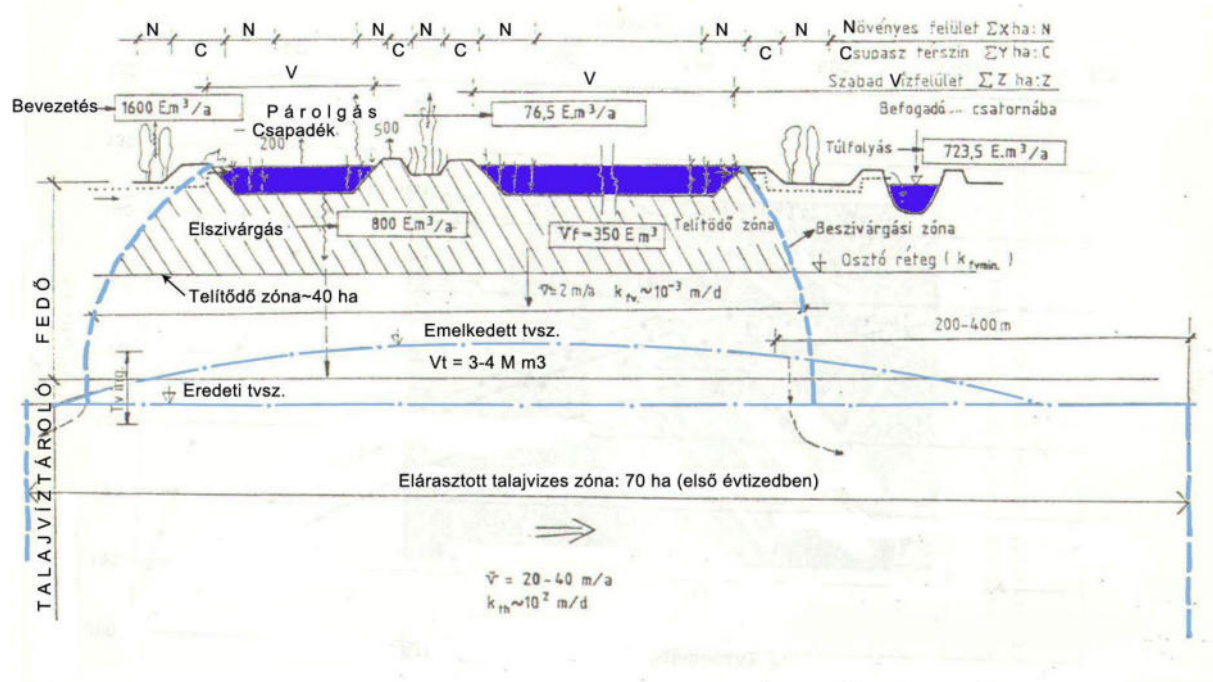
A löszös fedőrétegre végzett szivárgási tényező meghatározások (Kárpáti I. (GEOSERVICE) – Dr. Szabó I. (MISKOLCI EGYETEM) – Szlabóczky P. (MÉLYÉPTERV) – Tóth Gy. (GEOKOMPLEX), 1995.

Módszer	Átlag m/d	Szélső értékek m/d	Megjegyzés
1. Próbagödrös beszivárogtatás	2,0	1,6 – <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">2,4</span>	2,0 m mélységből 20 °C-os szenny- vízzel, 4 órás
Kisminták	Ø40, mm	M = 20	
laboratóriumban	mm		lp=9-18 %, e=0,9-1,7
2. – Natúr	$3 \cdot 10^{-1}$	$7 \cdot 10^{-1}$ – <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;"><math>8 \cdot 10^{-3}</math></span>	szobahőmérsékletű
3. – Tömörített	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$ – $1,3 \cdot 10^{-4}$	ivóvízzel, 2 hetes
4. – Bentonitos	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$ – $6,3 \cdot 10^{-5}$	előáztatással
5. – Nagy mintán laboratóriumban tömörített	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-1}$ – $5 \cdot 10^{-3}$	pH: 5,6 vízzel, szobahőmérsékleten 1- től 8 napig utántöltésekkel
6. Zavart fúrási minták talaj- fizikai labor- eredményekből	$10^{-2}$ nagyságrend	$10^{-1}$ - $10^{-3}$	lp= 10-27 % e=0,5 – 0.9  <i>Juhász J.:</i> <i>Hidrogeológia</i>
7. Karotázból / radiológiai /	$10^{-3}$ nagyságrend	$10^{-2}$ – $10^{-4}$	Analógiák alapján
8. Kisátmérőjű agrotechnikai fúrásokban nyeletésből	1,9	0,5 – 1	1,8 m-s talpnál - 6 perces kezdeti süllyedésből

Keretezve: a talajosodott löszre adódott minimum és maximum értékek: az eltérés 4 nagyságrendű. A próbagödör talpszintje alatti réteg másodlagos szerkezete növeli meg a **k** értéket.

A hidrogeológiai vizsgálatok első terepi részének fő kérdése a vertikális szivárgási tényező tér és időbeli változásának várható előrejelzése különös tekintettel a lagúna rendszer (szenny)vízminőségi változásaira.

A szivárgási tényező illetően történő – józan mérlegelést sem nélkülöző – meghatározása és természetesen a hidrogeológiai felépítés sematizálása alapján lehet olyan **vízháztartási** mérleget készíteni, amellyel megbecsülhetők a lagúna telepítésének hidraulikai következményei. Ezt vázolja a 38. ábra. Itt is látható - mint a 17. ábrán is - hogy a lagúnába jutó kezelt szennyvíztömeg „eltüntetésében” a nyári félévi párolgásnak és a téli félévi felszínalatti tározódásnak van döntő szerepe. Mivel ezek a tényezők sok év távlatában nagyon ingadoznak, a számítás hibatarományával együtt elsőként arra kell törekedni, hogy a várható legrosszabb helyzetet előre vetítsük. A hagyományos vízháztartási mérleg mellett ma már ez a folyamat modern eszközökkel programozható.



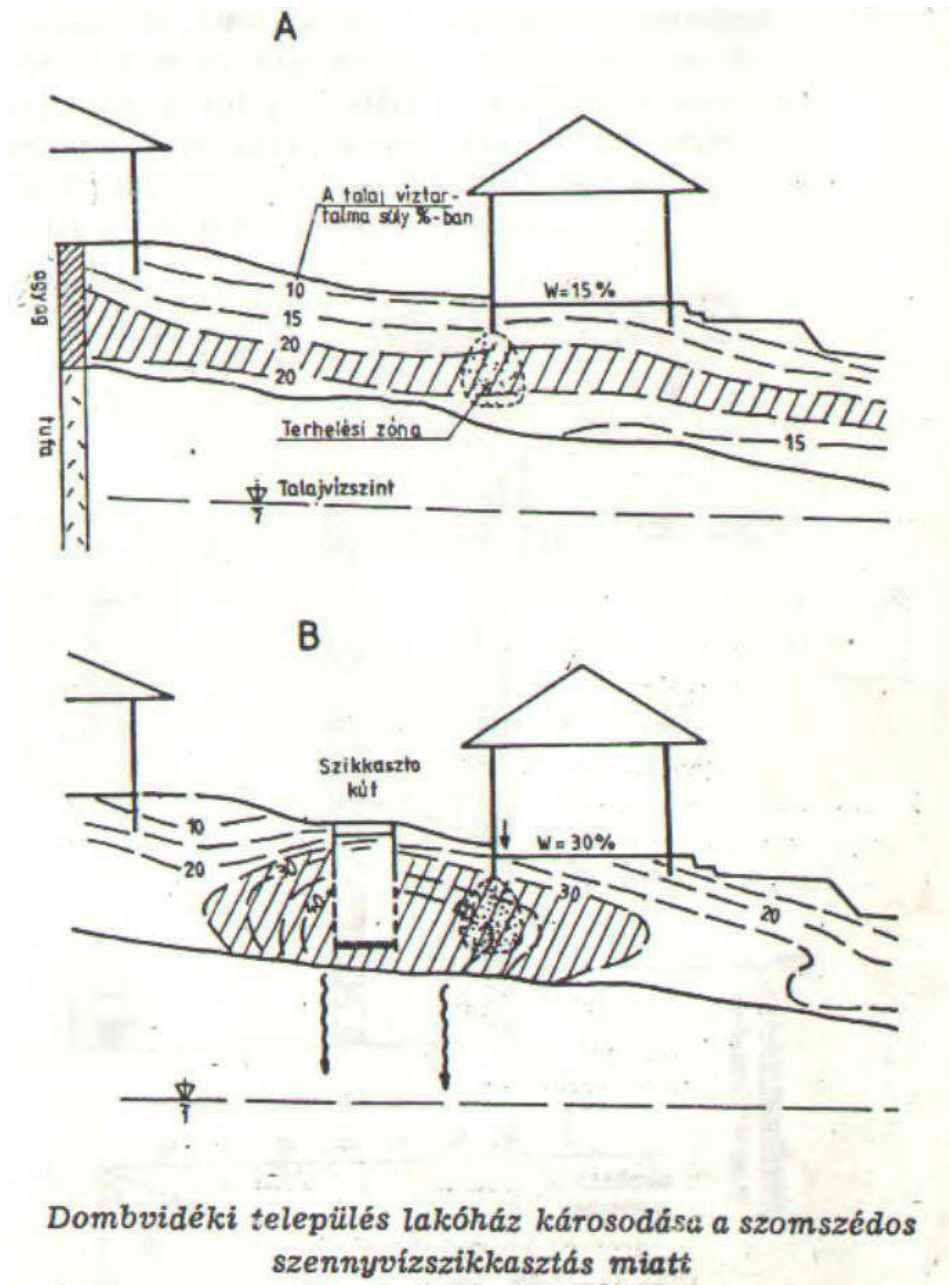
38. ábra

## VIII. TÁROLÁS, SZIKKASZTÁS, GEOTECHNIKAI ESETEK

Átmeneti megoldásként javasolható, kisebb kapacitású települési, állattartási és egyéb kisüzemi „szennyvíz termelők” kezelt, vagy kezeletlen szennyvizeinek tárolása szigeteletlen aknában, gödrökben, árkokban. Ezekből a szennyvíz nagyobbik hányada nyári félévben közvetlenül a vízfelszínről vagy a telítődött talajzónából elpárolog, ami növényesítéssel fokozható. Kisebb hányada le-, ill. oldal irányban elszivárog a talajvízig, lejtős területen forrásokig, ami lehet ún. rejtett talajvízforrás is. Ez koncentrált kilépés nélküli vizenyős, sűrűbb növényzetű foltokkal jelentkezik. Ezen párologtató-szikkasztó földművek időszakos felületi karbantartást kívánnak a szennyvíz és a földréteg érintkezésénél (kolmatáció, „zsírosodás”, cementáció, tömörödés ellen). Sok ezer ilyen „szennyvízkezelés” létezik még ma is, amelyek szakszerű hidrogeológiai kezeléssel nem okoznak jelentős környezeti (természeti, egészségügyi, építmenyi) károkat.

Utóbbira a 39. ábra mutat példát. Egy dombvidéki, tufás alapkőzetű területet botító több méter vastag lejtőagyagban alapozott hagyományos szerkezetű épület fala megsüllyed és összeropedezik, ha a felette lévő szomszédos telken házi szennyvízszikkasztó kutat létesítenek. A folyamat geotechnikai: a konszolidálódott épület alapsíkjában a talaj példa szerinti víztartalma 15 súly%, ami a szikkasztás következtében 40 %-ra növekszik. Ez az alapozási szakirodalomban található számítás szerint 3.5 cm-es süllyedést okoz, amire a szerkezeti tartófal repedés rendszerrel reagál. Védekezés módja lehet – ha a „rossz szomszéd” a szikkasztást nem szünteti meg – szárító drén építése a károsodott fal mentén. (Lásd: *Geotechnika Konferencia, Ráckeve 1996: Szlabóczky P.: Kapilláris kondenzációt hasznosító szárítódrén alkalmazása földszintes épületeknél*).

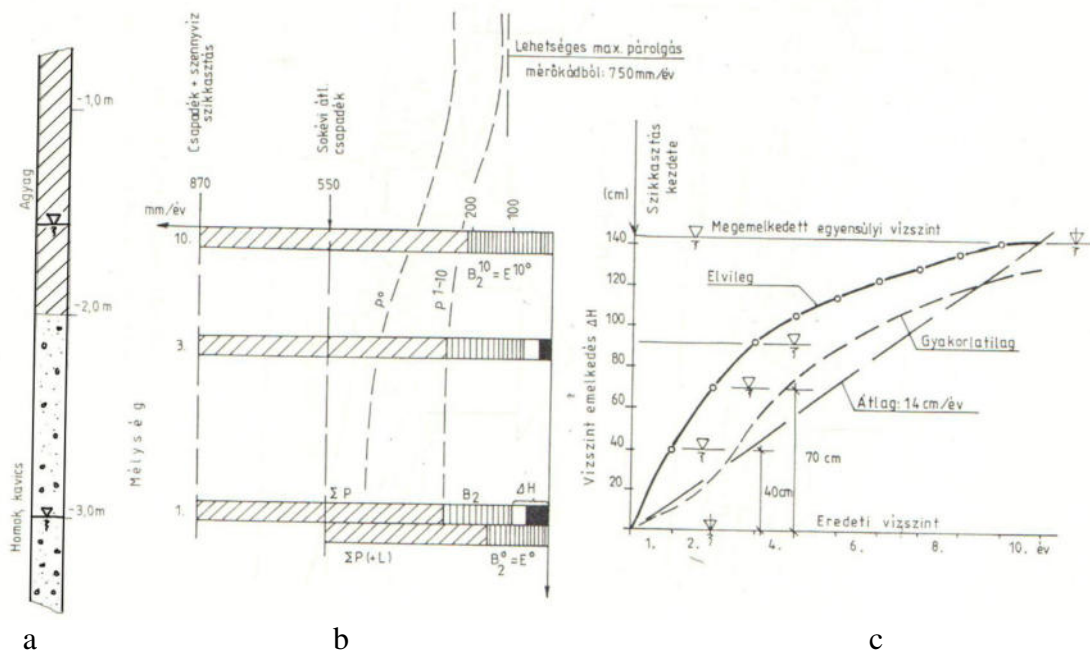
Kertes lakóterületeken nagy számban található ún. „derítős” szennyvíz kezelése, infiltráló gyűjtőaknák szivárgásai, különösen lejtős területeken okozhatják az alsó szomszédok épületkárosodását, mivel az egykori építés után már konszolidálódott teherviselő talajzóna víztartalma megnő, így csökken a nyomószilárdsága.



39. ábra

Az ötvenes évektől kezdődően egyre inkább gondot jelentett, főként síkvidéki településeken, hogy a hálózati víz lakásokba való bevezetése, és a megnövekedett szennyvízmennyiség háztáji elszikkasztása nyomán a talajvíz szintje métereket emelkedett használatlanná téve pincéket, süllyesztett garázsokat. Kertvárosi területen a *szikkasztások* következtében számított *talajvízszint emelkedés* mértéke látható a 40. ábrán, vízháztartási vizsgálat alapján. Gyakran a házi szennyvizet a felhagyott ásott kutakba vezették, vezetik ma is. Egy olyan településen, ahol a kilencvenes évek elején megépült a szennyvízgyűjtő csatornarendszer, a rákötések után néhány éven belül az eredeti állapot visszaállt. A 40.a ábrán a rétegoszlop van feltüntetve az eredeti átlagos (3.0 m), majd a 10 év alatt megemelkedett (+1.6 m) talajvízszinttel A 40.b ábrán a vízháztartási tényezők arányának változása látható: eredeti, és közbenső állapotban az ivóvíz-hálózati rákötések elterjedésétől számított kb. 10 év múlva. A 40.c ábra mutatja a vízszint emelkedések mértékét. A számítások szerint az elszikkasztott víztömeg 320 mm évi csapadéktöbbletet

jelent az eredeti átlagos 550 mm felett, amivel az eredetileg 150 mm évi – talajvízszintig lejutó és onnan oldal irányba elszivárgó – beszivárgás az első évben 230 mm-re emelkedett, amiből csak 165 mm tud oldal irányba elszivárogni. Így tározódik a maradék évről évre, emelve az átlagos talajvízszintet és növelve az agyagos fedőréteg átlagos víztartalmát. Gyakorlati tapasztalataink szerint szélsőséges csapadékjárású éveket leszámítva a hazai síkvidéki területeken a szennyvíz beszivárgás okozta talajvízszint emelkedés mértéke évente néhány dm. A kb. egy évtized alatt kialakuló talajvíz dóm nyomásnövelése tart egyensúlyt az oldalirányú, kerületi kiszivárgással (12. táblázat).



40. ábra

12. táblázat

Év	Cs	Sz	Cs+Sz	Pf (L)	Pg	Pt	Pö	W	Bt	E	M	He	Tm
	mm/év											cm/év	m
0.	550	0	550	150	200	50	400	0	150	150	0	0	-3
1.	550	320	870	270	250	70	590	50	230	165	65	43	-2,6
2.	550	320	870	270	250	85	605	50	215	165	50	33	-2,2
3.	550	320	870	270	250	95	615	50	205	165	40	27	-1,9
4.	550	320	870	270	250	105	625	60	185	160	25	25	-1,7
5.	550	320	870	270	250	115	635	60	175	160	15	15	-1,6
6.	550	320	870	270	250	120	640	60	170	160	10	10	-1,5
7.	550	320	870	270	250	125	645	60	165	160	5	5	-1,4
8.	550	320	870	270	250	130	650	60	160	160	0	0	-1,4

Magyarázat: Cs: csapadék Sz: szennyvíz szikkasztás, háztáji locsolás; Pf (L): felszíni párolgás (lefolyás) Pg: gyökérszóna párolgotatása; Pt: talajvíz párolgás W: agyagos fedőréteg víztartalom növekedése; Bt: talajvízben maradó beszivárgás E: oldalirányú elszivárgás; M: talajvízben maradó növekedés He: talajvízszint emelkedése; Tm: talajvízszint mélysége.

Szakirodalom: Szesztay K. (1966): Válogatott fejezetek a hidrológiából Major P. (1981): Talajháztartás vizsgálata a Miskolctól DK-ra elterülő talajvíz függőleges vízforgalmának vizsgálata. (A sajlóadi vízmű védőidom meghatározása. MHT munkabizottsága.

Már említettük, hogy országunk földrajzi viszonyai, település szerkezete és pénzügyi, gazdasági viszonyi miatt még mindig sok az átmenetileg engedélyezhető, ill. eltűrt gödrös, árkos szennyvíz elhelyezés. A *3. kép*, egy dombvidéki kis település külterületén létesített átmeneti fekália tároló (más néven folyékony települési szennyvízürítő) gödör vegetációs időszakos fényképét mutatja be. Szerencsére nem érzékelhető a bűz és a rovar invázió! Ilyen esetben a környezeti hatásvizsgálat döntő részét képezik a hidrogeológiai vizsgálatok. Ez lehet a létesítést megelőző, vagy a működő esetet „követő”.

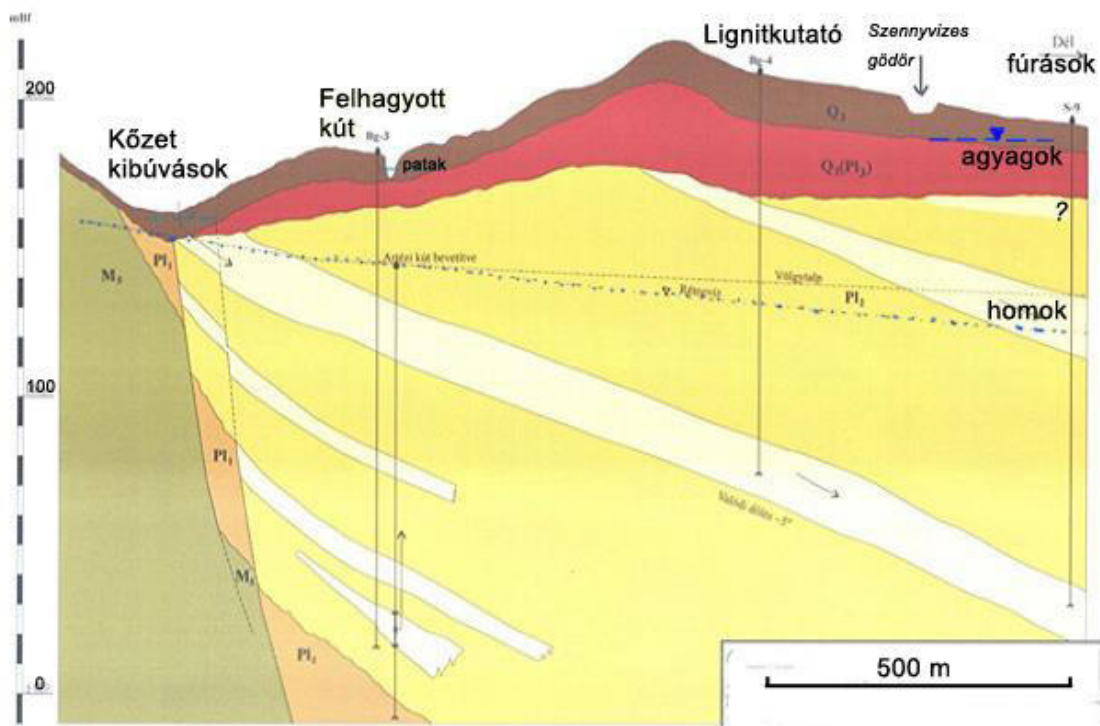
A hidrogeológiai vizsgálat fő szakmai fejezetei:

1. A távolabbi (*41. ábra*) és a közvetlen környezet (*42. ábra*). geológiai rétegződésének megismerése a térségben mélyült régebbi különféle fúrások adatai és fellelhető egyéb feltárások (földmű beágás, bányagödör, építési munkagödör), továbbá felszíni geofizikai mérésekkel, sekély feltárásokkal.
2. Geohidroológiai (vízháztartási, vízmérleg) és szivárgáshidraulikai (áramlástan) szerkesztések (*43. ábra*) és számítások. Ha már működő szennyvíz tárolóról van szó, akkor annak szivárgási talajszennyezési hatása a hidrogeofizikai és fúrási feltárások vízelemzésével jó követhető.
3. Az elvégzett adatgyűjtések, feltárások és számítások alapján a hidrogeológiai környezeti hatás tér- és időbeli változásának meghatározása modellezési hibatarománnyal.
4. Javasolt hidrogeológiai védelmi intézkedések.

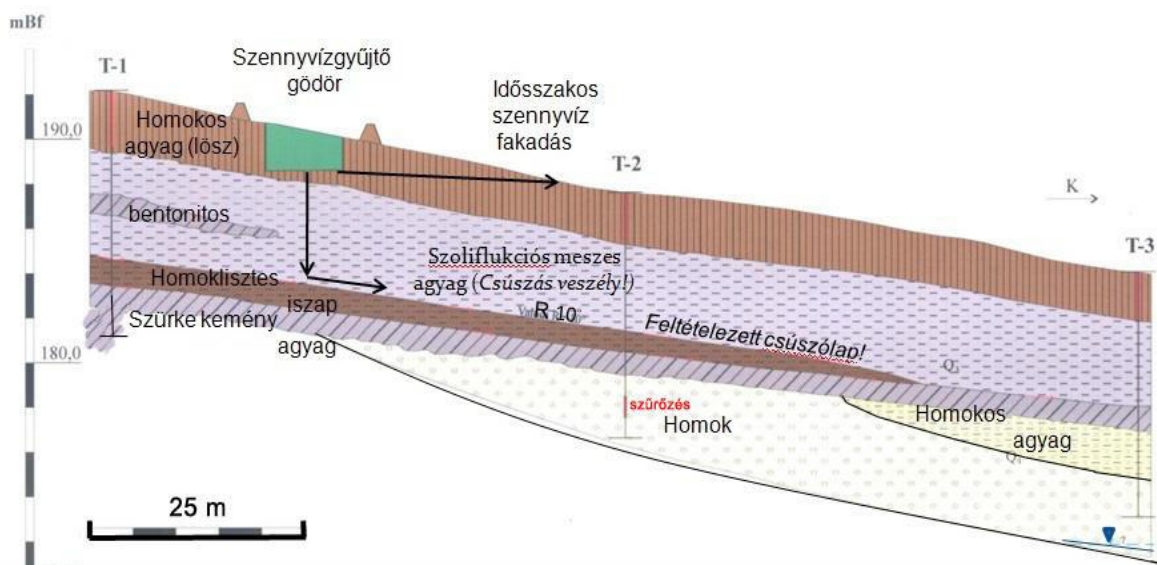
Emellett természetesen az elkészülő hatásvizsgálati dokumentáció feleljen meg a hatósági jogi, formai és egyéb tartalmi követelményeknek is.



*3. kép*



41. ábra



42. ábra

A 43. ábra mutatja az elvi szivárgáshidraulikai képet a hozzá tartozó számítással. Ebben az esetben a vertikális beszivárgás az agyagrétegben a mélyen lévő talajvízszint felett kisebb ingadozásokkal állandósul, ha a víznyomás és a szivárgási hossz aránya megközelíti a kőzet küszöbesését. Felszín közeli agyagoknál ez 2-4 m/m. Az oldal irányú kapillaris zóna erősen pulzál a nyári félelvi visszapárolgás és annak téli félelvi hiánya miatt. Lejtős körülmények mellett az oldal irányú elszivárgás egy része rejtett vagy valódi, illetve időszakos vagy állandó forrásként jelenhet meg. Köz-és állategészségügyi szempontból ezeket a fakadási helyeket is kell vizsgálni.

### Vízmérleg

TÉLEN „bejön”	$Q_T$	<b>250 m<sup>3</sup></b>	kommunális szennyvíz
	$C_T$	<b>45 m<sup>3</sup></b>	csapadék a medencébe
	$B_T^2$	<b>33 m<sup>3</sup></b>	csapadékbeszivárgás a talajgyűrűbe
Ebből	$V_1$	<b>75 m<sup>3</sup></b>	a medencében tározódik (+0,5 m emelkedéssel)
	$E_T$	<b>5 m<sup>3</sup></b>	elszivárog a fenéken (5 °C) = 27 dm <sup>3</sup> /d
	$V_T^2$	<b>250 m<sup>3</sup></b>	betározódik a talajgyűrűbe
NYÁRON „bejön”	$Q_N$	<b>300 m<sup>3</sup></b>	kommunális szennyvíz
Ebből	$E_N$	<b>7 m<sup>3</sup></b>	elszivárog a fenéken (20 °C)
	$P_N^1 - C_N$	<b>90 m<sup>3</sup></b>	párolgási többlet a medencéből
	$P_N^2 - B_N^2 = V_N^2$	<b>525 m<sup>3</sup></b>	párolgási többlet a talajgyűrűből, amely „elviszi” a 300 m <sup>3</sup> bejövőből
			• a fenékelszivárgás és medencepárolgás után visszamaradt <b>203 m<sup>3</sup>-t</b>
			• a talajgyűrűbe télen betározódott <b>250 m<sup>3</sup>-t</b>
			• és a medencébe betározódott <b>75 m<sup>3</sup>-t.</b>

### Vízháztartási egyenletek

Téli  $Q_T + C_T + B_T^2 = V_1 + E_T + V_T^2$  amiből a betározódás:  $V_1 + V_T^2$



Nyári  $Q_N = E_N + (P_N^1 - C_N) + \underbrace{(P_N^2 - B_N^2)}_{V_N^2}$  amiből a kiürítés:  $V_N^2$

**Számítási alapadatok** a helyszíni viszonyok és a *Szesztay Károly: Válogatott fejezetek a hidrológiából. (1966.)* mérnöktovábbképzős jegyzet alapján.

A gyűjtőgödör hasznos alapterülete  $10 \times 20 \text{ m}^2$

$$Q_N \text{ (nyári félévi kiszállított szennyvíz)} = 300 \text{ m}^3$$

$$Q_T \text{ (téli félévi kiszállított szennyvíz)} = 250 \text{ m}^3$$

tehát az éves kiszállítás  $550 \text{ m}^3$  (vállalkozói adatszolgáltatás)

$$T_1 \text{ (medence területe)} = 150 \text{ m}^2$$

$$T_2 \text{ (a szennyvizet felvevő talajgyűrű mértékadó területe)} = 1106 \text{ m}^2$$

$$H_2 \text{ (a szennyvíztározó talajgyűrű átlagos vastagsága)} = 1,5 \text{ m}$$

$$P_N^1 \text{ (medence folyadék nyári félévi párolgása)} = 0,9 \text{ m}$$

$$P_N^2 \text{ (talajgyűrűből nyári párolgás)} = 0,5 \text{ m}$$

$$C_N \text{ (nyári félévi csapadék)} = 0,3 \text{ m}$$

$$C_T \text{ (téli félévi csapadék)} = 0,3 \text{ m}$$

tehát az éves csapadék sokévi átlaga  $600 \text{ mm}$ .

$$B_N^2 \text{ (talajgyűrűbe nyári beszivárgás)} = 0,03 \text{ m}$$

$$B_T^2 \text{ (talajgyűrűbe téli beszivárgás)} = 0,04 \text{ m}$$

tehát az éves beszivárgás sokévi átlaga  $70 \text{ mm}$ .

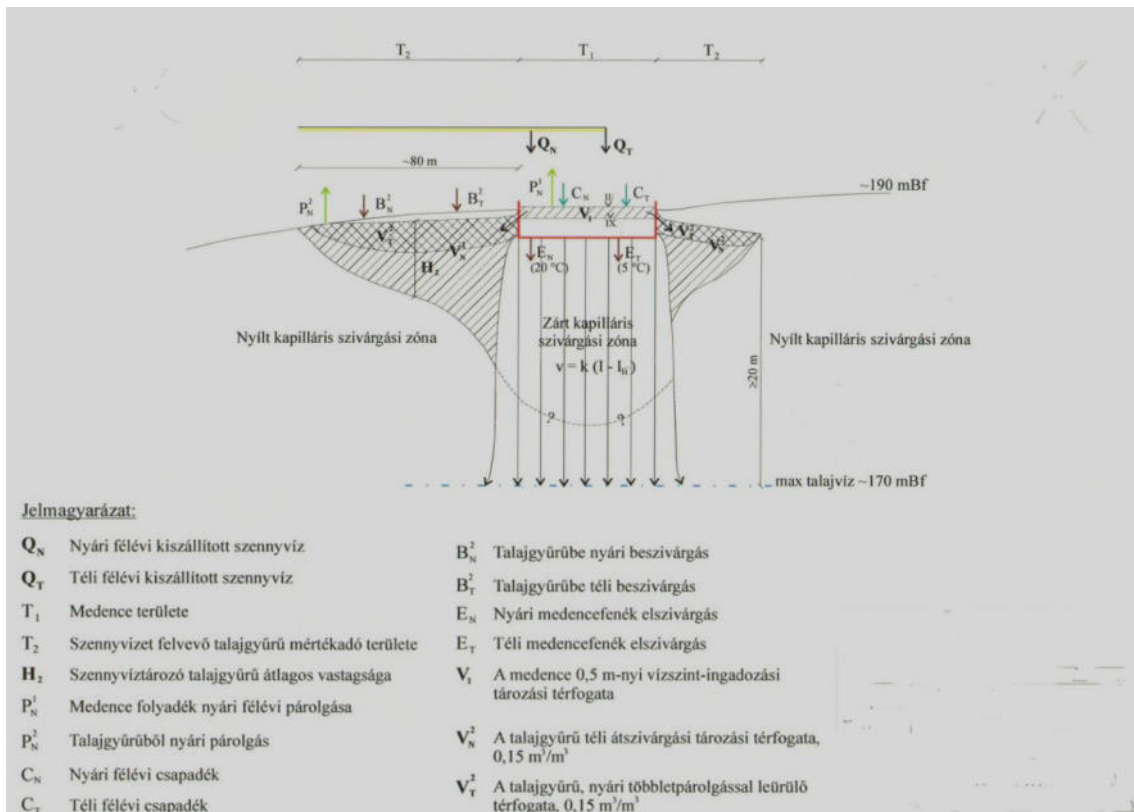
$$E_N \text{ (nyári medencefenék elszivárgás, } 20 \text{ }^\circ\text{C)} = 7 \text{ m}^3/\text{d, szerkezeti } k_{\text{vert}} = 0,05 \text{ m/d-vel}$$

$$E_T \text{ (téli medencefenék elszivárgás, } 5 \text{ }^\circ\text{C)} = 5 \text{ m}^3/\text{d, szerkezeti } k_{\text{vert}} = 0,03 \text{ m/d-vel}$$

$$V_1 \text{ (a medence } 0,5 \text{ m-nyi vízszint-ingadozási tározási térfogata)} = 75 \text{ m}^3$$

$$V_T^2 \text{ (a talajgyűrű téli átszivárgási tározási térfogata, } 0,15 \text{ m}^3/\text{m}^3)$$

$$V_N^2 \text{ (a talajgyűrű, nyári többletpárolgással leürülő térfogata, } 0,15 \text{ m}^3/\text{m}^3)$$



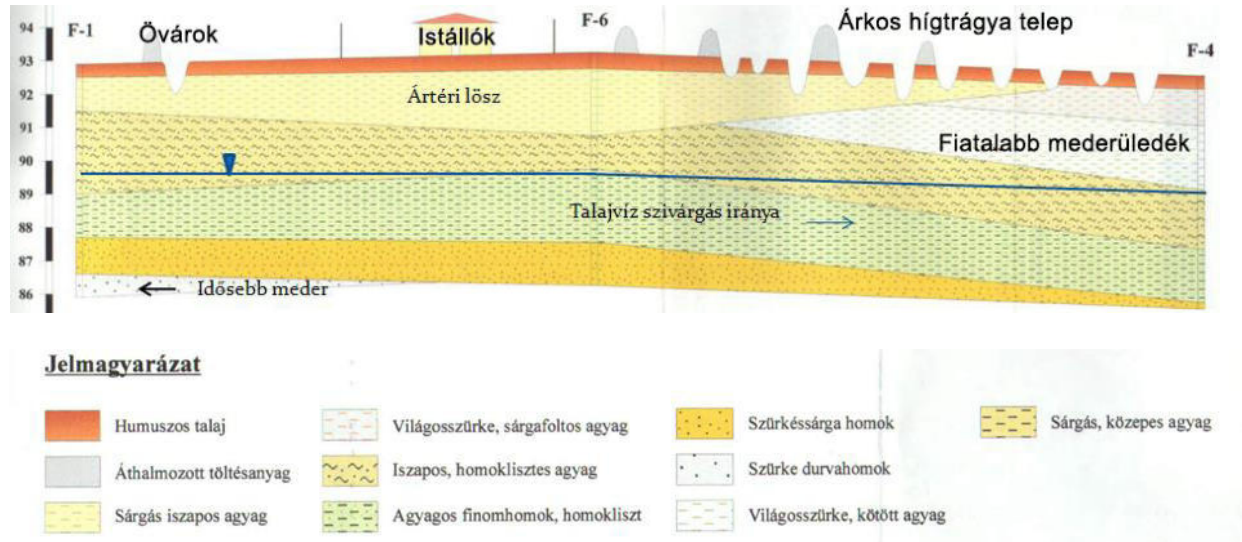
43. ábra

A felszíni folyékony szerves tárolás-szikasztás-párologtatás hazánkban legkritikusabb megoldása a szakosított üzemi állattartási (főként sertésstelepi) **hígtrágya elhelyezés**. A szakirodalomban számtalan agro-mérnöki publikációt találunk erre a 60-as évek vége 80-as évek eleje között. A 4. kép egy ilyen árkos rendszer fényképét mutatja be, a GREENSIDE kft. (Tóth Róbert hidrogeológus mérnök munkája nyomán).



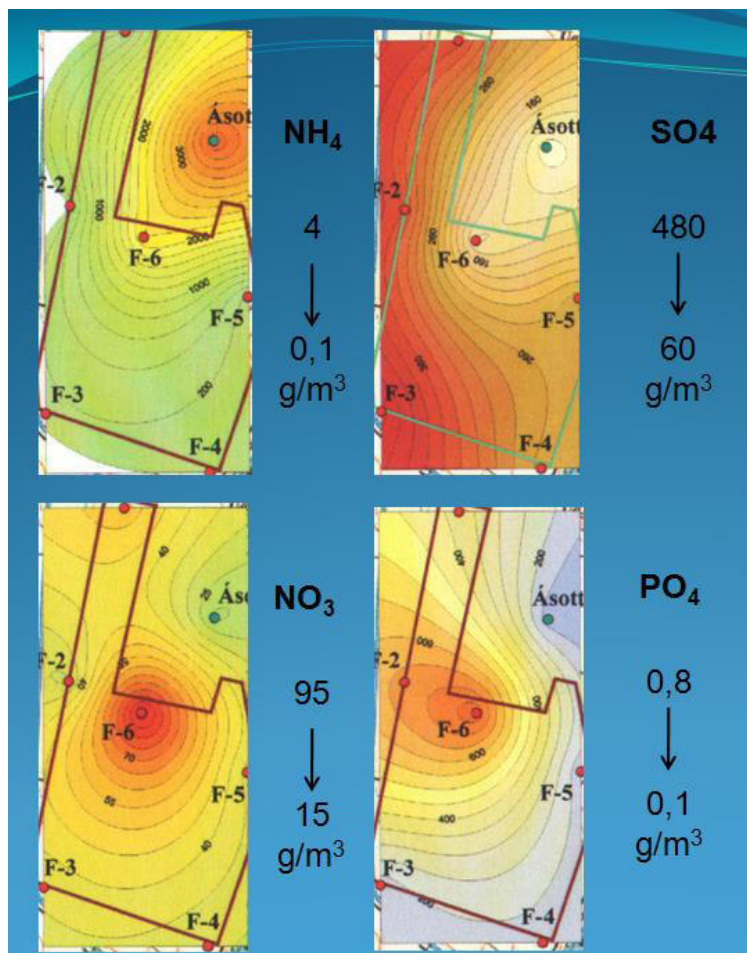
4. kép

A terület teleptani felépítése a 44. ábrán látható. Érdekessége, hogy a folyómeder a holocén kor elejihez képest a 17-18. század után áthelyeződhetett nyugatról keletre a terület másik oldalára. Erre következtethetünk a szelvény két szélén látható, durvább szemszerkezetű folyóvízi üledék kiékelődésekből. A talajvíz jelenlegi átlagos szivárgási iránya is, természetszerűen a jelenlegi élő meder felé mutat.



44. ábra

Az átlagosan mindössze 1 m vastag agyagos ártéri lösz alatt, 3 m mélységben található talajvízben a szennyvíz rendkívüli minőségi anomáliákkal jelent meg. Az 45. ábrán az első ránézésre szembevető, hogy a vizsgált négy indikátor makrokomponens maximumai más-más észlelőpontban jelentkeztek. Az ammónium és nitrát maximumok eltérő helyei közül az előbbi a frissebb és/vagy intenzívebb beszivárgást jelez, az utóbbi komponens a már oxidálódott (lebontódott) szennyvízfolt helyét jelzi. (Mivel az ammónium az ásott kútban a legmagasabb lehetséges, hogy ide közvetlenül is bejutott a hígrágya.) Az erőteljesen szennyeződő talajvízben az egymástól kb. 100 méterre eső észlelési pontok között az egyes komponensek koncentráció változása igen jelentős, nagyságrendi. Ez is a szennyvíz „forráshelyek” közvetlen helyszíni jellemzője. Távolodva az ingadozás kiegyenlítődik. Ez látható a 13. táblázatból. A vizsgált szennyeződéstől távolabbi – más természetes és mesterséges hatásokkal „rontott” háttéri – vízminőségi területekhez képest a vizsgált makrokomponensek növekedése általában 2-4-szeres, maximum 10-szeres, a hígrágya szikkasztás alatti állapothoz képest. Utóbbi összehasonlítva a kiöntözött hígrágyával szembevető, hogy a mindössze 3 m-es beszivárgás és néhányszor 10 m-es oldal irányú **szivárgás öntisztító, önszűrő hatása** akár több nagyságrendűnek is adódik.



45. ábra

13. táblázat

Komponens		Hígrágya	Alatta	Háttér	Növekedés
					talajvízben
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Össz. old	g/m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> (10 <sup>4</sup> )	700 – 2200	600 – 700	1 – 3-szor
KOI <sub>cr</sub> ill. KOI <sub>ps</sub>		10 <sup>3</sup> (10 <sup>4</sup> )	10 – 60 ill. kb. 5-20	3 – 5	2 – 4-szor
NH <sub>4</sub>		10 <sup>2</sup> – 10 <sup>3</sup>	3 – 0.1	0.2 – 0.5	1 – 10-szer
NO <sub>3</sub>		1	20 – 100	10 – 50	2-szer
SO <sub>4</sub>		100	70 -450	50 – 200	1.5 -2.5-szor
PO <sub>4</sub> (old.)		10 <sup>2</sup> (10 <sup>3</sup> )	0.1 – 0.8	0.05 – 0.2	2 – 4-szer
pH		-	7.5 – 8.5	7.4 – 7.8	6.5 – 7.5

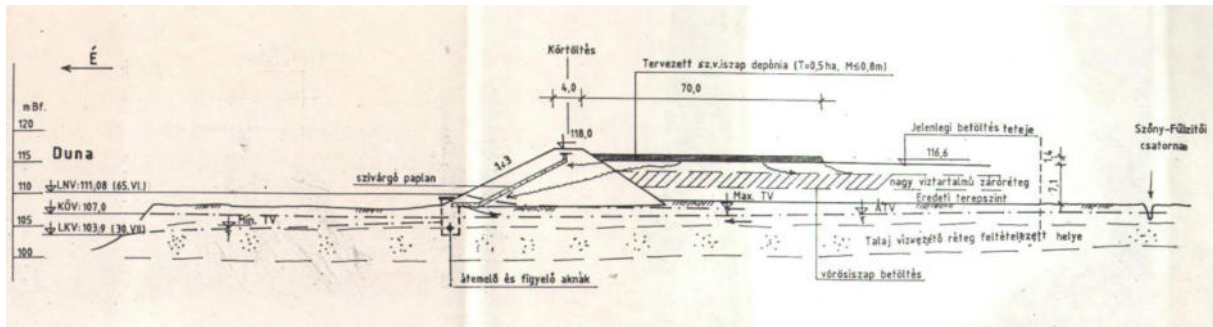
A hígrágyával elárasztott árkoktól távolodva az észlelő helyek erősen szennyezett talajvizében a 14. táblázat szerinti változások követhetőek. A frissen szennyezett anaerob környezet talajvizében magas az ammónium és saját sorához képest alacsony a nitrát oxigén fogyasztás és összoldottanyag tartalom. Ezzel szemben a távolabbi talajvízzónában az oxidáció és mineralizálódás miatt lecsökkent az ammónium (nitrát lett belőle), némileg növekszik az oldott szervesanyag tartalom és jelentősen növekszik az össz oldott sótartalom az önszűrődési akkumuláció (mineralizáció) miatt.

14. táblázat

Szennyezési zóna (forrástól távolodva)	NH <sub>4</sub>	KOICr	NO <sub>3</sub>	Össz.old.
	[g/m <sup>3</sup> ]			
Friss, reduktív	4	8.4	18.8	620
Átmeneti	2.2	26	94	870
	0.19	59	54	1640
Oxidált, mineralizálódott	0.14	37	36	2210
	0.11	55	31	1600
	0.11	50	33	1550
	0.1	46	29	1700

*Jelenség: csökken kissé nő megugrik jelentősen nő! majd csökken*

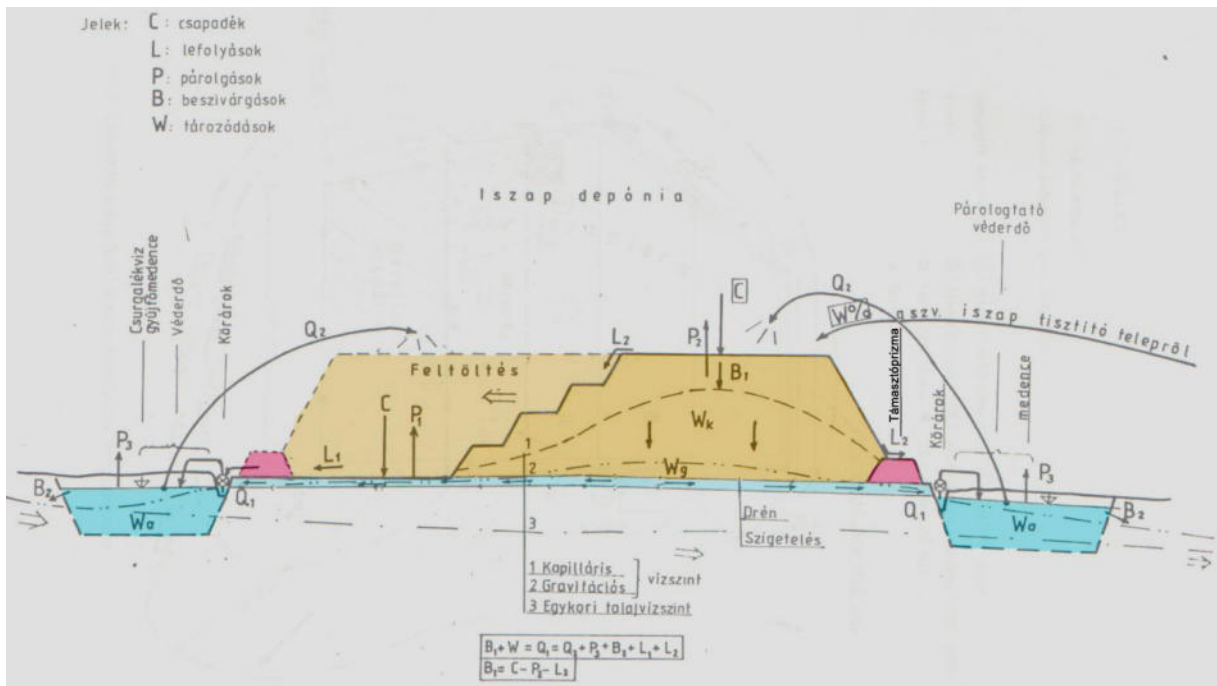
A segédlet írása idején (2010) sajnálatosan aktuális vörösiszap-tározó szennyvízes-hidrogeológiai vonatkozását mutatja be a 46. ábra. A tervezői feladat az volt, hogy a közeli városi szennyvíztisztítóról kikerülő kezelt szennyvíziszappal kell betéríteni a már megtelt és szikkadt, járható felszínű vörösiszap-tározót. A tervezői gyakorlat azt kívánja, hogy egy ilyen részfeladatnál is legalább szemrevételezéssel átvizsgáljuk az egész létesítményt, nehogy egy későbbi műszaki káreseményt ezzel az utólagos művelettel hozzanak összefüggésbe. Ez esetben feltűnt, hogy a kiszáradtnak mondható vörösiszap-tározó töltés külső rézsűjének középmagasságában szivárgásnyomok láthatók (nedves és vízkedvelő növényi foltok, kis rézsű kagylósodások). Körültekintő érdeklődésre kiderült, hogy a közelmúltban végzett ellenőrző fúrások egy olyan több méter vastag középső réteget mutattak ki, amely akadályozza a kiszáradt iszapra hulló csapadék leszivárgását a fekéig. Az ellenőrző drénekből nem szivárgott a víz, az észlelő kutak viszont iszappal voltak feltöltődve. Mindez természetesen nem akadályozhatta a tározó rekultiválását a szennyvíziszappal, de tekintettel ezekre a körülményekre fel kellett hívni a figyelmét az engedélyező hatóságnak. Mellesleg a helyszíni szemle időpontjában szikkadt, teherbíró iszapfelszín nagyobb beszivárgás idején megsüllyedhet a szennyvíziszap terítést végző gépjárművek alatt. Ez is hidrogeológia (ill. geotechnika)!



46. ábra

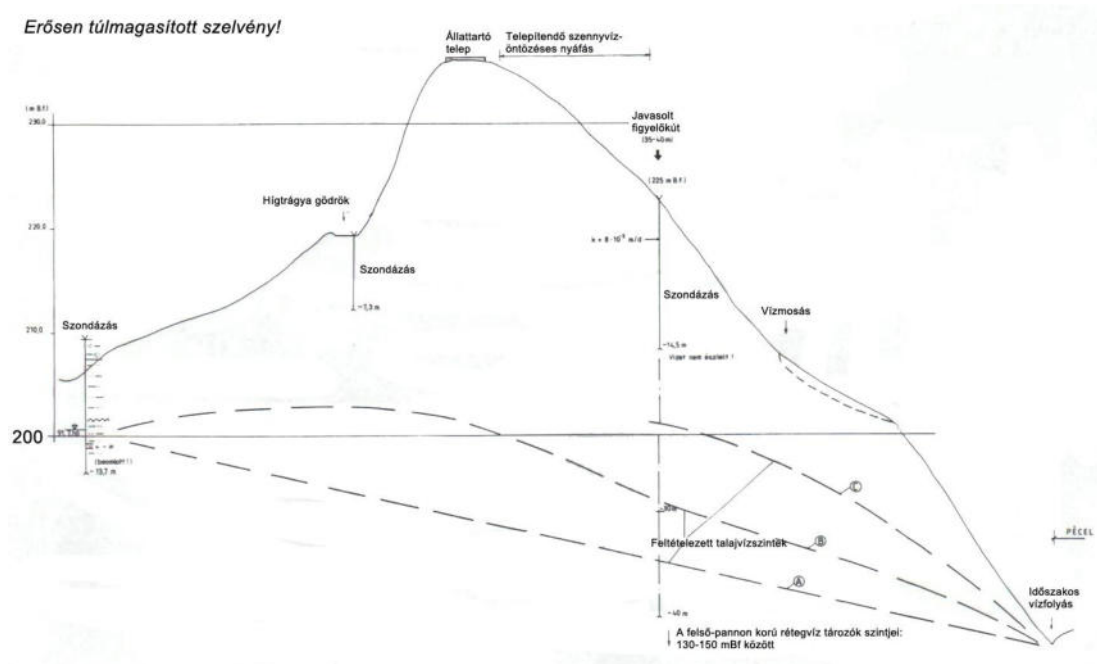
Szennyvíziszap átmeneti elhelyezése, komposztálása sok esetben megoldható felhagyott, vagy még működő városi szilárd hulladék (szemét) lerakón, folytatva a „szeméthegy építését”. Ennek környezeti és technológiai vázlatát mutatja be az 47-48. ábrák, melyekből hidrogeológiai szempontból az utóbbi a lényegesebb, mivel tartalmazza a vízháztartási modell fő elemeit. Ez hasonló a III., V., VII. fejezetbeli ipari esettanulmányokhoz. A lényeg, hogy a főként téli félév végén adódó víztöbbletet átmenetileg tározni kell, majd a nyári félévben nagy párolgást okozó permetezéssel lehet visszaemelni a depónia tetejére. Fontos körülmény, hogy a jelentősebb vastagságú szemételepekhez képest itt még inkább kell számolni a **metántartalmú gázok** keletkezésével, azok kezelésével, hasznosításával!





48. ábra

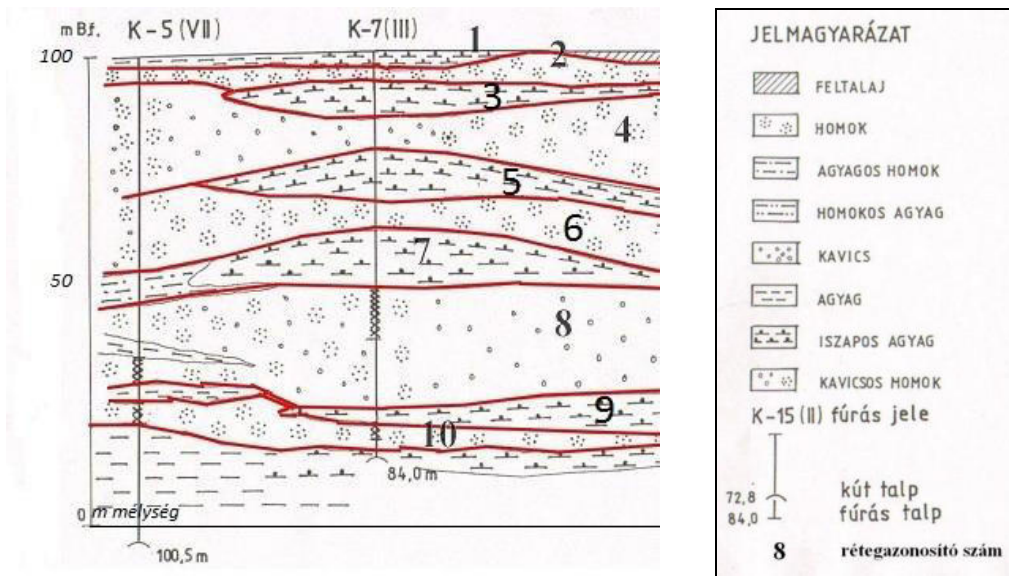
A szennyvízgyártó üzem tervezés (előzetes környezetvédelmi hatástanulmány), vagy az utóellenőrzés (kárelhárítás) egyik hidrogeológiai feladatköre az **észlelő kutak** (monitoring rendszer) telepítése. Dombvidéken gondot jelenthet az első gyakorlati jelentőségű vízvezető réteg mélységének meghatározása, erre vonatkozó fúrási adat hiányában. Ilyen esetben egy-egy dombvonulat két oldalán fakadó források, vizenyős területek (ezeket rejtett talajvíz forrásoknak nevezzük *Dr. Léczfalvy Sándor* nyomán), illetve a kísérő völgy talajvízszintje ad iránymutatást. Erre vonatkozó példát láthatunk a 42. és a 49. ábrán. Az utóbbi vízszintjeinek értékelhetősége a bizonytalanabb, ezért ott három feltételezett megoldás szerepel.



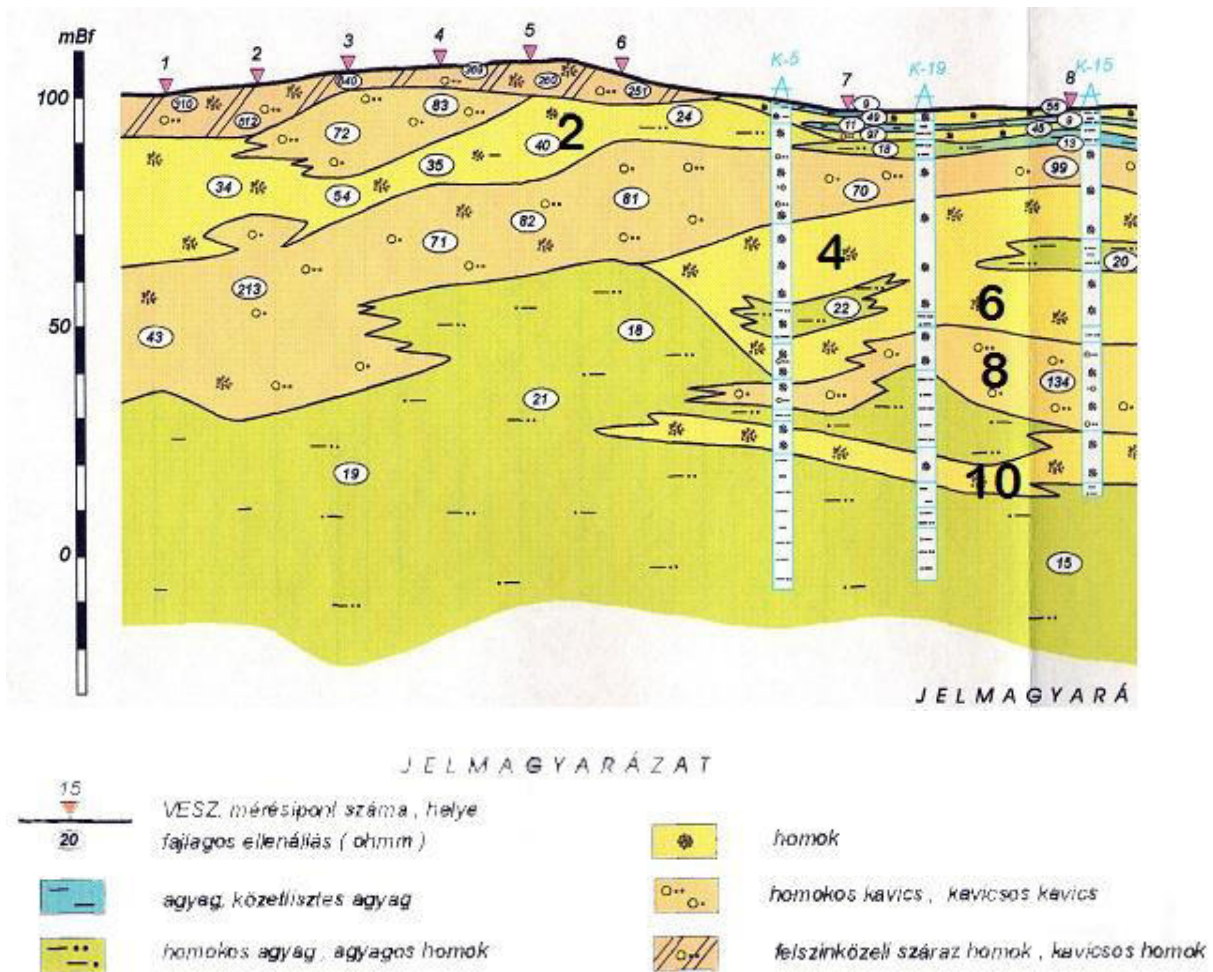
49. ábra

A 60-as, 70-es években még gyakori volt a különféle szennyvíztermelő létesítmények (középület, állattartó telep, mezőgazdasági termelő szövetkezeti melléküzemág) szennyvizének oldómedencés előkezelés utáni **szikkasztása**. Még üzemelő, vagy már felszámolt szikkasztókutak, szikkasztóágyak környezetének hidrogeológiai vizsgálata egyfelől „oldal irányú”, másfelől mélységi kell hogy legyen. Alapvető támpont, hogy a létesítendő észlelőkutak vízmintáinak elsősorban kémiai elemzéséből lehet következtetni az elszikkasztott egykori szennyező komplexum lebomlási, „öntisztulási” mértékére. Ez a szakterület már átnyúlik a vízbázis-védelem vízminőség vizsgálati területére. Ezért itt csak utalunk a I. fejezet idevágó részeire (12. oldal).

Egy nagyon tanulságos és alapos esettanulmány, a Bodrogek köz holocén korú folyóvízi-árvízi talajvíz, sekély rétegvíz tározó összletére épített, eredetileg tudószanatóriumi, később községi oldó aknás, kiemelt szikkasztó-párologtató „paplan” felszámolása utáni kutatás eredménye. (A 60-es évek közepén létesült szikkasztó tervezési előmunkálatát Szerző (ÉVIZIG), a 2010-es utóvizsgálatokat a Geokomplex kft geológus mérnökei végezték. A teleptani képet az 50. ábra fúrásos, valamint az 51. ábra geofizikai szelvénye mutatja.



50. ábra



51. ábra

A szikkasztóba kivezetett napi szennyvízmenyiség 20-30 m<sup>3</sup> közötti volt. A kialakított párologtató-szikkasztó paplan mérete 70x100=7000 m<sup>2</sup>. A viszonylag nagynak tűnő területre a nagyobb téli tározó térfogat miatt volt szükség. Így fajlagosra átszámítva napi 1 m<sup>3</sup> kommunális szennyvízre kb. 250-350 m<sup>2</sup> szikkasztó-párologtató terület esik. A példa esetében a terület bőven rendelkezésre állt, a felhagyott külterületi legelőn. Családi ház, (vagy házak) esetében a napi 1-5 m<sup>3</sup>-nyi szennyvíztisztító rendszer befejező elemét jelentő szikkasztó párologtató felszínét hasznosítani lehet nyersen nem fogyasztható bokros élelmiszerek termesztésére, illetve kiegészíthető a rendszer gyümölcsösbe vezetett időszakosan táplált dréncövekkel. Családi üdülők esetében – tekintettel az uralkodóan nyári félévi használatra – a párologtató ágyazat területe csökkenthető.

A szivárgási tényezők:

fedő rétegben	$k_v=0,14$ m/d, $k_H= 0,7$ m/d,	Anizotrópia
talajvíz vezető rétegekben	0,8                      7,4	15 9

Átlagos nyugalmi vízszint a terepszint alatt 2,5 m, szikkasztási mértékadó emelkedett talajvízszint 1 m. A talajvíz vezető réteg mélységköze 10-25 m között változik, a szelvényekből látható undulációval és lejtéssel. A vízműkutak szűrőzése 30-35 m közötti kavicsos homokban történt („sekély rétegvíz”), amely szivárgási tényezője 2,4-26 m/d közötti. A rétegződési és közethidraulikai adatok erőteljes változékonyságát a fluviális-alluviális üledék összetétel holocén kori (5- 10 ezer éves) lerakódása magyarázza. A pleisztocén üledékek mindig kiegyensúlyozottabb képet mutatnak, úgy sztratigráfiailag, mind granulometriaileg. Figyelemre méltó a fúrési valamint a geofizikai szelvények részben eltérő információtartalma. Közvetlenül a terepszintre épített szikkasztó paplan melletti, illetve távolabbi talajvíz minőség vizsgáló kutak, valamint a mélyebb rétegeket termelő vízmű kutak vízkémiai eredményeit foglalja össze a 15. táblázat.

15. táblázat

Teletípus	Vez.kép.	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Mn	KOI <sub>ps</sub>
	$\mu S/cm$	$g/m^3$						
Szennyv. szik.-nál magasabb talajvíz	1570	114	265	4.5	0.46	0.21	1.1	4.3
mélyebb talajvíz	1510	123	126	1.7	0.46	0.02	0.07	5.5
<b>Szennyv.szik. átl.</b>	<b>1540</b>	<b>118</b>	<b>195</b>	<b>3.1</b>	<b>0.46</b>	<b>0.12</b>	<b>0.6</b>	<b>4.9</b>
Távolabbi magasabb talajvíz	981	45	99	3.7	0.48	0.35	0.47	3.4
Mélyebb talajvíz	867	30	8.7	0.75	1.08	0.35	1.25	4.9
<b>Távolabbi átlag</b>	<b>924</b>	<b>37</b>	<b>54</b>	<b>2.2</b>	<b>0.78</b>	<b>0.35</b>	<b>0.8</b>	<b>4.15</b>
<b>Sekély rétegvíz átl.</b>	<b>750</b>	<b>15</b>	<b>&lt; 5</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>1.5</b>	<b>3</b>	<b>1.3</b>	<b>3.5</b>
Jó minőségű talajvíz	500	20	40	10	0.05	0.5	0.02	1.5

*Megjegyzés:* Az egyes sorokban szereplő teletípusokat feltáró észlelő kutak száma csupán 1-4 db. A számadatok szórása általában 20 – 40 %, de néhány esetben 50 % feletti. Emiatt „átfedések” is előfordulnak a különböző teletípusokra jellemző egyes kémiai paraméterekben. A „magasabb” talajvíz mélysége 3 – 9 m közötti, a „mélyebbé” 13 – 18 m, a „sekély” rétegvízé 25-30 m közötti. A tendencia szembetűnő!

Következtetések:

1. A szennyvíz szikkasztó melletti észlelő kutak vizének összes (fajlagos elektromos vezetőképesség), Cl, SO<sub>4</sub> tartalma jelentősen, az NO<sub>3</sub> és KOI némileg magasabb, mint a távolabbi talajvíz kutakban, sekély rétegvizekben és a jó minőségű talajvizekben.
2. A távolabbi talajvíz kutak vízminősége mérsékelt regionális szennyezettséget mutat.
3. A távolabbi talajvízes, valamint a sekély rétegvizes kutak emelkedett NH<sub>4</sub>, KOI, Fe és főként Mn értékeit a terület fejlődéstörténete (holocén alluviális üledéklerakódás) és a XIX. századi árvízvédelmi rendszer kiépítése előtti tartós elöntésekből visszamaradó morotvák okozzák.

Szennyezés-hidrogeológiai vizsgálatok igénye felmerülhet az *épités hidrológiai* szakágazatban is, ahogyan arra már jelen fejezet elején is mutattunk be példát. Pincevizek eredetvizsgálatánál egyik fontos eszköz a pincében fakadó vizek, vagy csak nedvesedést mutató felületek kémiai vizsgálata. A 16. táblázatban rendszereztük a különböző eredetű pincevizek jellemző kémiai paramétereit, összehasonlítva az eredettel gyanúsítható ivó vízvezetéki, szennyvíz és talajvizekkel.

16. táblázat

	Víz minta származása	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	KOI ps	Vez.kép.	Ö.kem.	pH
		g/m <sup>3</sup>					μS/cm	nk fok	
1.	Friss szennyvízből eredő pincevíz	n.e.		7.3	1.8	<b>14.5</b>	<b>2273</b>	<b>53</b>	<b>12.3</b>
2.	Távolabbi szennyvízből eredő pincevíz	34	<b>384</b>	<b>13</b>	<b>0.7</b>	<b>11</b>		15	<b>6.6</b>
3.	Lebomló szennyvízből eredő pincevíz	<b>70</b>	<b>303</b>			1.9	<b>1162</b>	<b>35</b>	6.9
4.	Szennyvízmentes pincevíz	2.1	68			3.3	598	17	7.1
5.	Szennyezett hálózati ivóvíz	18	<b>250</b>	6.6	0	<b>3.3</b>		17	6.8
6.	Szennyezetlen hálózati ivóvíz	16 - 28	23 - 84	9.6	0	0,5 - 0,8	603	17	7.2
7.	1. és 2.-hoz átszivárgó konyhai szennyvíz	<b>97</b>	33	0.6	<b>1.6</b>	<b>72</b>	<b>883</b>	16	
8.	3.-hoz átszivárgó szennyezett patakvíz	33	<b>196</b>			<b>8.9</b>	<b>870</b>	<b>28</b>	<b>7.6</b>
9.	Közelről szennyeződő talajvíz	15 - <b>120</b>	<b>209 - 573</b>	2,5 - 4,1	<b>0.12</b>	<b>5,3 - 14,4</b>	<b>1694 - 2356</b>	14 - <b>94</b>	<b>6,6 - 7,6</b>
10.	Település széli talajvíz	<b>52</b>	40	0	0			<b>42</b>	6.9
11.	<i>Szivárgó szennyvíz árokban:</i>								
	1988.III.14.	81	287	83	0.46	5.6	887	43	
	IV.7.	n.e.	121	72	0.71	42	2133	30	
	IV.12.	n.e.	168	54	0.24	5.5	885	16	

Magyarázat: n.e. : „nem értékelhető”. **Dőlt, vastaggal** kiemelve: kommunális szennyeződést erőteljesen jelző értékek.

Következtetések:

1. A pincevizek mindég „szennyezettebbek”, mint a hálózati ivóvíz, még akkor is, ha onnan erednek, a szivárgási úton a talajból és az építményből felvett anyagok miatt
2. A magasabb oxigén fogyasztás és ammónium értékek közelebbi „szennyvízforrást” jeleznek.
3. A klorid „eltűnése” a szivárgási útban lévő szervesanyag adszorpciójával magyarázható.
4. A szennyvíz átszivárgás megszüntetése után a tározódott talajvíz elsősorban szulfát és összó tartalma még hónapokig magas marad, ami a pincevízben is jelentkezik.
5. A 11. sorban bemutatott idősor első dátuma után a konyhai mosószeres szennyvíz szivárgást megszüntették. Ennek hatása erősen jelentkezett a Cl tartalom csökkenésében, de mutatkozott az NO<sub>3</sub>, összó (vez.kép) és összkeménység értékeknél is, és egy nagyságrendi kiugrással az oxigén fogyasztási értékeknél. Utóbbiakat valószínűleg a szennyvíz forrás és az előntött árok között a lassú szivárgással kialakult szennyező anyag anomáliák („gócok”) lassú elmozdulása okozta.

Egy belvárosi lakóépület pincefal károsodását vizsgáltuk vakolat, ill. csupasszá vált téglafelület „kaporékok” két komponensű elemzésével. Az eredményt a 17. táblázat foglalja össze.

17. táblázat

Padló felett (m)	SO <sub>4</sub> g/kg	Cl mg/kg	Nedvesség súly %
0.1	<b>15.04</b>	3.96	4.18
0.3	11.36	4.39	10.47
2	9.31	5.14	2.94
2.3	8.35	<b>6.43</b>	3.29

Az 5. képen látható a pince, utca felőli alapfalának erős átázásos mállása, amely tetejéről származnak a leginkább kloridos, aljáról a leginkább szulfátos vakolatminták. A 6. képen látható, hogy a munkagödört előntötte a természetes talajvízszint felett több méterrel magasabban vezetett csapadék csatorna vize.

Következtetések:

1. A pincefal vakolatában, a padló felé rohamosan növekvő szulfát tartalmat a közelben haladó szennyvíz csatorna sok évtizedes szivárgásából kapillárisan és diffúzióval „felkapaszkodott” szennyezés okozza.
2. A klorid tartalom, előbbivel ellentétes irányú, fölfelé növekedését a pince melletti járda téli sózása magyarázza.
3. A szennyvíz eredetű pince károsodások okát tehát nemcsak a beszivárgó víz, hanem a vakolat kémiai elemzésével is vizsgálhatjuk.



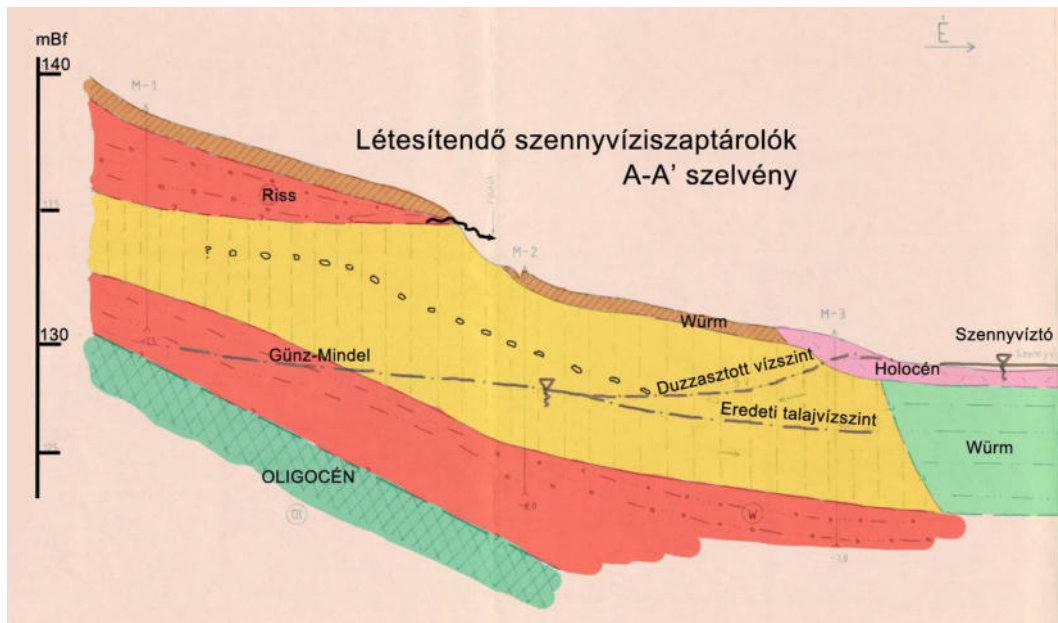
*5. kép*

A pincefalak ilyen eredetű gyengülése a szomszédos telkeken később végzett mélygarázsépítések során okozhat épületkárosodást. (Budapest, Ó utca)



6. kép

Dombvidéki területen a szennyvíz származékok tárolására morfológiailag alkalmasabb völgytalpak sok esetben nem jöhetnek számításba azok belvizes, árvizes veszélyeztetettsége, valamint beépítettsége miatt. A domboldalak, kisebb lejtésű lábán történő elhelyezés azonban igen gondos hidrogeológiai és geotechnikai vizsgálatokat igényelnek. Az 52. ábrán bemutatott rétegszelvényű domblábi területen kadmiumos szennyvíziszap elhelyezésére alkalmas föld-kazettarendszert alakítottak ki a kilencvenes években, amely azóta is jól működik a szakszerű tervezés és kivitelezés eredményeként. Mint sok esetben, most is kevés idő és pénz áll rendelkezésre, ezért a hidrogeológiai-, geotechnikai előmunkálatokat a már meglévő fúrások és geomorfológiai bejárás alapján kellett elvégezni. A kétféle információ bázis összedolgozásában nagy szerepe volt a fejlődéstörténeti, ősföldrajzi megfontolásoknak és a terület környezetére is kiterjedő antropogén hatásoknak (kertészkedés, földút, domblábi feltöltések). Láthatóan a kevés kiinduló adat ellenére egy viszonylag bonyolultabb, a valóságot jól megközelítő rétegszelvényt lehetett szerkeszteni, ami a jelmagyarázatból is kitűnik. Az előmunkálati javaslat szerint a földmedencéket felső övárokkal, külső szigeteléssel, fenék alatti két szintes drénezéssel kellett megépíteni



## Jelmagyarázat

Hidrogeológiai közet értelmezés:

	Részben antropogén laza, szerves feltöltés $k_f$ [m/d]	
	Humuszos agyagos feltalaj	$5 \times 10^{-1}$
	Lösz jellegű agyag	$10^{-2}$
	Homokos agyag	$10^{-2}$
	Agyagos homok (talajvíz vezető)	1-10
	Kavicsos homokos agyag v. agyagos kavicsos homok (talajvíz vezető)	1-10 <sup>-1</sup>
	Mész gumos szint v. kavics zsinór	10 <sup>-1</sup>
	Kemény homokos agyagos alapkőzet mállott kérgé	10 <sup>-1</sup>

Földtani kor

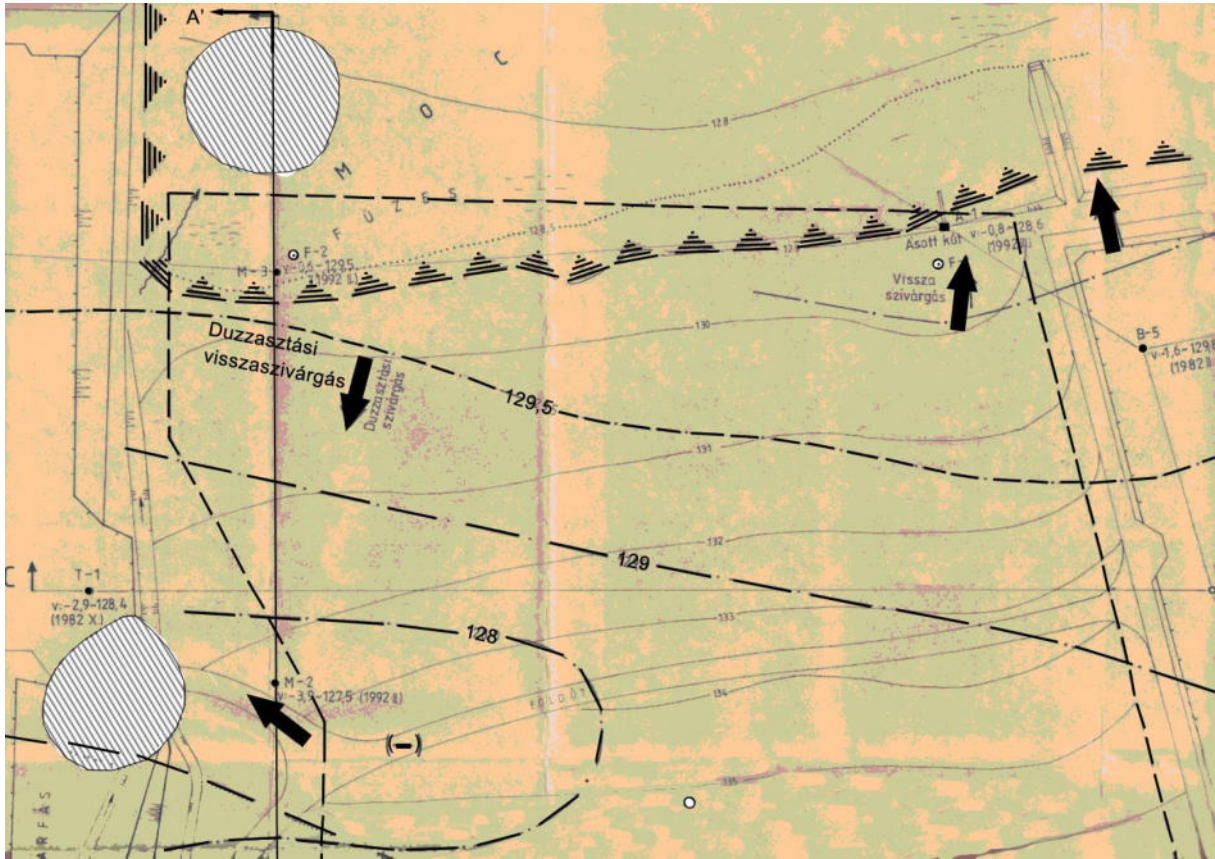
(H)	Holocén	} Pleisztocén
(W)	Würm	
(R)	Riss	
(Ol)	Oligocén	

Hidrológiai jelek

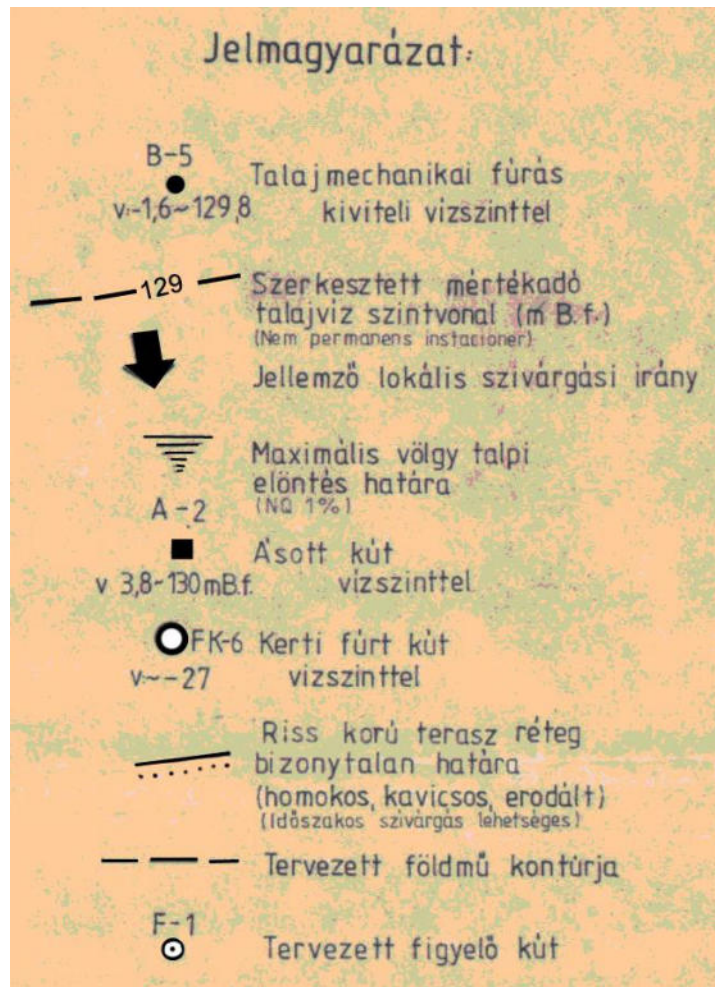
	Duzzasztott	} talajvízszint
	Eredeti	
	Szivárgási irány	

52. ábra

Az 53. ábra térképrészletéből kitűnik a domblábnál „ellenáramlásos” talajvíz szivárgási kép. A bal felső sarokban látható „összefüggő vízállás”, a meglévő egyszerű földszerkezetű szennyvíztároló szivárgásáról árulkodik. Különösen veszélyesek azok amikor a völgytalpon belvízi elöntés, vagy árvízi talajvízszint emelkedés miatt a szivárgási irány visszafordulhat a domb felé. Összességében a bemutatott két ábra jó példa arra, hogy viszonylag kevés feltérési adatból, de geológus módjára: „ésszel és kalapáccsal” (Mente et Malleo), milyen széles körű műszaki földtani képet lehet felvázolni!

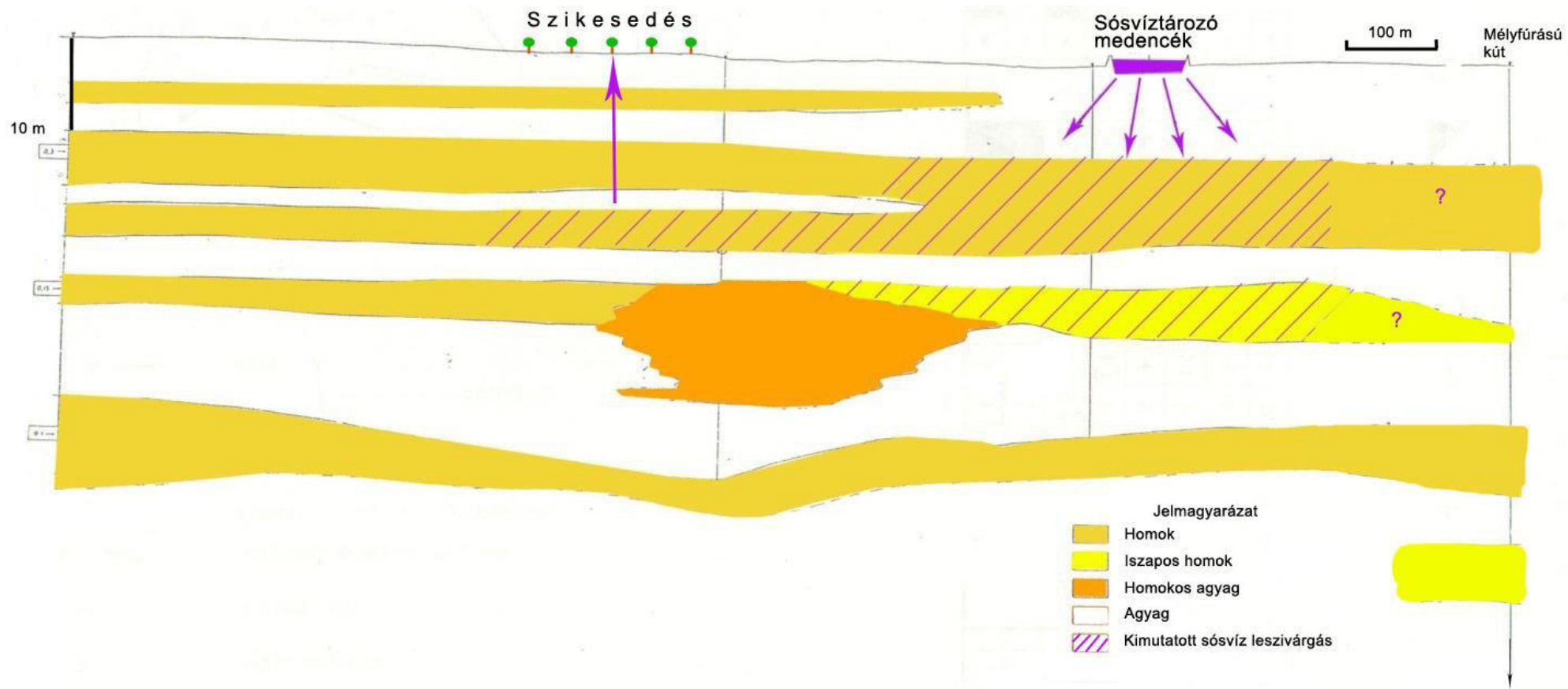


53/a. ábra

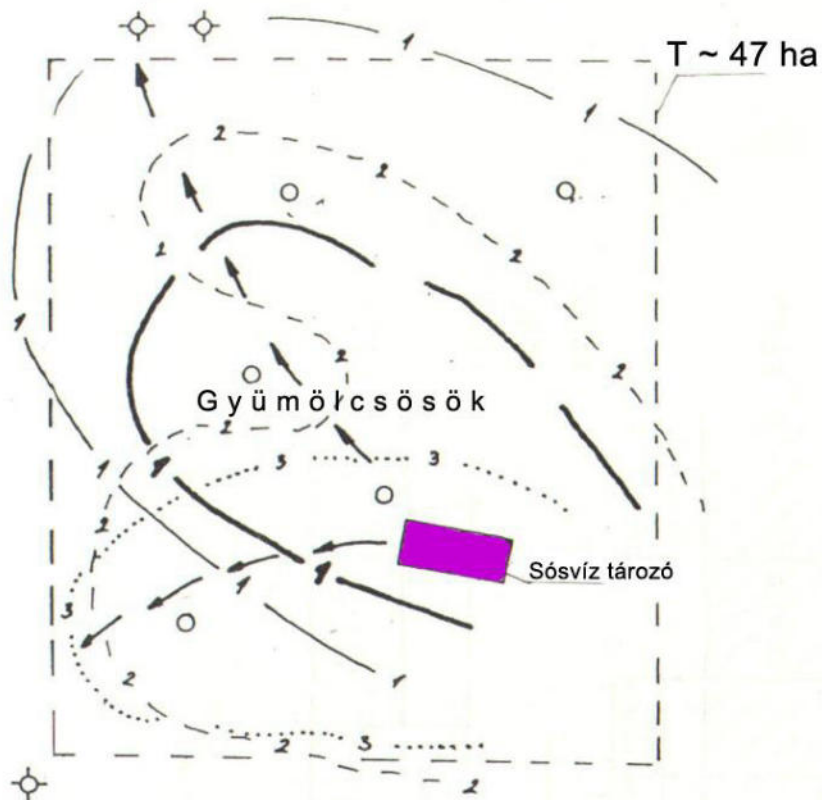


53/b. ábra

A Magyar Alföld egyik sajátos (egyelőre nem kellő súllyal vizsgált) hidrogeológiai környezetszennyezési témaköre az olajtermeléssel felszínre kerülő óriási volumenű sós víz tömeg egyszerű földmedencés felszíni tározásának következményei. Az 54. ábra egy olyan Dél-alföldi esetet mutat be, amikor a kb. 40 m mélységig leszivárgó sós víz az agyagos feké miatt oldal irányba vándorol, majd 1 km-el távolabb a nátriumklorid fölfelé migrál a szikesedés törvénye szerint, minek következtében az itteni nagy almaültetvények tönkrementek. Az oldal irányú hidraulikus + diffúziós transzport a lefelé növekvő nyomásnak megfelelően egy mélyebb rétegben terjed legtávolabba, mivel az alatt következő homok rétegben az oldal irányú szivárgást egy agyaglencse akadályozta, amely egy holocén mederfeltöltődés „emléke”. A sós vízű szétszivárgás rétegenkénti hatását az 55. ábra mutatja. A jellemző áramlási irányokat valószínűleg a regionális talajvíz áramlási kép és a medence felőli víznyomás szuperpozíciója, valamint esetleg az ösföldrajzi eseménysorból visszamaradt elhúzódóan települő fluviális üledékek generálták. (A vizsgálat számítóképes transzportmodellezése megtalálható Dr. Kovács Balázs miskolci egyetemi oktatási anyagában.)

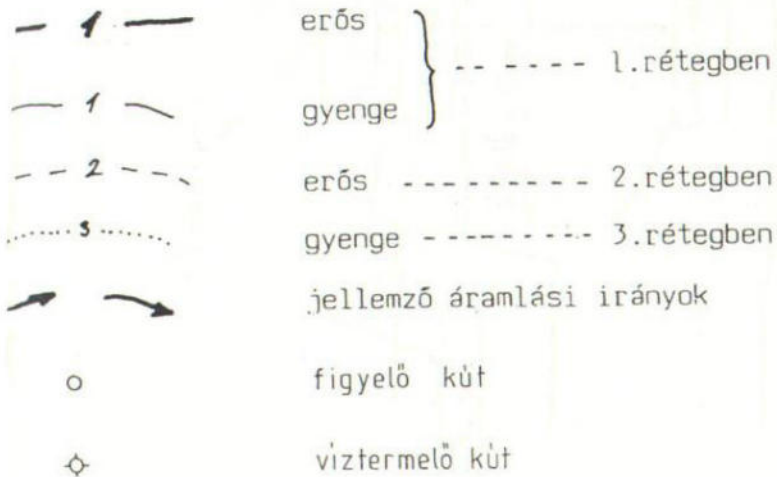


53. ábra



Jelmagyarázat

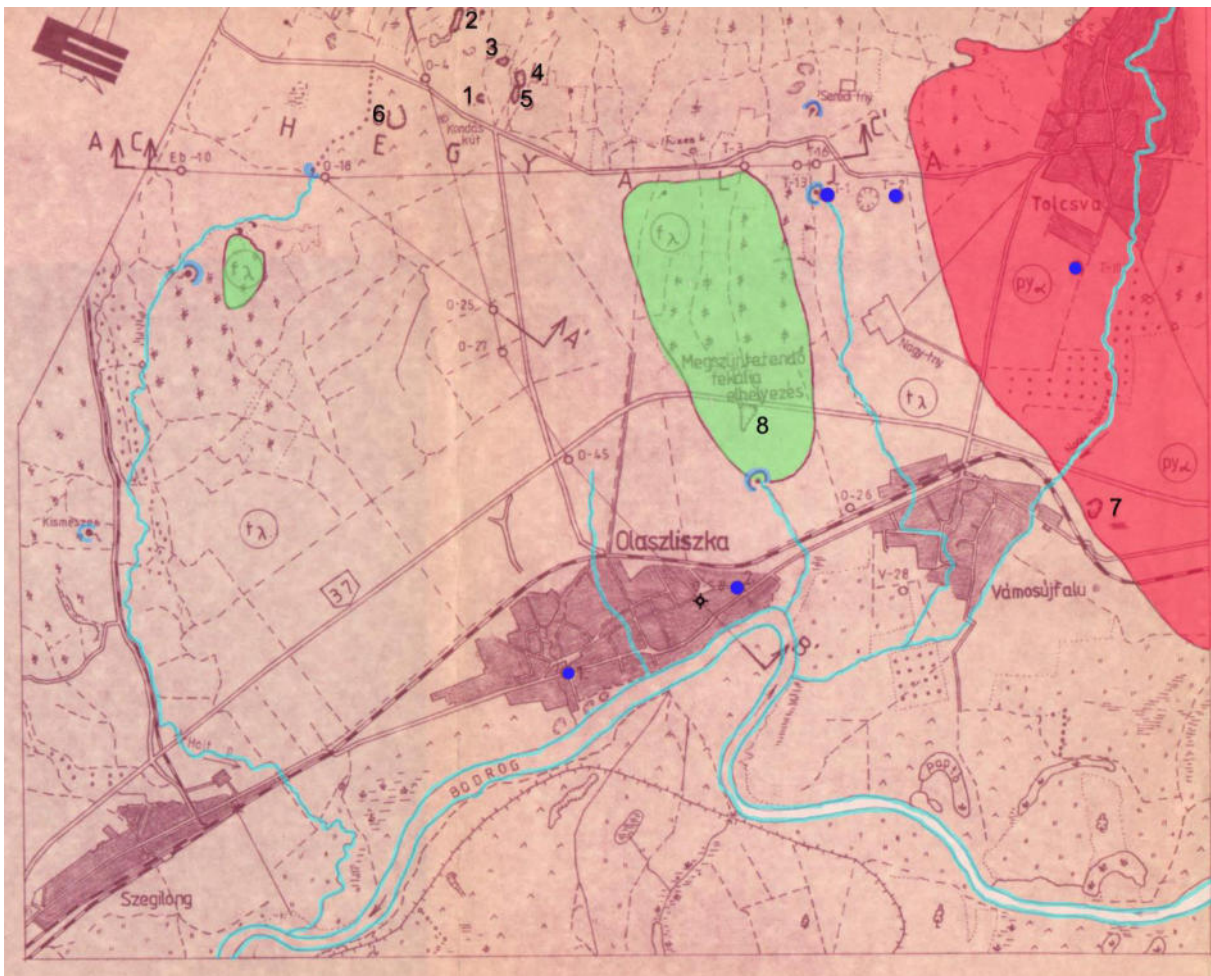
A Cl<sup>-</sup>-szennyeződés:



54. ábra

A közelmúlt évtizedeiben még szokás volt, hogy „sziklás” alapközetű domb (hegy)vidékeken az összegyűjtött és lebomlásnak indult kommunális, állattartási, esetleg kisüzemi szennyvizeket felhagyott bányagödrökben helyezték el véglegesen. Így napjainkban is előfordul, hogy ilyen – mára már többnyire felhagyott – szennyvíz gyűjtő bányagödrök környezeti hatását kell vizsgálni hidrogeológiai szempontból is. Kiinduló adatként az ilyen területekről bőséges geológiai térképezési és fúrásos információ áll rendelkezésre, elsősorban

a Magyar Állami Földtani Intézet Térképtárában, Központi Könyvtárában, valamint a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Földtani Adattárában. Ezt az archiv adatbázist első lépésben helyszíni geológiai bejárással kell kiegészíteni, és ha a pénzügyi és idő feltételek lehetővé teszik: fúrásos, kutatógödrös feltárásokkal, szikkasztási (nyeletési) próbákkal. Egy ilyen alapadat térképét mutat be az 55. ábra. Látható, hogy a terület hidrogeológiailag nagyon szennyezés érzékeny a természetes források és a mikrotektonikai kép miatt, ugyanis az uralkodóan tufa alapkőzetű terület egykoron áttörő rideg vulkáni, utóvulkáni kőzetek konszolidációs törései igen jó (szenny)vízvezetők. A tufában végzett sekélyfúrásos nyeletési vizsgálatok a **tufa szivárgási tényezőjét  $10^{-2}$  m/nap** nagyságrendűnek mutatták a felszíni repedezett oxidációs kéreg alatti mélységben. Figyelembe kell venni a területen működő víztermelő kutak hidrogeológiai környezetét is.



55/a. ábra

Jelmagyarázat	
$t_{\lambda}$	Áthalmozott riolittufa
$f_{\lambda}$	Szürkesávós, fluidális riolit habláva
$py_{\alpha}$	Savanyú piroxénandezit
$\mathcal{Q}$	Szerkezeti forrás
$\oplus$	01-58 terepszint fölé kifolyó vizű fúrás
$\text{☉} 2$	Megvizsgált bányagödör
$A \nearrow$	Földtani szelvény iránya
$\odot$	Fúrt kút / vízmű /

55/b. ábra

A SZENNYVIZEK HIDROGEOLOGIÁJA a bemutatott vízszennyezési példák mellett, sok esetben **geotechnikai** szakterületet is érint, különösen folyók melletti szennyvíztisztító telepi műtárgyak mélyítésénél árvízi időszakokban. Szerző mérnöki praxisában ilyen kiemelkedő események voltak 1974 októberében a miskolci Sajó-parti szennyvíztisztító munkagödörénél, 1986-ban az edelényi szennyvíztisztító földmedencés műtárgyánál, és 2000 Húsvétján a Szeged-gyálaréti, már szerkezetkész szennyvíztisztító telep árvízdelelménél.

# Utószó

A műszaki földtudományok egyre nagyobb jelentőségű ága a hidrogeológia. Korábban, az előző évtizedekben a különböző célú vízbeszerzések, valamint a bányavíz veszély elhárítása jelentették a fő feladatot. A 90's évektől egyre nagyobb igény jelentkezik az antropogén szennyeződések felszín alatti követésére. Ennek kiemelt területei:

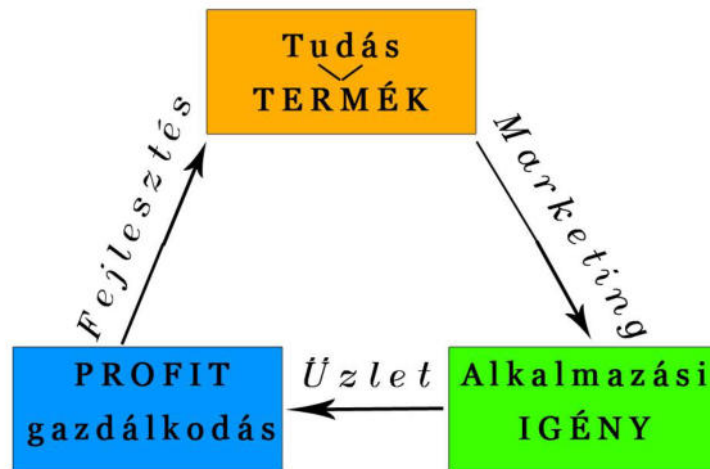
- a vízbázis védelem,
- a folyók, holtágak és tavak felőli,
- az ipari és települési szennyvíz elhelyezések, hulladéklerakó telepek körüli és
- a mező(erdő)gazdasági célú szennyvízhasznosítások miatti kutatások.

Az oktatási segédletnek szánt anyagunk, néhány évtized távlatából megmaradt, túlnyomórészt Szerző irányításával készült anyagok segítségével mutat be nagy számú ipari példát. Ezzel ilyen feladatok megoldására kívánjuk lelkesíteni a tanulmányaikat végző, vagy már végzett fiatal szakembereket.

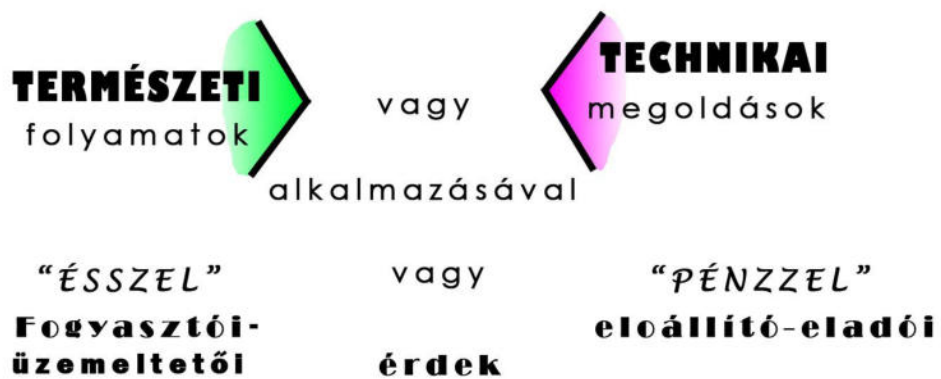
**A szennyvíz energia és tápanyaghordozó!** Ilyen szemlélettel a jelen munka egy új **hidrogeológiai terméket** kínál. A félszáz eset bemutatása igen rövid szöveges ismertetéssel történt. A bővebb részletek megtalálhatók a következőkben felsorolt szakirodalomban, amely egy része a Magyar Geológiai és Geofizikai Intézet Könyvtárában (Bp. XIV. Stefánia út 14.), mások a Környezetvédelmi és Vízügyi Könyvtárban (Bp. V. Alkotmány u. 27.).

Ne féljenek ettől a kihívástól: a szennyvizek kutatása is van olyan szép feladat, mint a „tiszta” vizeké! Ehhez kíván a szerző

Jó szerencsét!



Egy társadalmi **IGÉNY** kielégítése lehetséges



Példák: Kommunális szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása /Veszélyes hulladék

Karsztvízbázis vízgyűjtőjén szennyvíztisztítás /Vízműnél tisztító rendszer

Élelmiszeripari szennyvizek természetközeli hasznosítása /Technikai kezelés elszállítás

## A bemutatott esetek szakirodalma

1. - Szlabóczky P., (1964): Vízmű telepítési lehetőségek a Mályi tó környékén. *VIZEINK*. 5. sz. *ÉVIZIG Miskolc* (Szerző diplomaterve nyomán)
2. - Szlabóczky P. – Dr. Takács Sándor – Dr. Mauritz Gyula - Vukovich Ferenc - (1982): A nitrát tartalmú műtrágyázás vízszennyező hatása a Hernád-völgy környezetében. *MHT III. Országos Vándorgyűlés Debrecen*.
3. - Szlabóczky P. – Dr. Takács Sándor - Vukovich Ferenc - Dr. Mauritz Gyula – (1983): A talajvíz nitrátosodás üteme és okai, Borsod-megyei példákon. *A Földalatti Vizek Nitrátos Elszennyeződésének Megelőzése ankét. jan.18. Budapest MHT. Hidrogeológiai Szakosztály. (MÁFI Könyvtár Lsz. 104.692)*
4. - Szlabóczky P. – B.-A.-Z. m. Tanács, ÉVIZIG, B.-A.-Z. m. Vízművek, ÉRVV, Miskolc Városi Tanács, KEVITERV – (1985): 7. sz. melléklet: Csatornázatlan települések, vagy új településrészek szennyvizeinek kezelése és elhelyezése. Szikkasztásra igénybe vehető területek. In: BAZ megyei települések szennyvízelvezetésének és tisztításának távlati terve. *B.-A.-Z. m. Tanács Építési és Vízügyi osztály. Miskolc. (HOM Könyvtár Lsz. 54.213))*
5. - Szlabóczky P. (1987): A parti szűrésű zóna átfogó értékelése a Sajó-Hernád völgyi kutatások alapján. *VÍZEINK* 25. 1. sz.
6. - Szlabóczky P. - Tóth István (1987): Ipari környezet vízszennyező hatása. *MHT VII. Nyíregyháza*.
7. - Szlabóczky P. (1987): A Sajólád környéki vízkivételek védelmének kutatási és tervezési tapasztalatai. Felszín alatti vizeink gondozása I. *Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató* 161.
8. - Szlabóczky P. (1991): Közüzemi vízellátást követő talajvízszint emelkedések vízháztartási vizsgálata. *Borsodi Műszaki Élet* 3. sz.
9. - Szlabóczky P. - Takács Sándor - Tatár Albert - Vukovich Ferenc - Tóth István (1991): Mikroelem – toxikus nehézfém- szennyezők a Sajó-Hernád völgyi talajvizekben. *Hidr. Közl.* 71. 6. sz.
10. - Szlabóczky P. (1992): Közüzemi vízellátást követő talajvízszint emelkedések vízháztartási vizsgálata. *Mérnökgeo. Szemle* 40.
11. - Szlabóczky P. (1993): Szerkesztési és számítási segédlet ivóvíz bázisok hidrogeológiai tervezéséhez: 4. Karszt-, és hasadékvizek. 5. Vízminőség előrejelzések *OVF-VITUKI Budapest (MÁFI Könyvtár Lsz. 104.693)*
12. - Szlabóczky P. - Csaba Levente (1993): Szennyvíziszap érlelő telepek, komposzt telepek környezetének talaj és vízvédelme. *MHT XI. Országos Vándorgyűlés Szombathely. (Vízügyi Könyvtár C12790)*
13. - Szlabóczky P. - Bartha Gábor - Csaba Levente (1994): Kezelt szennyvíz mezőgazdasági hasznosításának lehetőségei Szigligettől Balatonakaliig *MHT XII. Országos Vándorgyűlés Siófok. (Vízügyi Könyvtár C12937/2)*
14. - Szlabóczky P. - Dr. Stehlik J. - Dr. Csaba L. - Szőkéné Dr. Galambosi Márta: Szennyvizek újrahasznosítása. A kezelt szennyvizek hasznosítási lehetőségei. Szennyvíziszapok hasznosítási lehetőségei. K+F 1276/OVF Budapest
15. - Szlabóczky P. - (1995): Földalatti vízszennyezések adatainak összefoglalása. *II. Konf. a Felszínalatti Vizekről Siófok*.
16. - Szlabóczky P. – Dr. Csaba Levente - Szőkéné Dr. Galambosi Márta (1995): Települési szennyvízszármazékok elhelyezésének, hasznosításának területi adottságai Magyarországon. *MHT XIII. Országos Vándorgyűlés Baja. (Vízügyi Könyvtár C12966/2)*

17. - Szlabóczky P. (1996): Kapilláris kondenzációt hasznosító szárító drén alkalmazása földszintes épületeknél. *Geotechnika '96 Konferencia Ráckeve.*
18. - Szlabóczky P. - Csaba Levente (1996): Söripari előtisztított szennyvíz elhelyezésének lagunás megoldása. *MHT A víz és a vízi környezetvédelem a Kárpát- Medencében Eger. (Vízügyi Könyvtár C13193/2)*
19. - Szlabóczky P. - Dr. Csaba Levente (1999): Szennyvízöntözés lehetősége Magyarországon, és a szomorú valóság *MHT XVII. Orsz. Vándorgyűlés, Miskolc.*
20. - Szlabóczky P. (2008): A Keleti-Bükk preventív vízminőségvédelmi igényei. (Szennyvízgazdálkodási ötletek mérnöki vállalkozások számára!) *MHT Orsz. Vándorgyűlés XXVI. Orsz. Vándorgyűlés, Miskolc.*
21. - Szlabóczky P. (2008): A Keleti Bükk vízminőségének védelméért. *Zöld Szemmel 3. sz. Ökológiai Intézet Miskolc.*
22. - Szlabóczky P. (2008): A szennyezett csapadékvizek hatása a miskolci karsztvízbázisokra. *XV. Konferencia a Felszínalatti Vizekről, Balatonfüred.*
23. - Szlabóczky P. (2010): A 2006 pünkösdi miskolci karsztvíz szennyezés hidrológiai jelentősége. *Hidr. Táj.*

# **HIDROGEOOLÓGIAI TELEPTAN**

**Szakirodalomból átvett, valamint saját ipari és  
tudományos ábrák szemelvénye**

# **A TELEPTANI KÉP MODELL- ALKOTÁSI JELENTŐSÉGE**

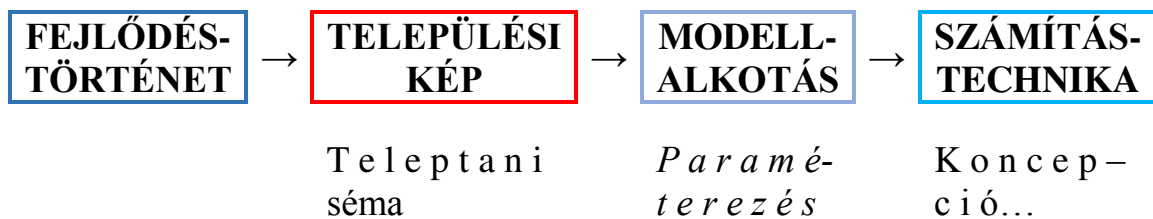
**Szlabóczky Pál**

**Pro Aqua díjas geomérnök**

**MESTERKÉPZŐ ELŐADÁS  
VETÍTÉSI ANYAGA**

**Miskolci Egyetem,  
Műszaki Földtudományi Kar,  
Környezetgazdálkodási Intézet,  
Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék**

**2010. március**



*Séma:* „Valaminek a fő vonásait feltüntető **vázlatos rajz**”  
(Magyar Értelmező Kiszótár. 1972)

*Modell:* „Bonyolult fizikai rendszerek egyszerűsített, ... idealizált... **matematikai leírása**”  
(Természettudományi Lexikon 1979)

A „teleptan” különböző értelmezései:

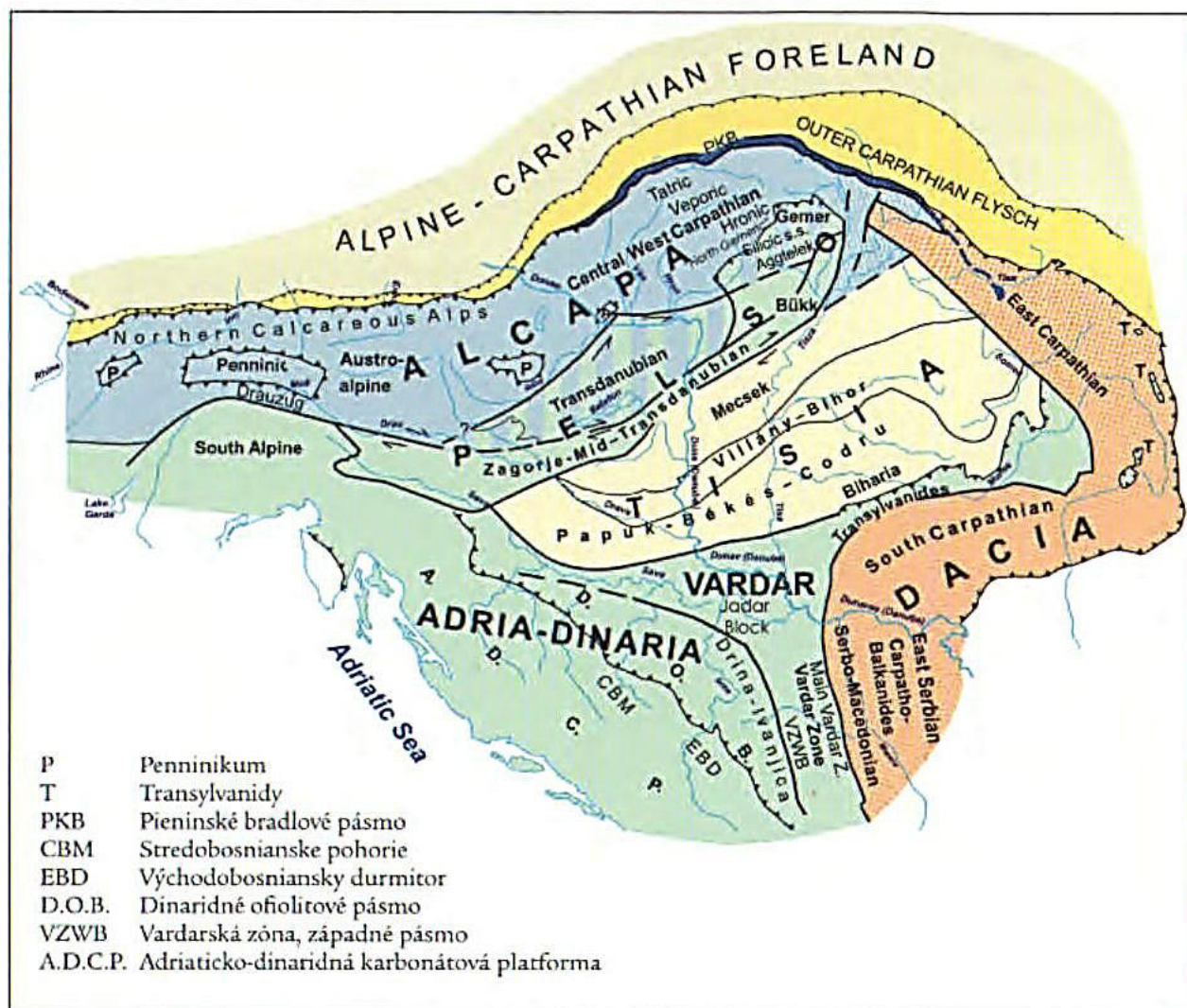
- *Sztratigráfiai*... üledékes kőzeteknél
- **Általános: lithológiai, tektonikai** (*jelen esetben!*)
- *Ökonómiai*: bányászatban
- *Rezervoármechanikai*: fluidum bányászatban  
(lásd: Juhász J.: Hidrogeológia)

A hazai **ipari gyakorlatban** sokszor szereplő, általános teleptani típusok csoportosítása:

- MÉLYSZERKEZETI, medence aljzati...  
(általában paleo-mezozoós, eocén)
- KARSZTOS hegységi, mélységi...  
(általában új paleozoós, mezozoós, eocén)
- MAGMATIKUS (metamorf) hegységi, mélységi...  
(általában miocén és idősebb)
- MEDENCE üledékek  
(általában neogén)
- FOLYÓVÍZI törmelékkúpok, teraszok, hegyközi medencék  
(általában pleisztocén)
- LEJTŐ üledékek (dombvidéki) (általában kvarter)

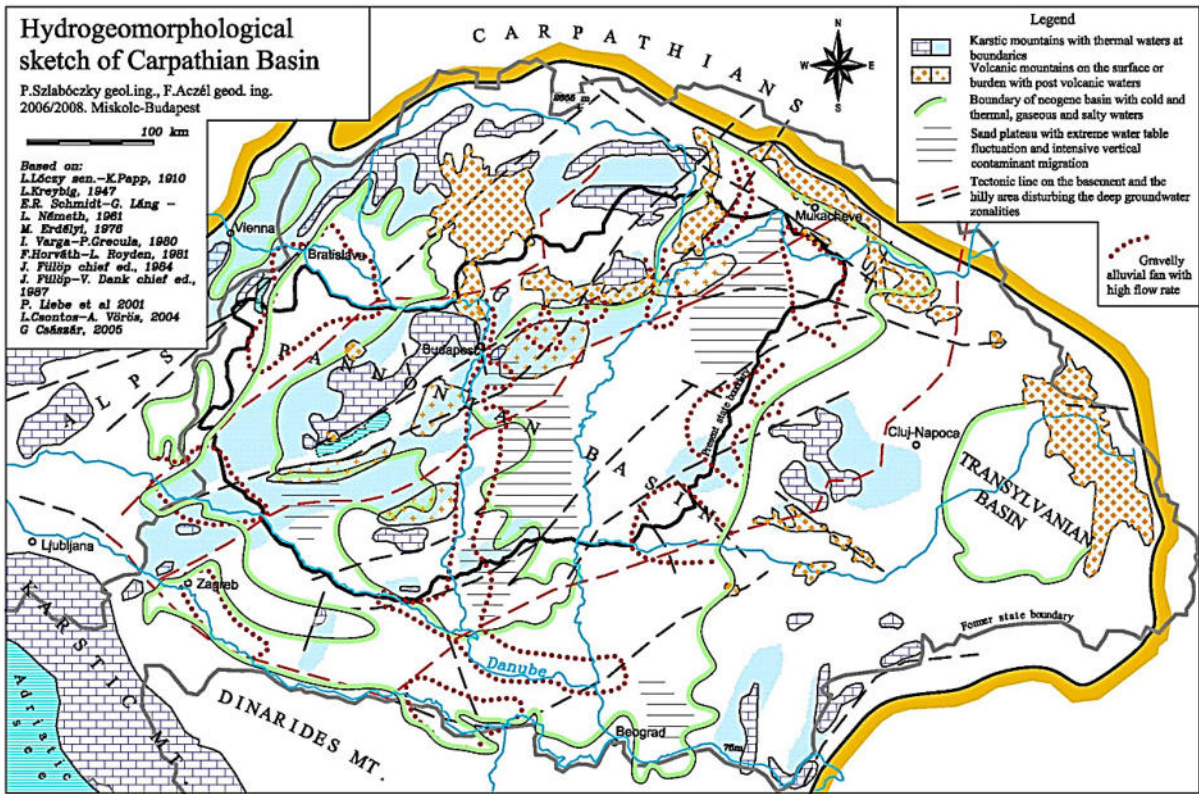
**I. MÉLYSZERKEZETI,  
medence aljzati  
teleptani példák**

## Lemeztektonikai fejlődés eredménye



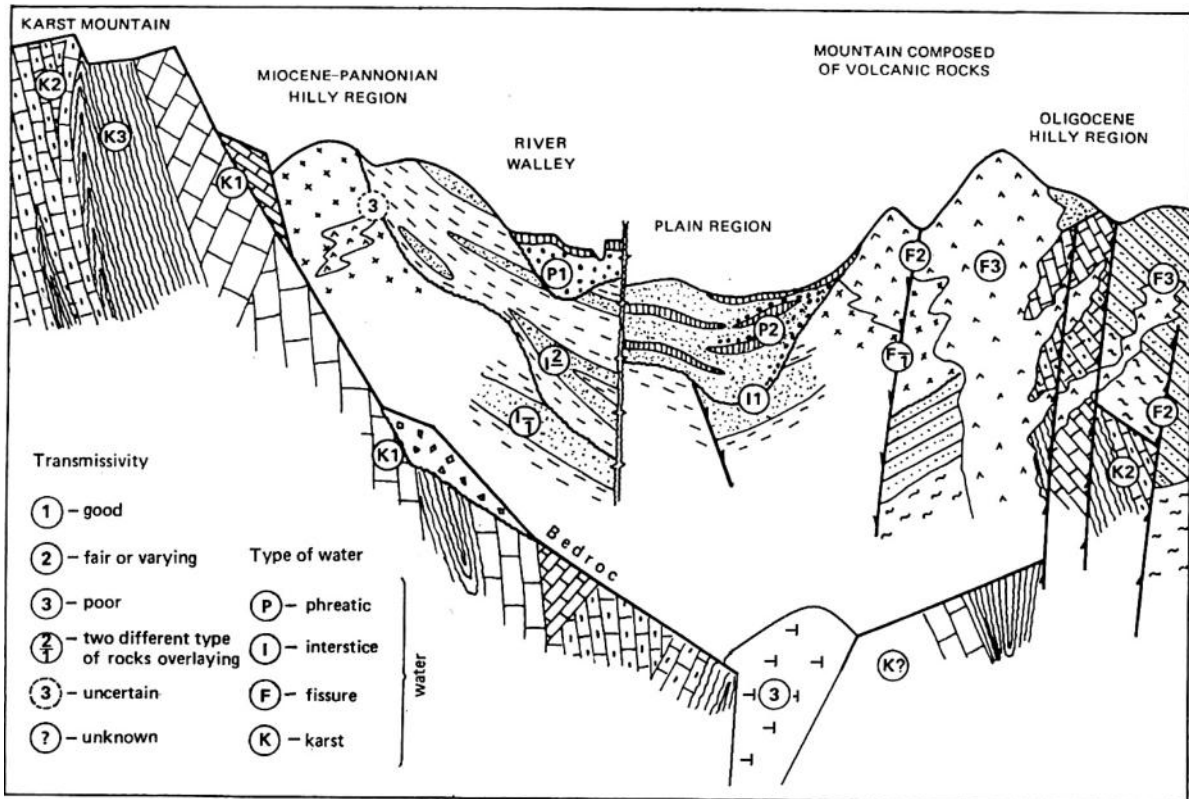
1. ábra

## Teleptani főegységek hidrogeomorfológiai vázlatja



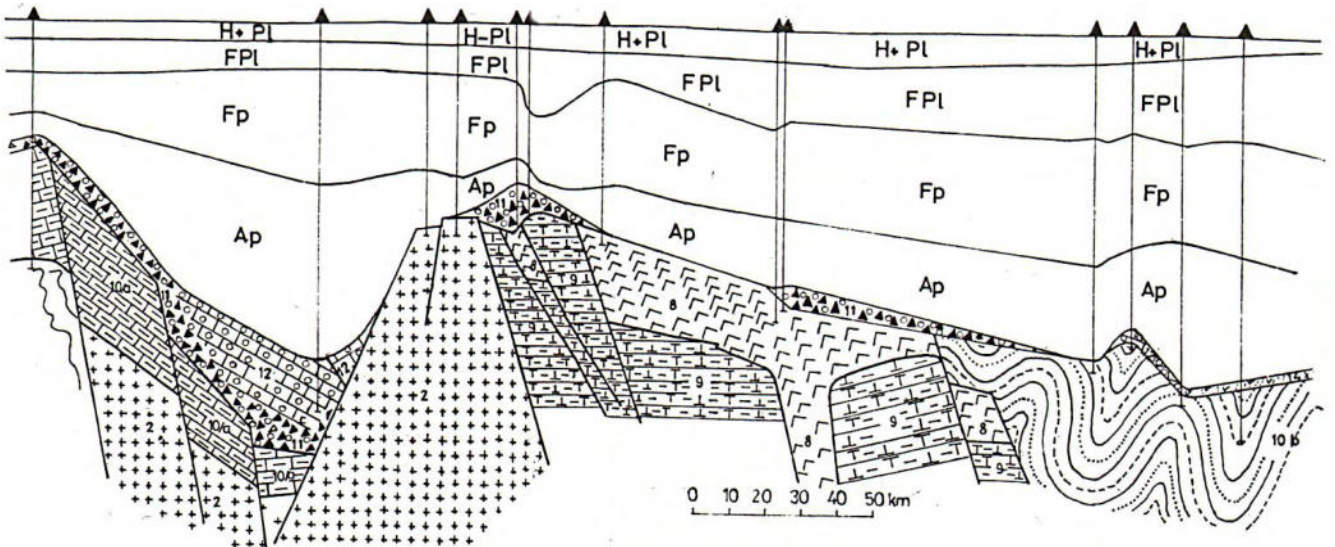
2. ábra

## Fő teleptani egységek idealizált szelvénye



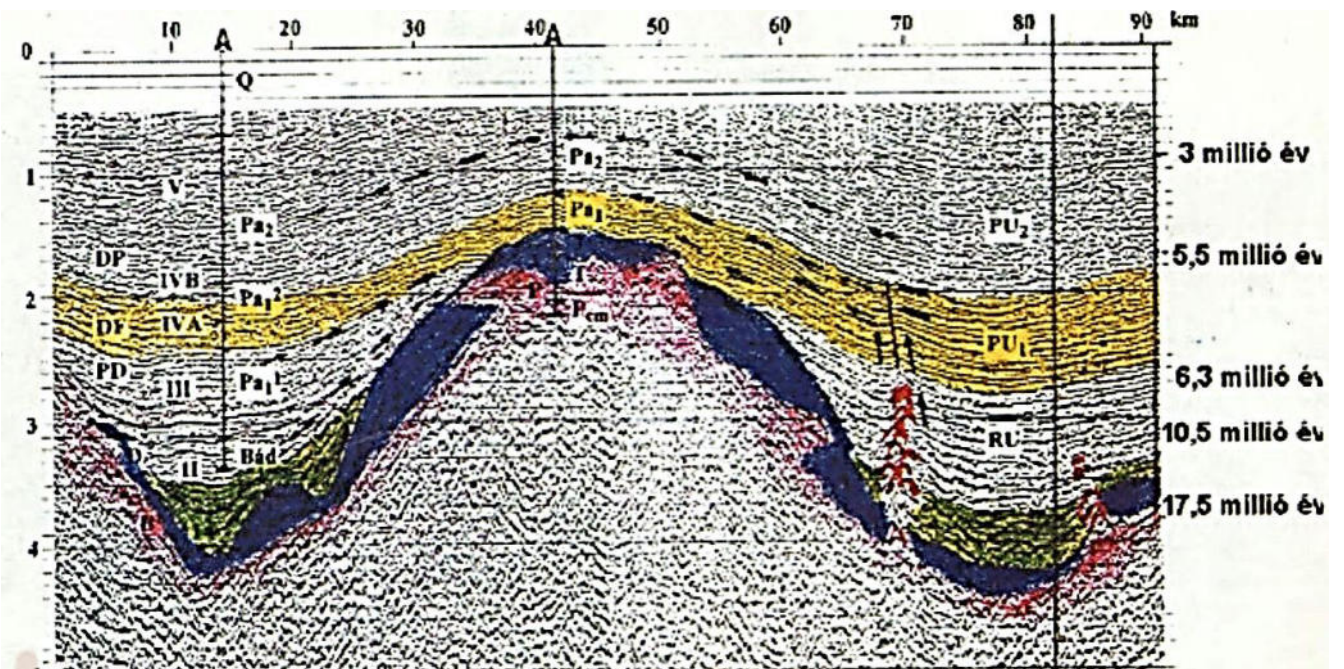
3. ábra

3. ábra  
 Alföldi átnézetes mélyföldtani szelvény



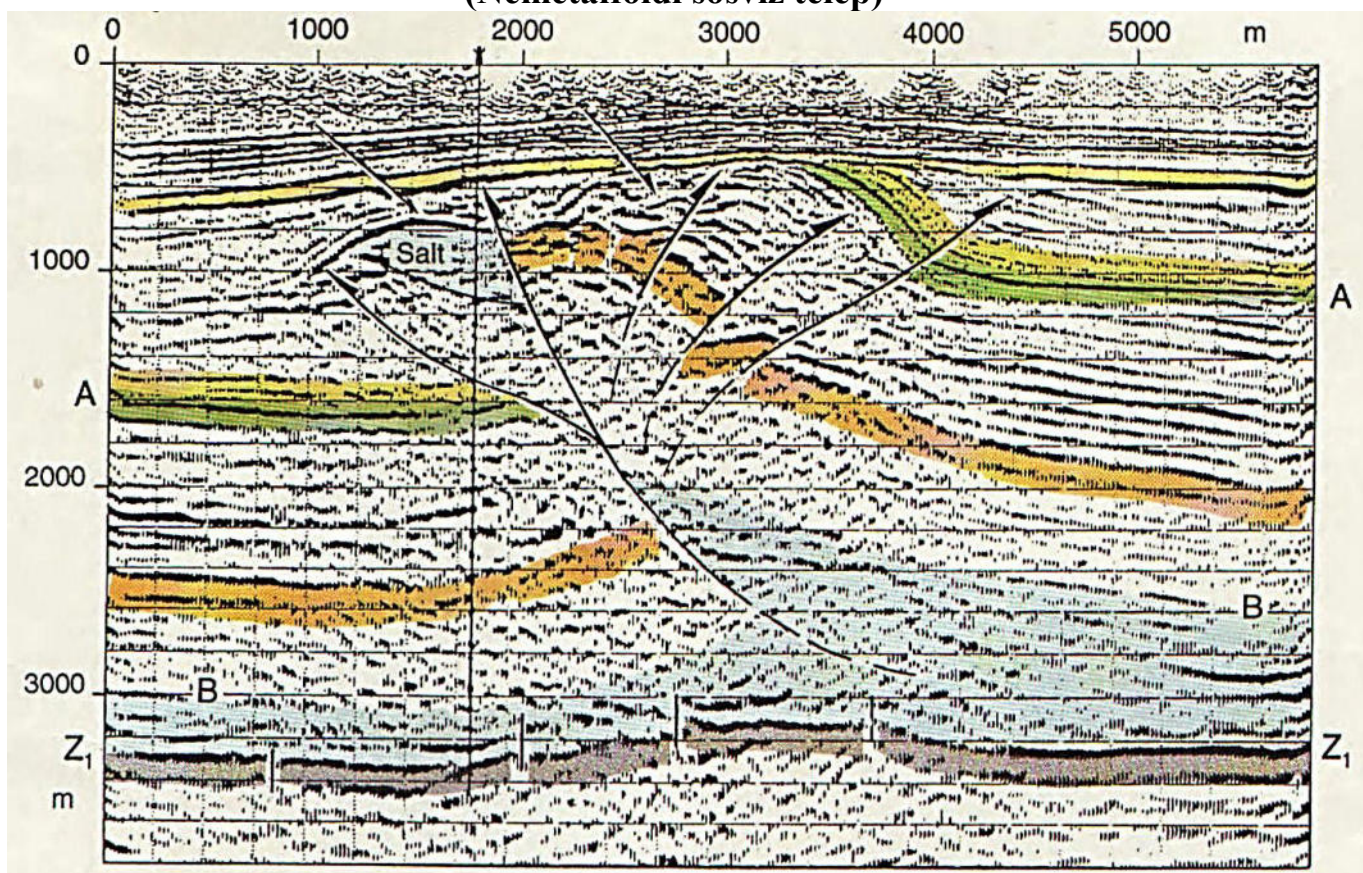
4. ábra

Rendkívül változatos közettani felépítésű a medencealjzat, fúrásos, valamint szeizmikus szelvény alapján, közel azonos területen.



5. ábra

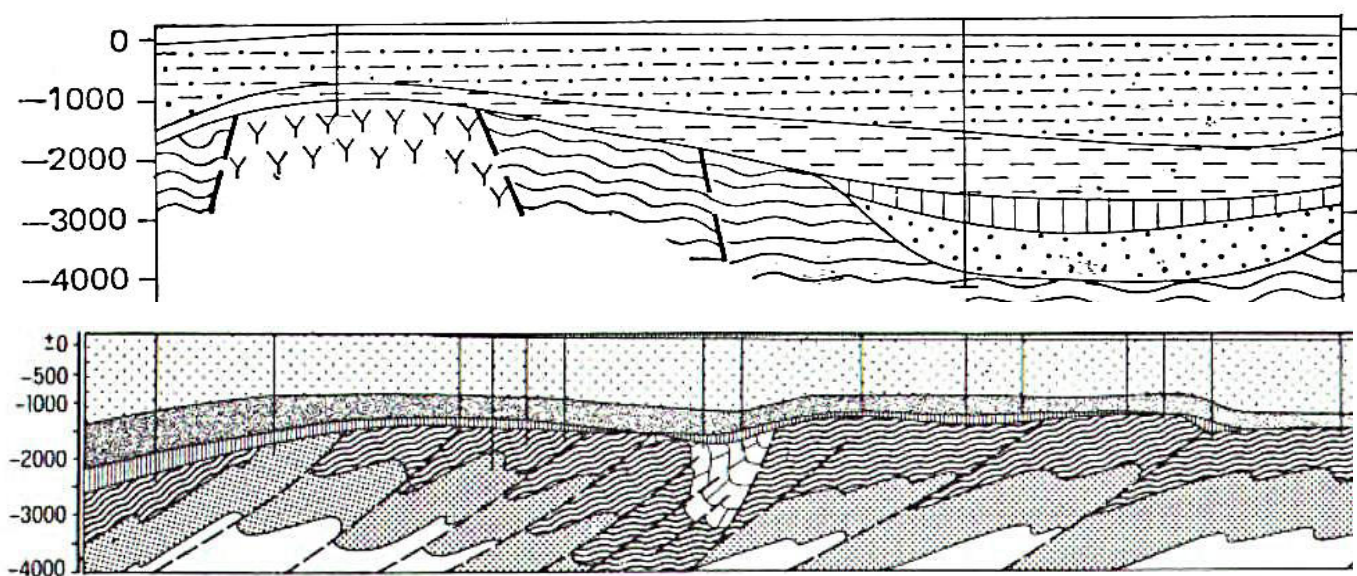
**Aláhajló bokros vetőrendszer szeizmikus szelvénye  
(Németalföldi sósvíz telep)**



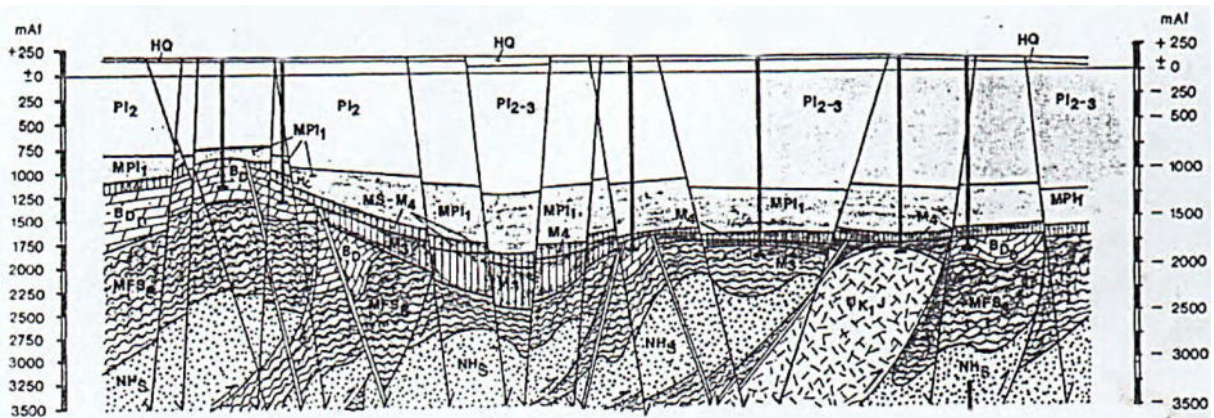
6. ábra

Szétágazó vetőrendszer csak szeizmikával mutatható ki. Jelentőségét a víz és oldott anyagainak migrációja adja.

**Nyugat-Dunántúli mélyföldtani szelvény**

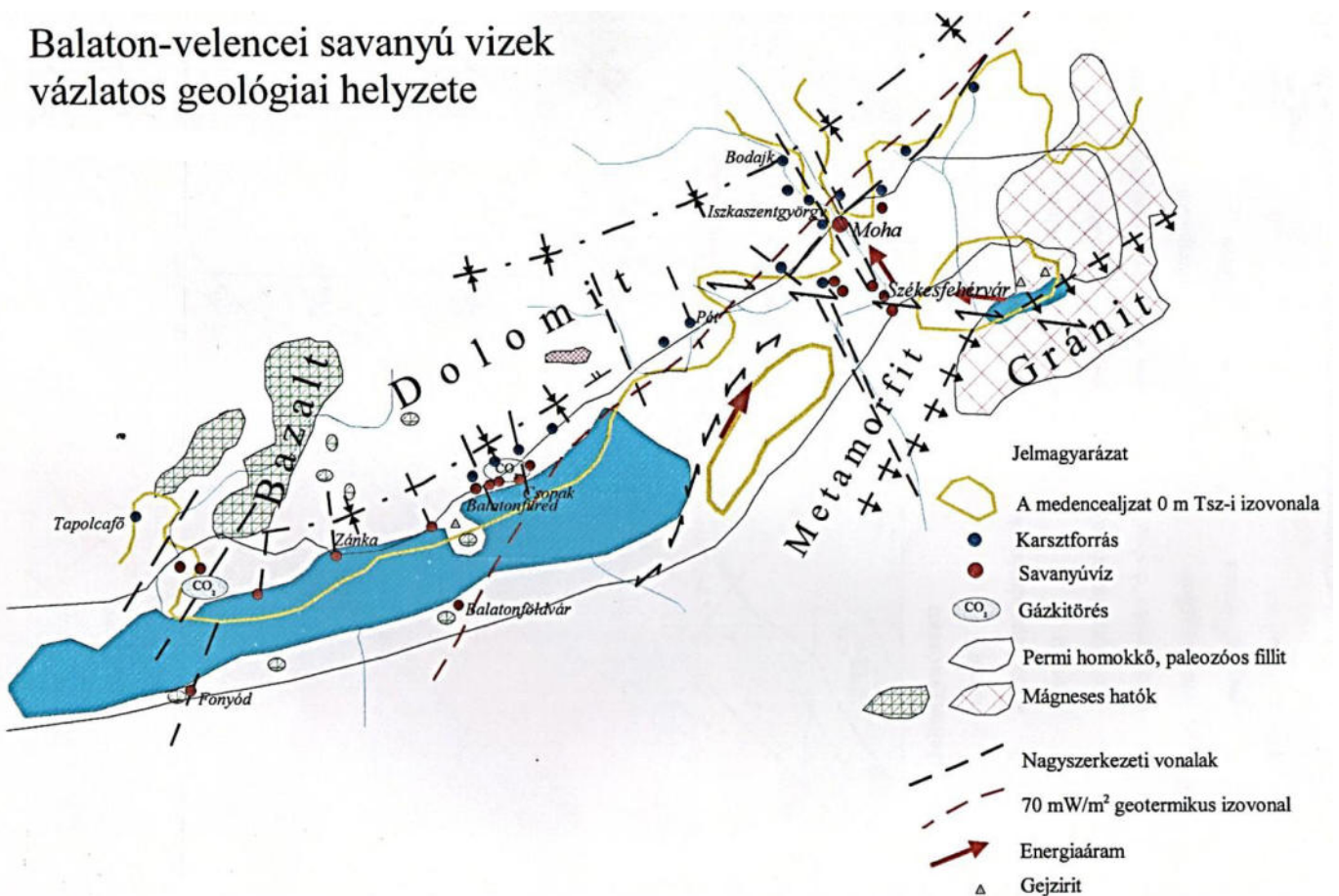


7. ábra



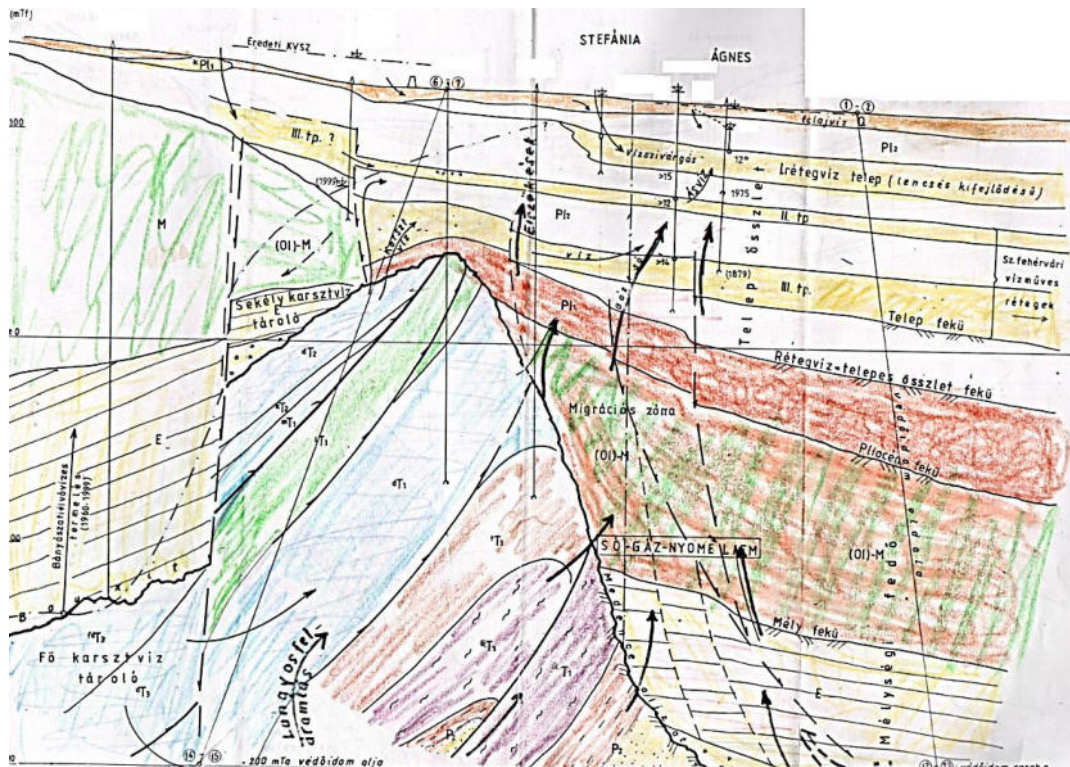
8. ábra: Töréses, feltolódásos és vegyes szerkesztések eredményei ugyanarról a területről

### Balaton-velencei savanyú vizek vázlatos geológiai helyzete



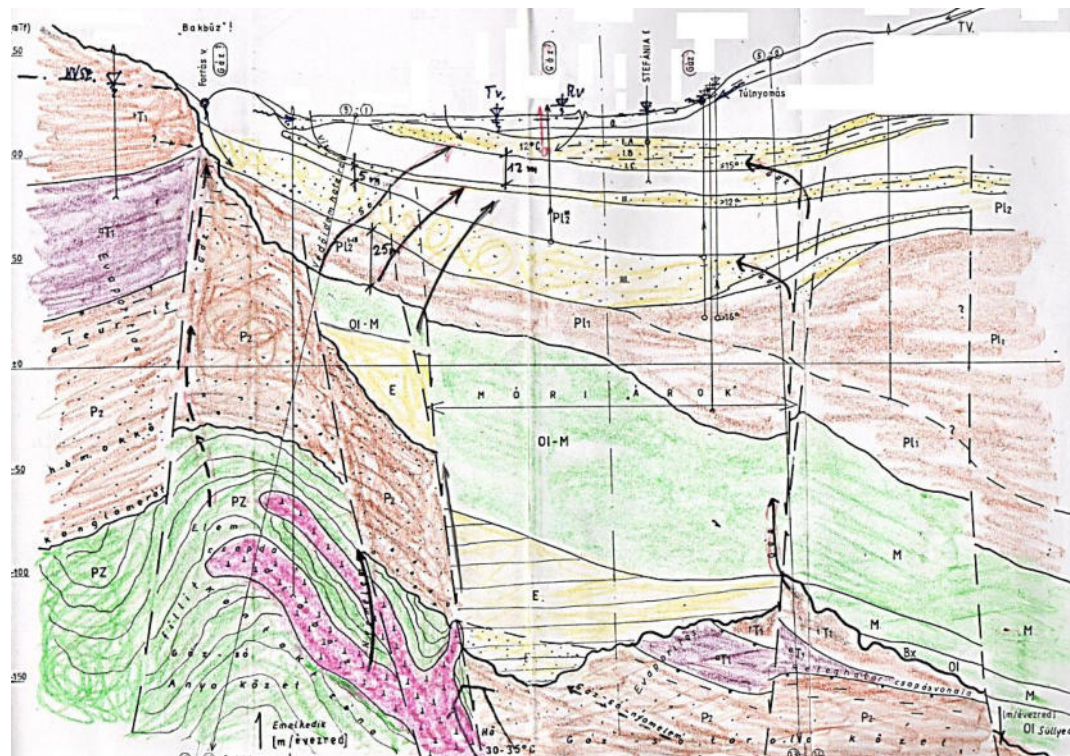
9. ábra

## Savanyúvíz telep hidrogeológiai hossz-szelvénye



10. ábra

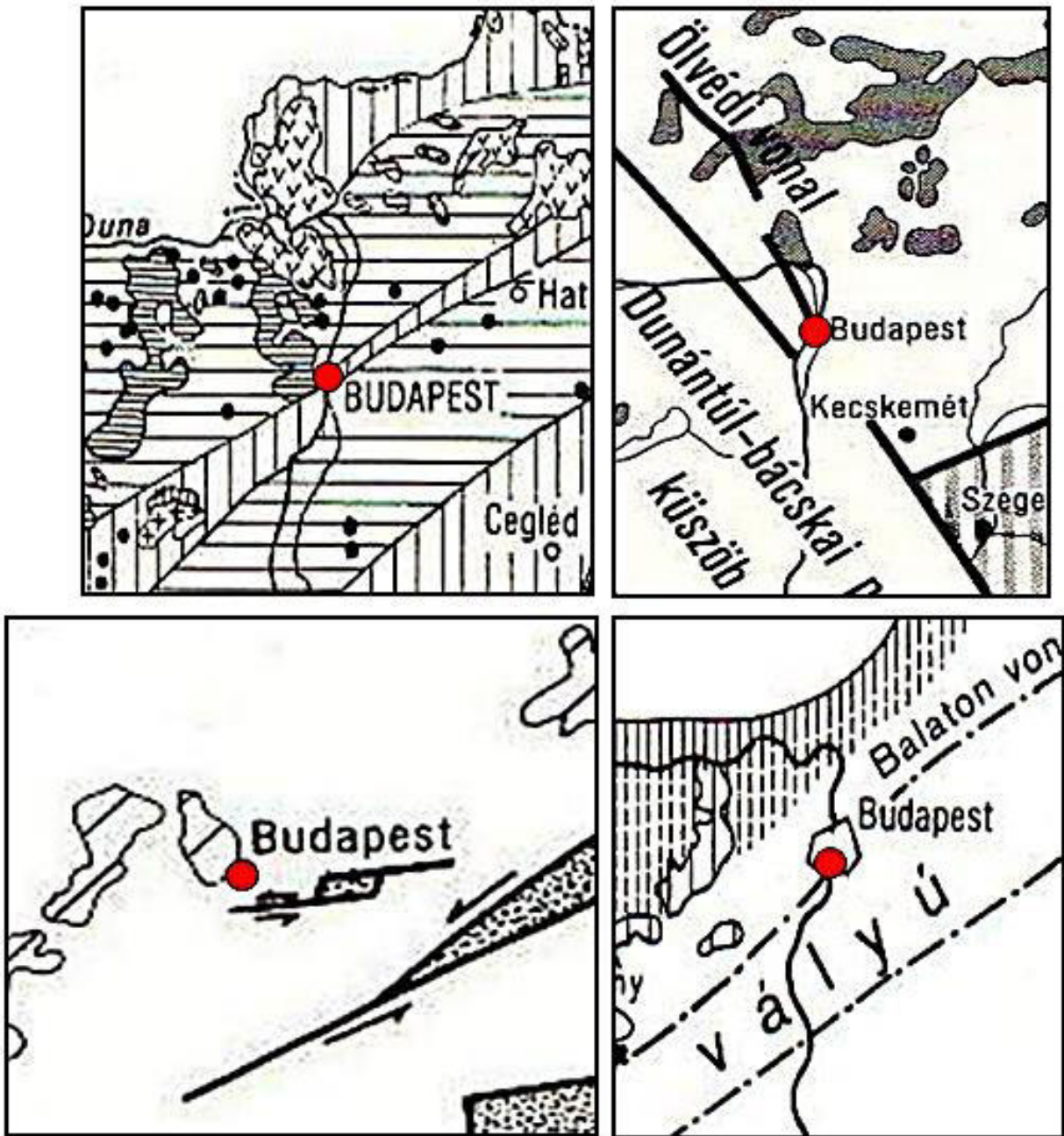
## Savanyúvíz telep hidrogeológiai kereszt-szelvénye



11. ábra

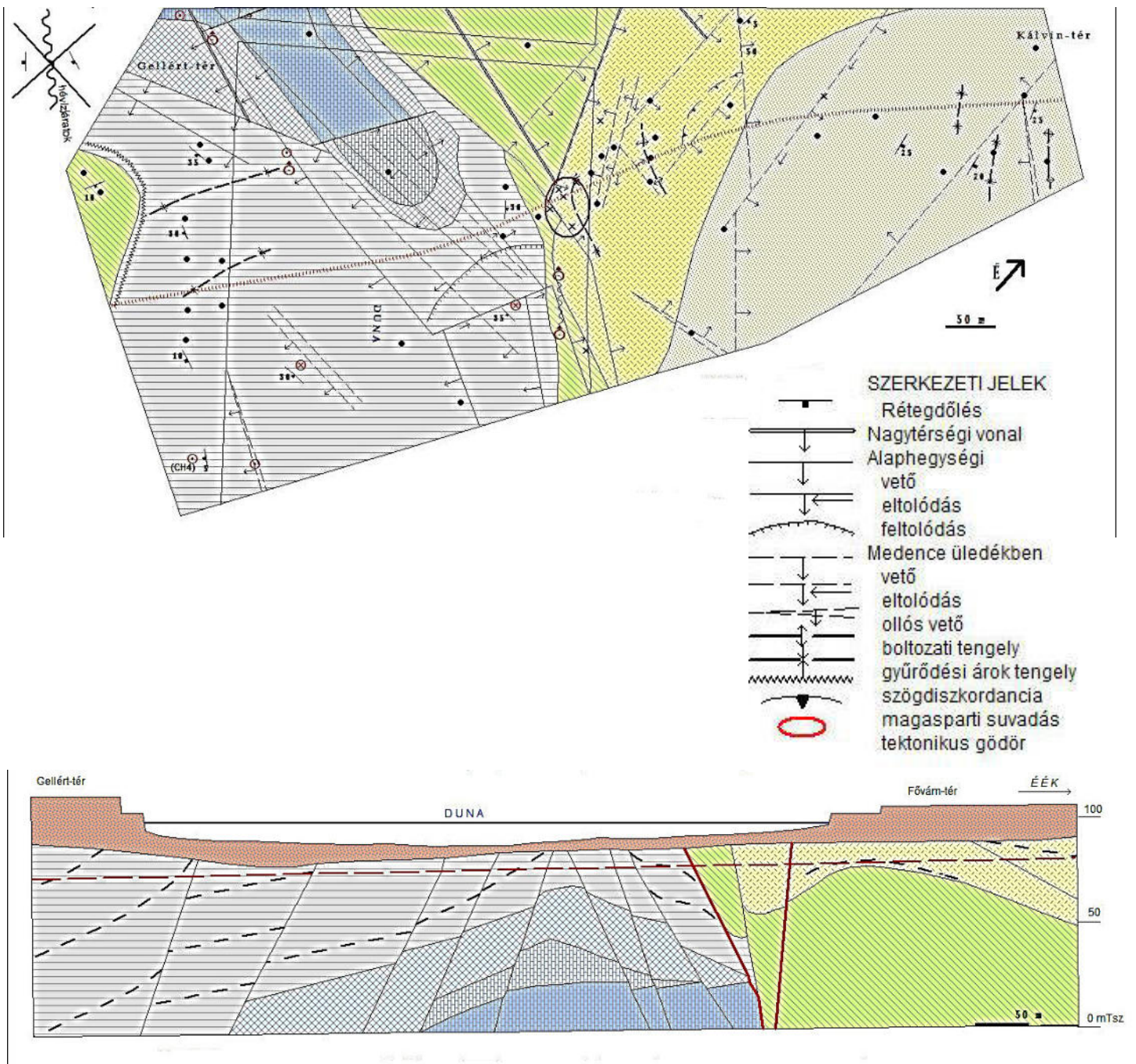
A rendkívül változatos aljzat, valamint medenceüledék felépítés különleges minőségi és áramlási hatásokat generál.

## Főváros térségi, eltérő aljzatszerkezeti elképzelések



12. ábra

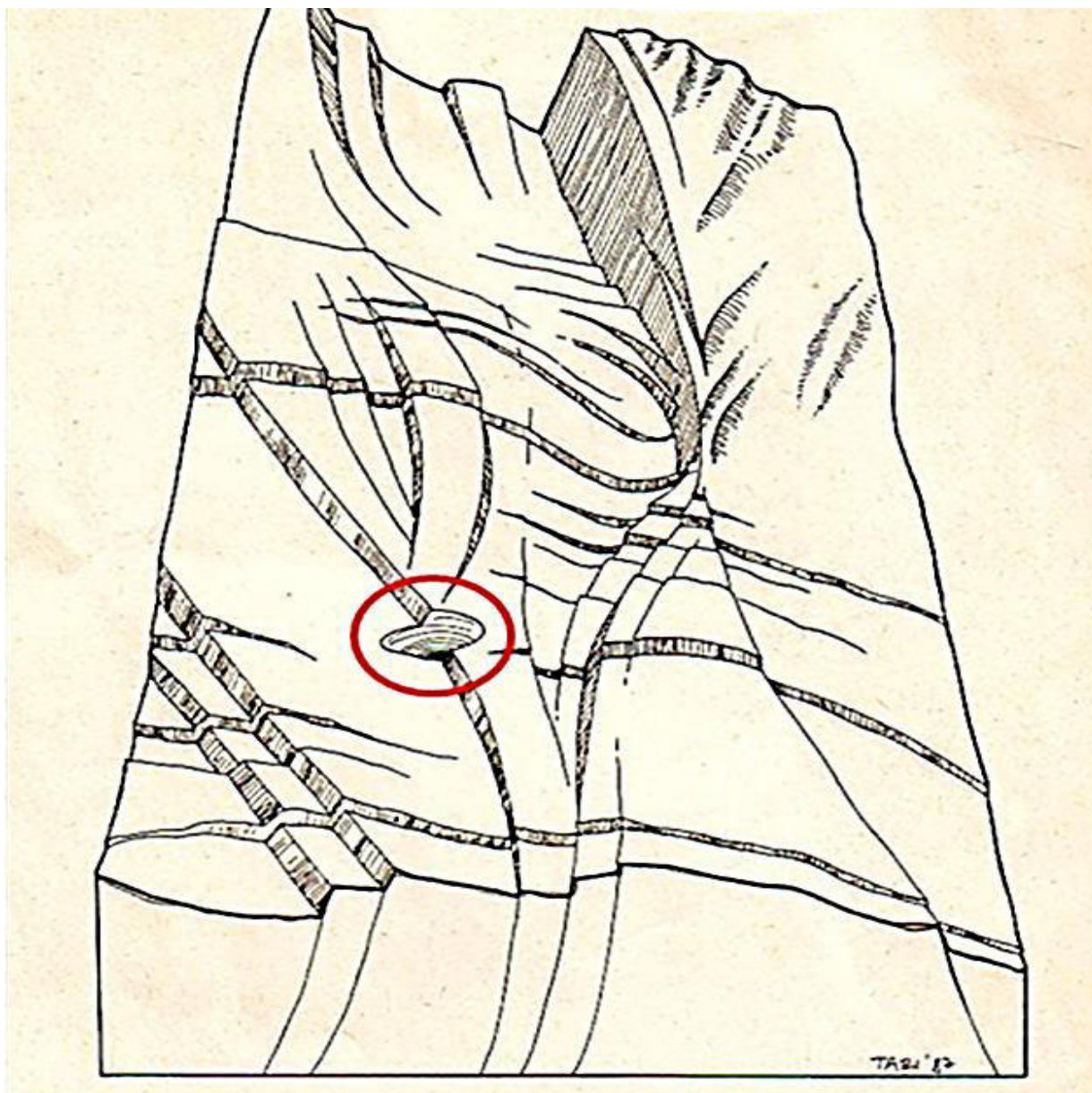
## Gellérthegy előtéri földtani térkép és átnézetes szelvény



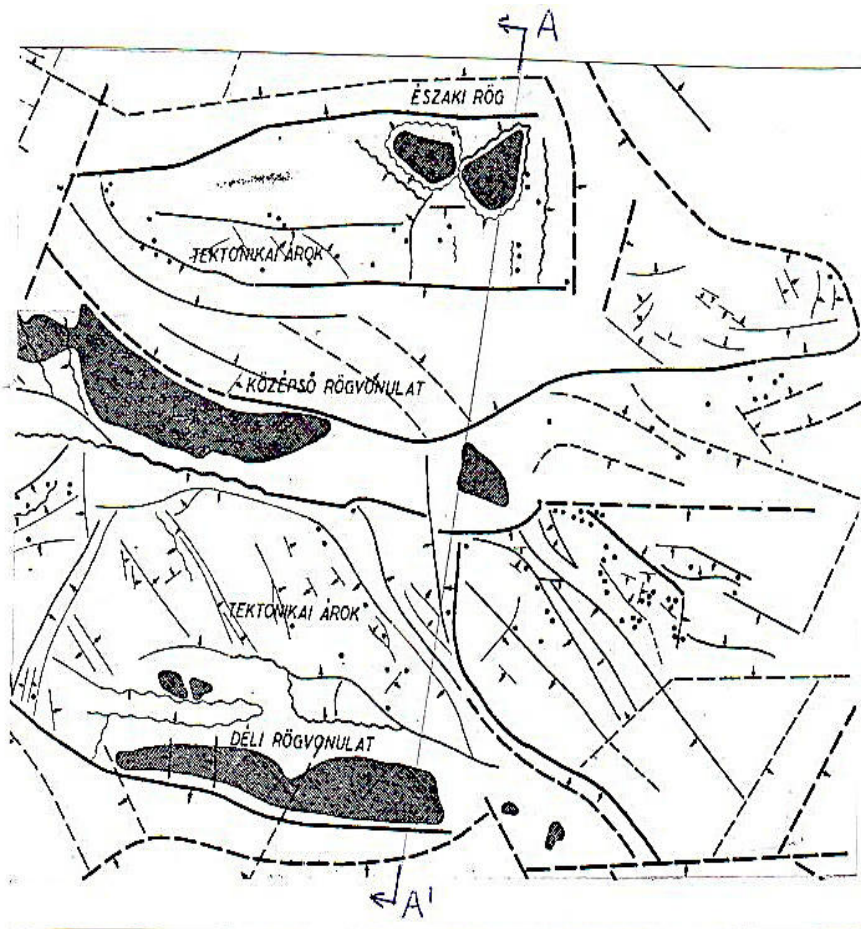
13. ábra

A kék és szürke hévizes dolomit Duna alatti folytatódása...

**Mélyszerkezeti árok, modern felfogású tektonikus képe depressziós „kúttal”**

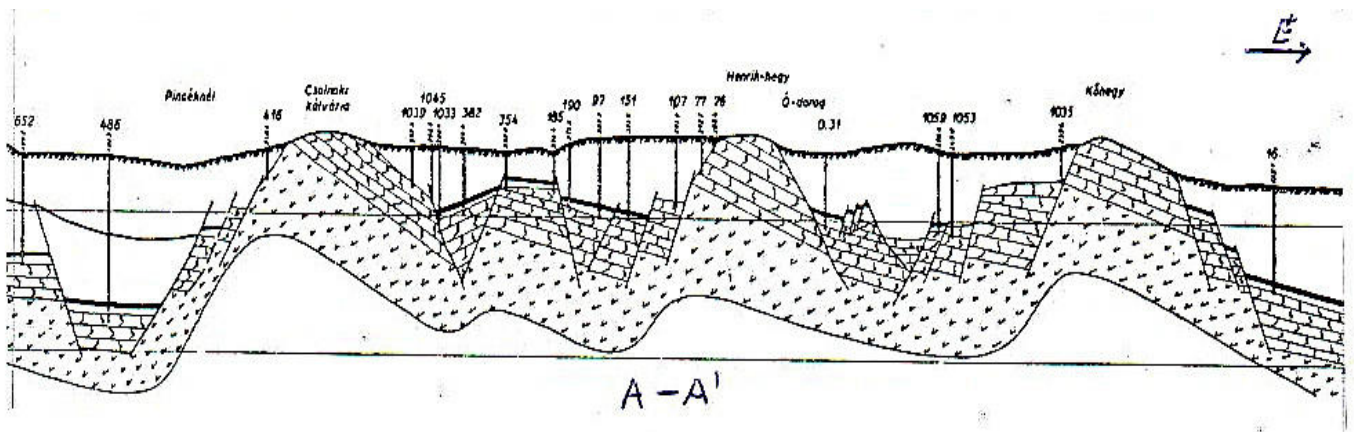


14. ábra

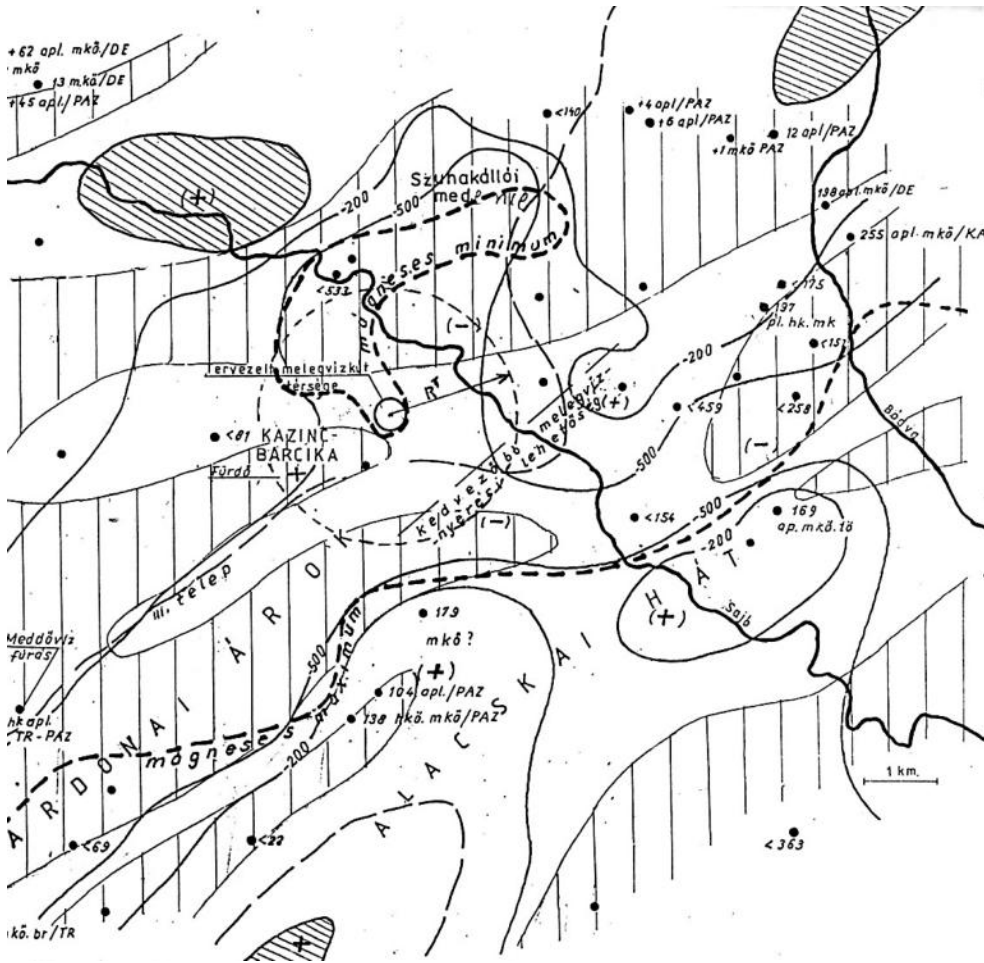


**Északkelet-Dunántúli mezozoós mészkőaljzat áldiapír szerkezeti vázlat, fúrási és bányaföldtani adatok alapján**

15. ábra



## Mezozoós hegyközi medence hidrogeológiai alaphegységi térképe



Fő elemei:

aljzati árkok-hátak-dombok,  
vízadó területek,  
mágneses hatók  
(vulkanitok).

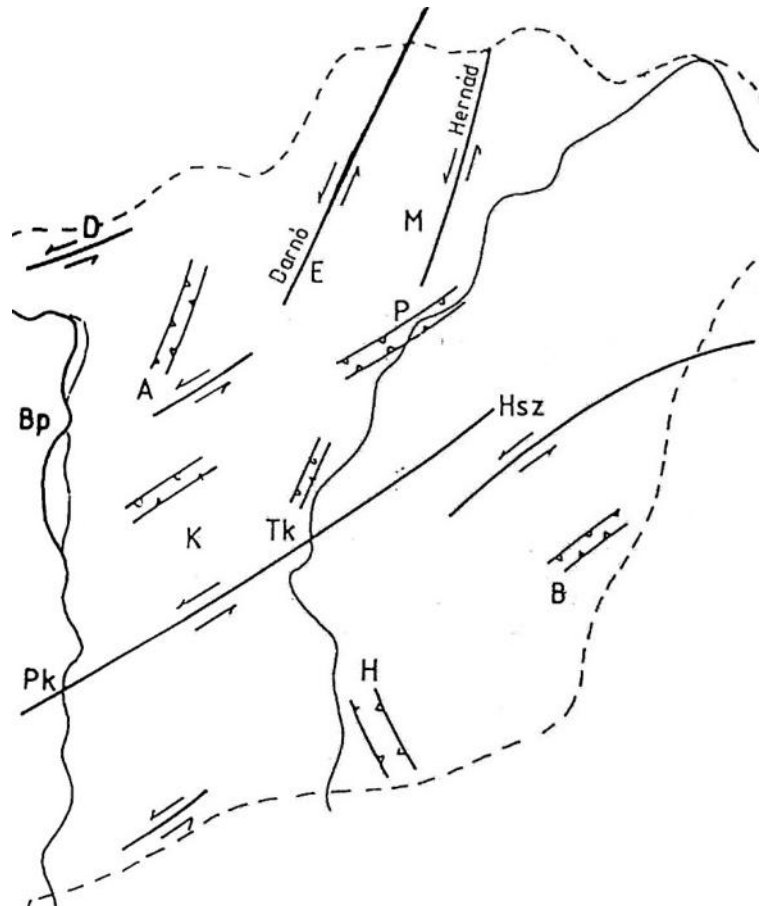
16.ábra

## Az Alföld hidrogeológailag legjelentősebb medencealjzat szerkezeti elemei

Az aljzati eltolódások, árkok, jelentősen meghatározzák a réteg -, (termális és ivó) sőt a talajvíz minőségét is.

(Hőmérséklet, ammónium, metán, kerogének, sók).

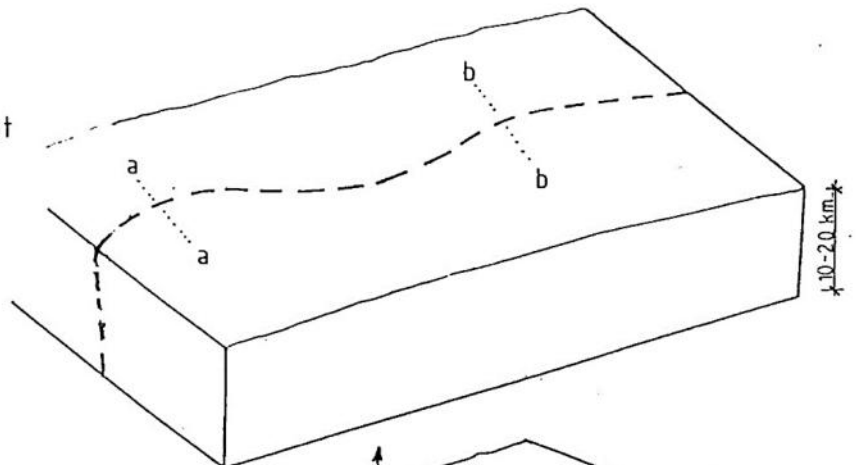
17.ábra



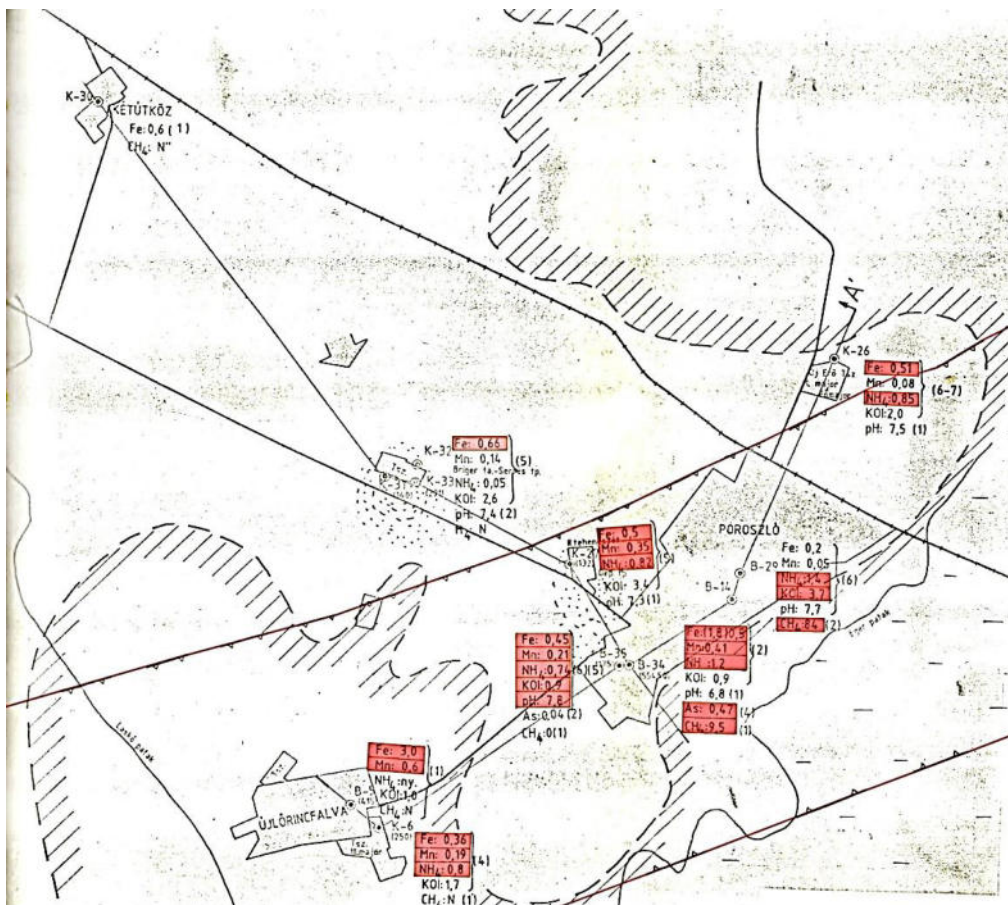
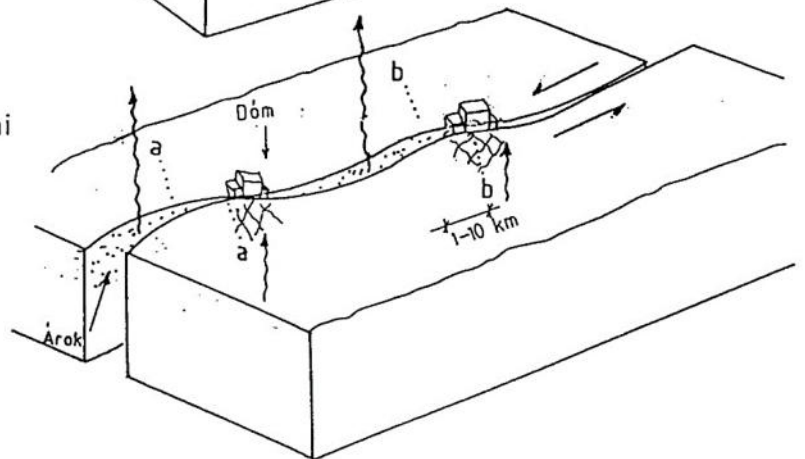
Az eltolódások nyomán aljzati árkok és dómok maradnak vissza, több ezer méter mélységben, amelyek hatással lehetnek a felszín közeli víztározók minőségére.

18. ábra

Eredeti helyzet



Eltolódási utáni helyzet

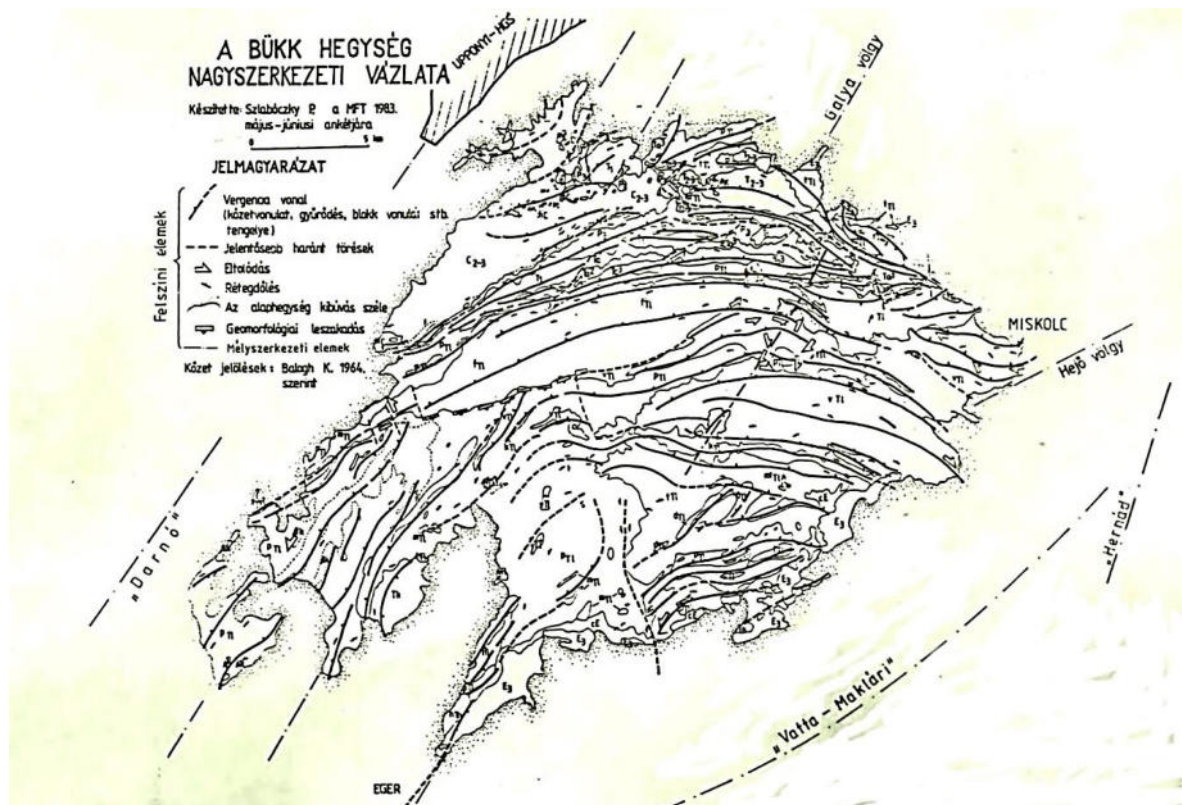


Egy medencealjzati árok feletti rétegvizes kútjainak vízminőségei

A pirossal keretezett komponensek a „rossz” értékek. Láthatóan feldúsulnak a 2000 m alatti árok feletti kutakban.

19. ábra

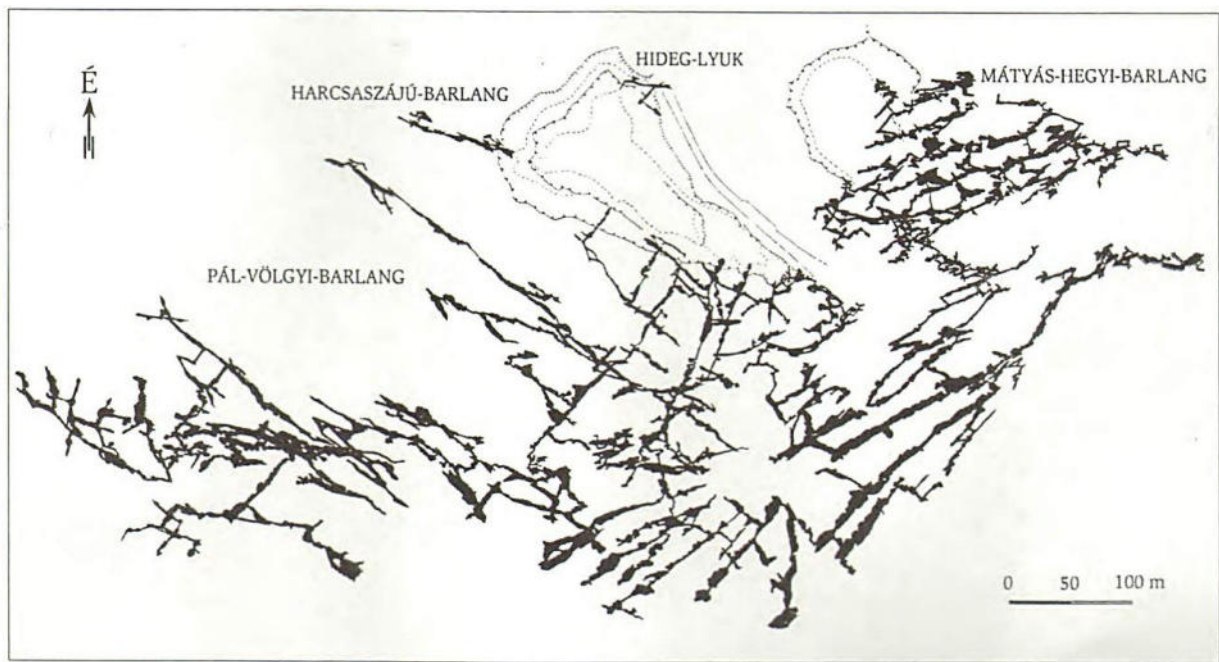
## **II. KARSZTOS hegységi, mélységi teleptani példák**



20.ábra

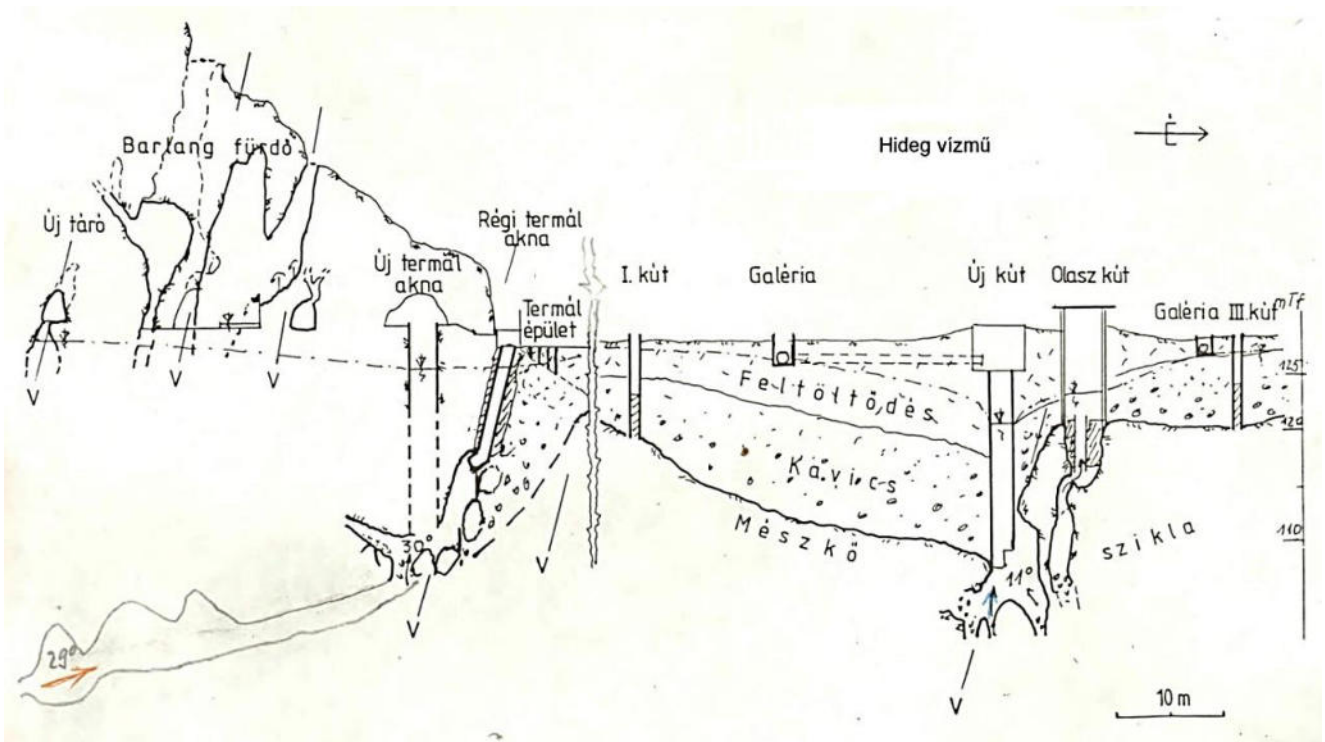
Az idősebb ÉK-DNY csapású mélytörések feletti mezozoós mészkőhegység vergencia vonalai ívesen K-NY-i csapásúak. Előbbiek a forróvizek, az utóbbiak a hideg karsztvizek áramlási rendszerét preformálták.

### Egykori hévizes áramlási rendszer horizontális csatorna-rendszerű barlangi hálózata



21.ábra





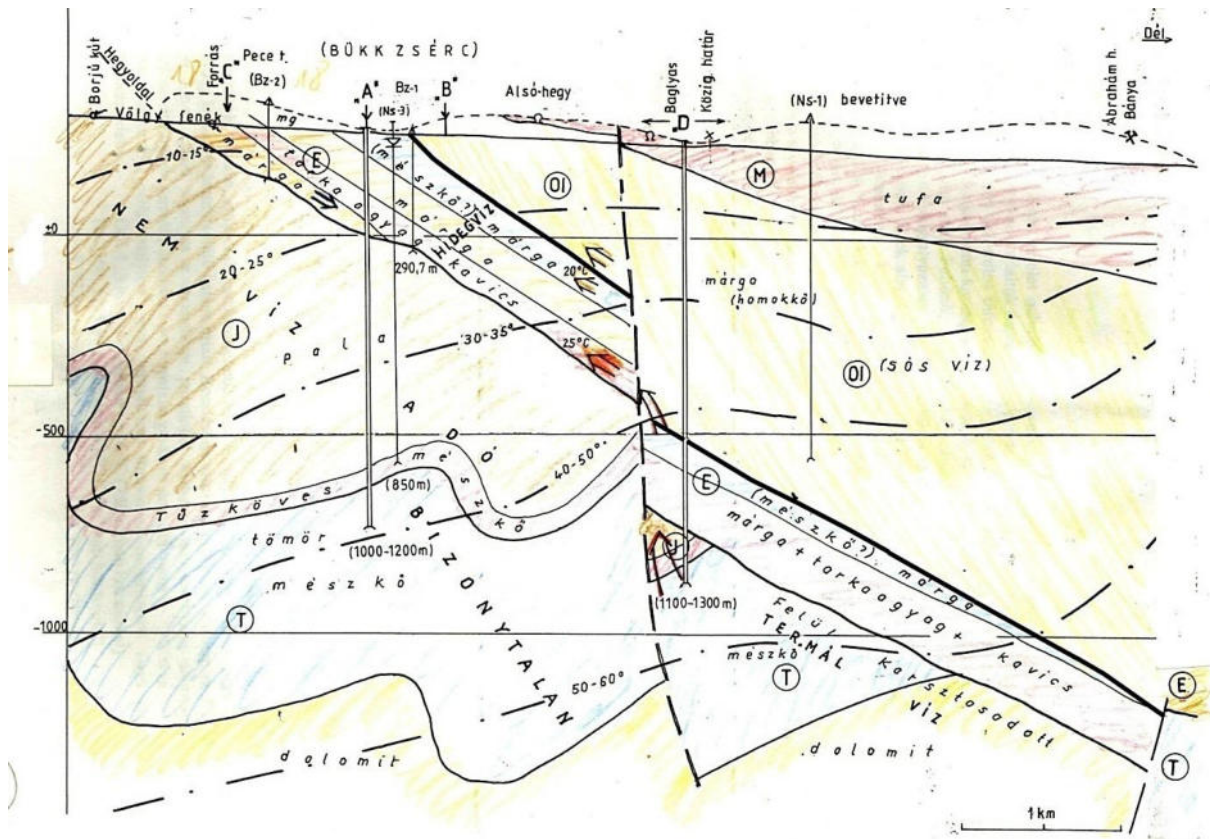
24. ábra

Az előbbi hévizes járatrendszer nagyobb térségének elvi metszet



25. ábra

## Karszthegység peremi, medence-széli hidrogeológiai szelvény



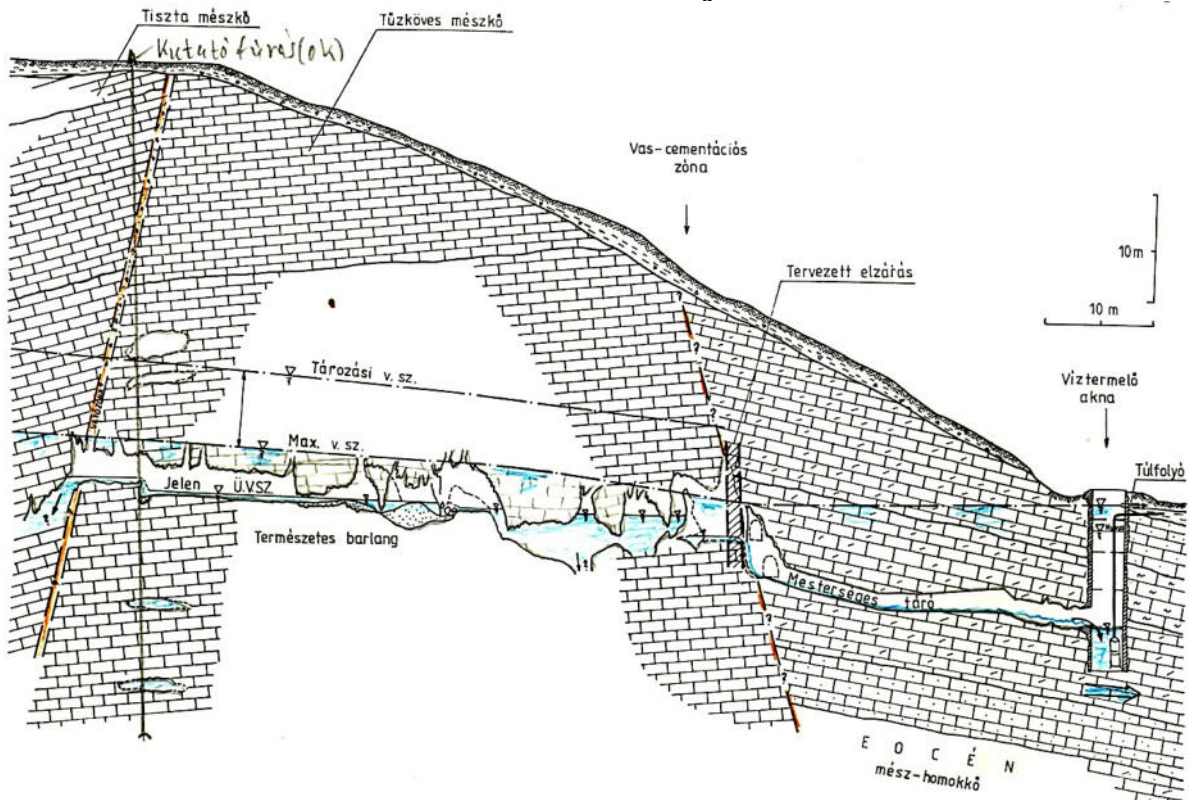
26. ábra

Millió éve	Időszak	Kor	Rétegszelvény	Kőzet	Földtörténeti esemény	Hidrogeológiai jellemzés	Előfordulás
1,7	Negyed			Agyag, kavics	Bevágódás	Talaj-, forrásvizek	Patak völgyek
12		Plió.		Csak délebbre található			Bogács-É
25	Harmad	Miocén		Tufa (láva)	Vulkanizmus	Fedő összlet	Alsó-hegyi Baglyas-i pincéknél, TV toronynál
37		Oligocén		Agyagkő, márga (homokkő)	Sós tenger	Fedő összlet kevés sós-, gázos vízzel	Mike-dűlő Ostoros
65		Eocén		Mészhomokkő márga Kavics, agyag	Sekély tenger-part	Hegységperemi források, kutak	Borjúkút Csörtös völgy-É Szilosra járó
135	Mezozoikum	Kréta			Kiemelkedés lepusztulás		
195		Júra		Palás homokkő, agyagpala, kovapala Vulkanitok	Sekély tenger, tengerfenéki-, felszíni vulkanizmus	Nem jó vizadó, csak kis források	Patkó-szikla .....-lápák
240		Triász		Mészkő dolomit	Ingadozó közép tenger	LANGYOS-, és TERMÁLIS karsztvizek	Bükkzsérc-D-i térsége alatt nagyobb mélységben
	Paleozoikum	Perm		Mészmárga Bitumenes mészkő, sós dolomit pala-, homokkő-összlet	Sziget tenger Sekélyesedő tengervályú	Fekü összlet szulfátos vizek	Ismeretlen mélységben

**A terület fejlődéstörténeti alapú hidrogeológiai rétegoszlopa**

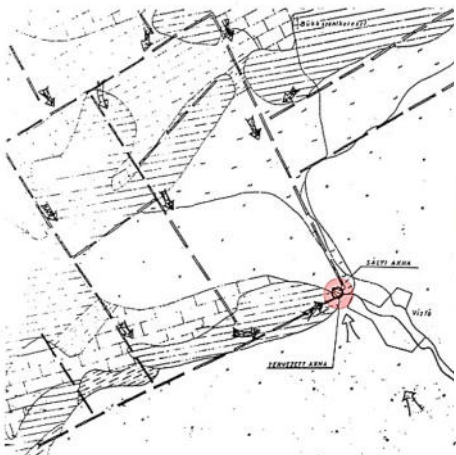
27. ábra

**Egykori sziklásparti metasomatikus hidrotermális utóműködési zónában feltárt mai karsztjárat rendszer**

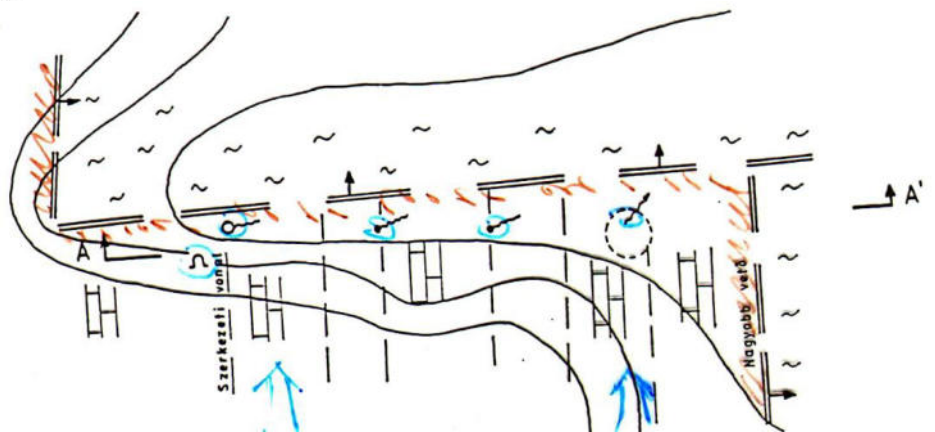


28. ábra

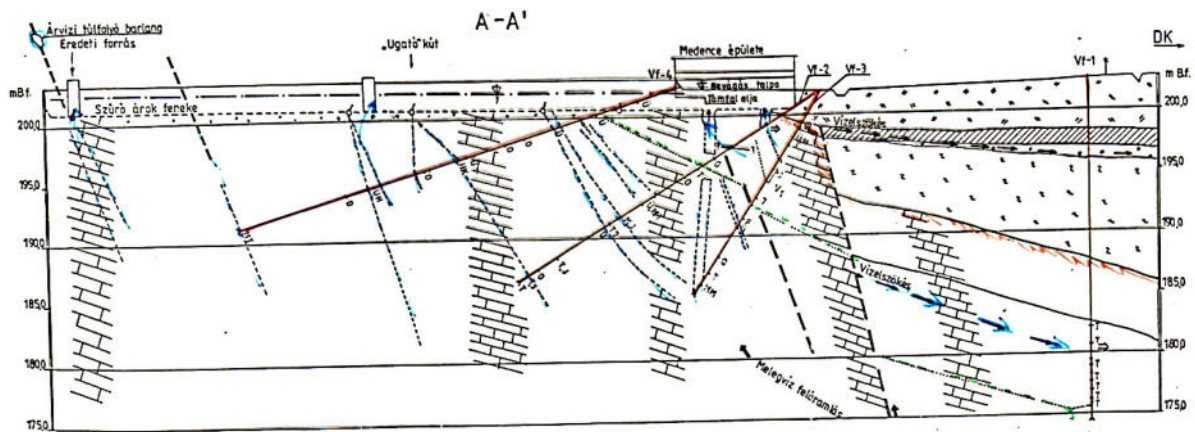
**Karszthegység peremi blokktektonikus rendszeren kialakult karsztvízforrás**



29. ábra

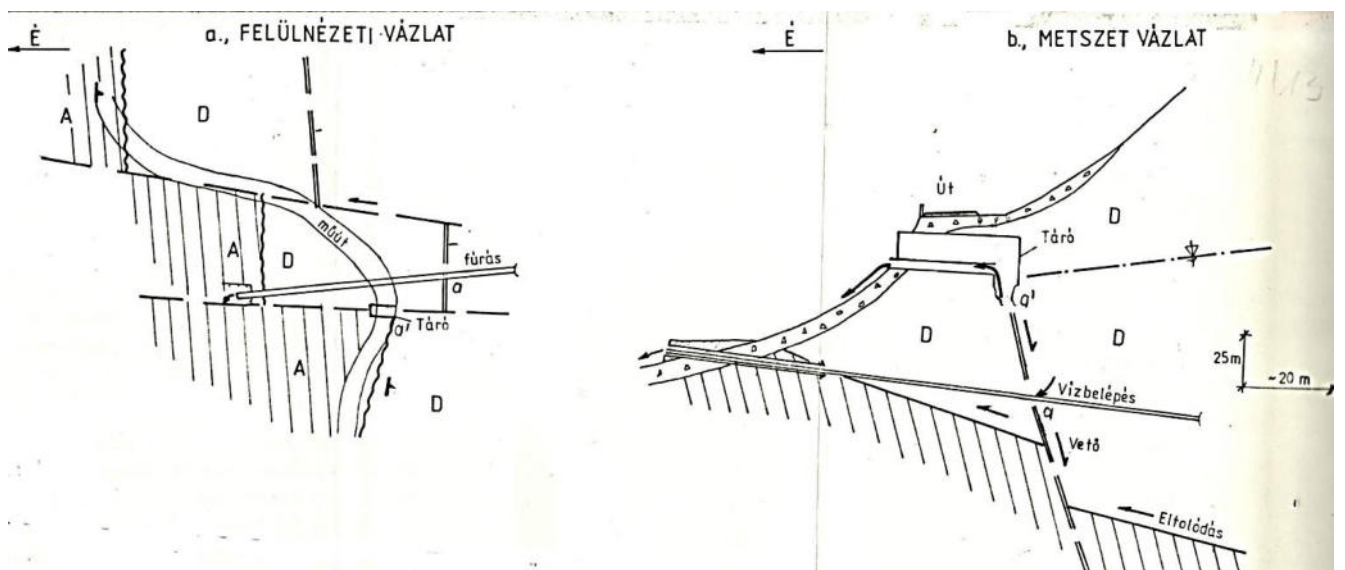


30. ábra



31. ábra

### Blokktektonikai alaprajz és metszet karsztforrás környezetéből

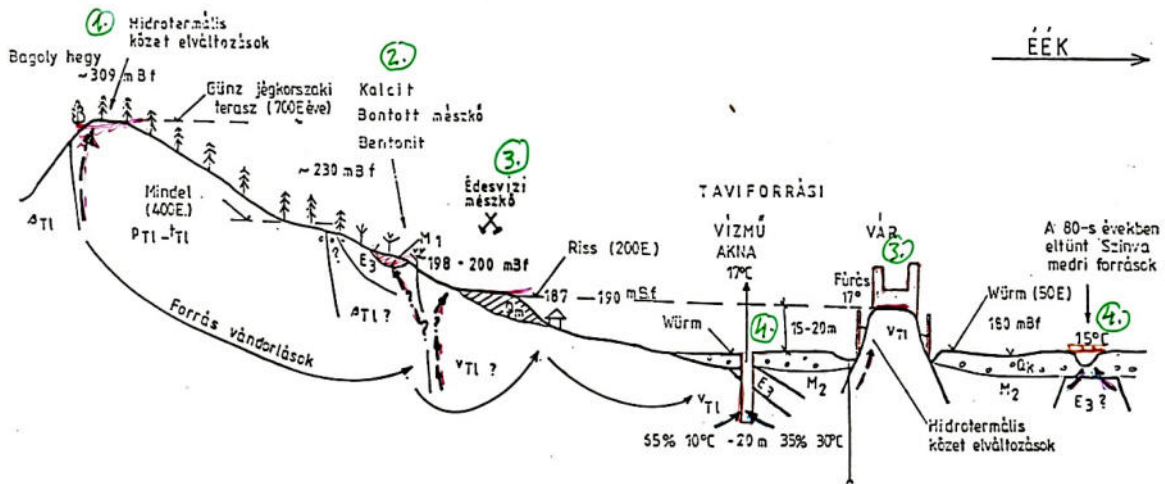


32. ábra

A forrás alá hajtott, közel szintes fúrás. A külszíni képből következtetett dolomit/pala határt jóval előbb érte el, de a vízbetörés a forrást preformáló törésvonalból jelentkezett, a dolomit zónán belül.



## Az előbbi terület földtörténeti hévíz langyosvíz forrásvándorlásának elvi metszete



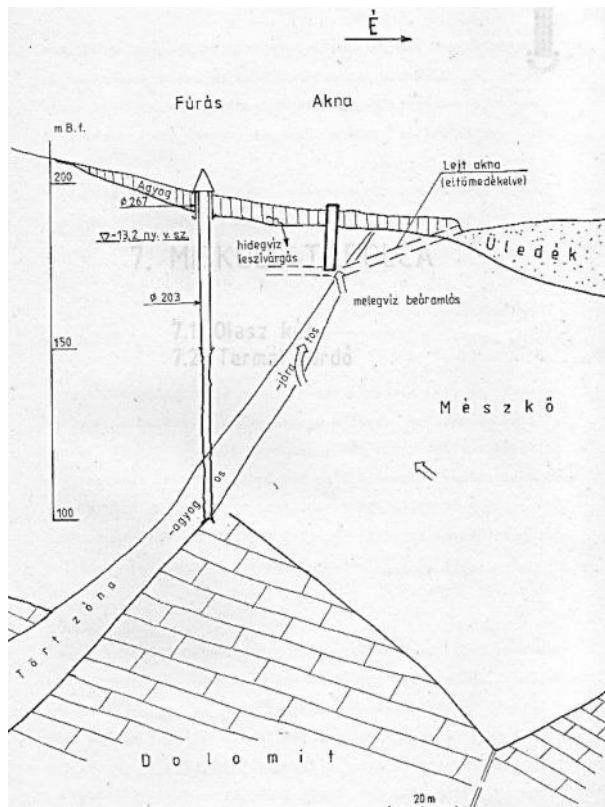
### JELMAGYARÁZAT:

- Régi hévíz járat
- Mai langyosvíz járat
- Q<sub>k</sub> Quarter kavics, és agyagos törmelék agyag fedővel
- M<sub>2</sub> Miocén homok, agyag, szén
- M<sub>1</sub> Miocén bentonit
- E<sub>3</sub> Felső eocén mészhomokkő
- V<sub>TI</sub> Triász fennsíkai mészkő
- P<sub>TI</sub>-T<sub>TI</sub> Triász agyagpala-tűzköves mészkő
- ↗ T<sub>TI</sub> Triász eruptívumok

Diósgyőr-Tavi forrás  
elvi hidrogeológiai szelvénye

34. ábra

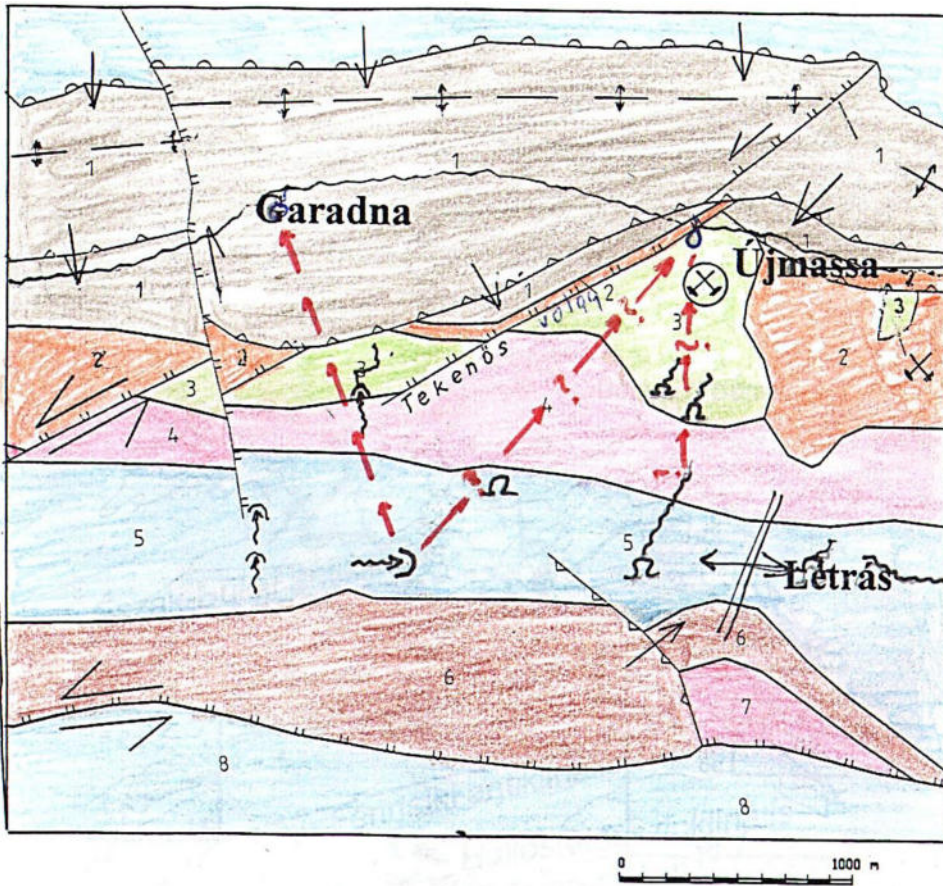
## Előbbi terület egyik langyos forrás feltárásának szerkezeti képe



A több pontos is vízszállító vetőzóna fúrással feltárt szakasza meddő volt, szulfidos vetőagyag kitöltődés miatt.

35. ábra

**Bonyolult, de felszínről jól térképezhető hegység belseji szerkezeti kép**



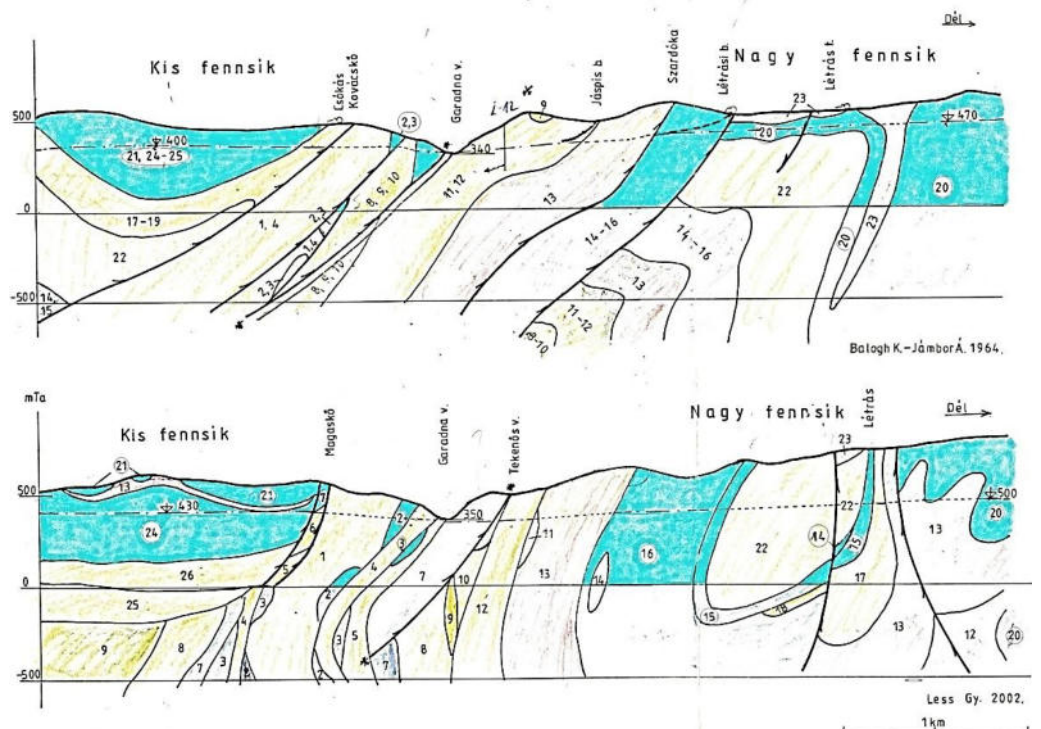
A haránttörések hidrogeológiai jelentőségét a feltárt barlangjáratok irányai, valamint a karsztvíz nyomjelzések mutatják.

36. ábra

**Az előbbi területet harántoló földtani szelvények eltérő rétegtani besorolással**

A karsztvíztározó mészkő 0 m tengerszint feletti, kékkel kiemelt foltjainak összevetése érzékelteti a két szelvény hidrogeológiai eltérését.

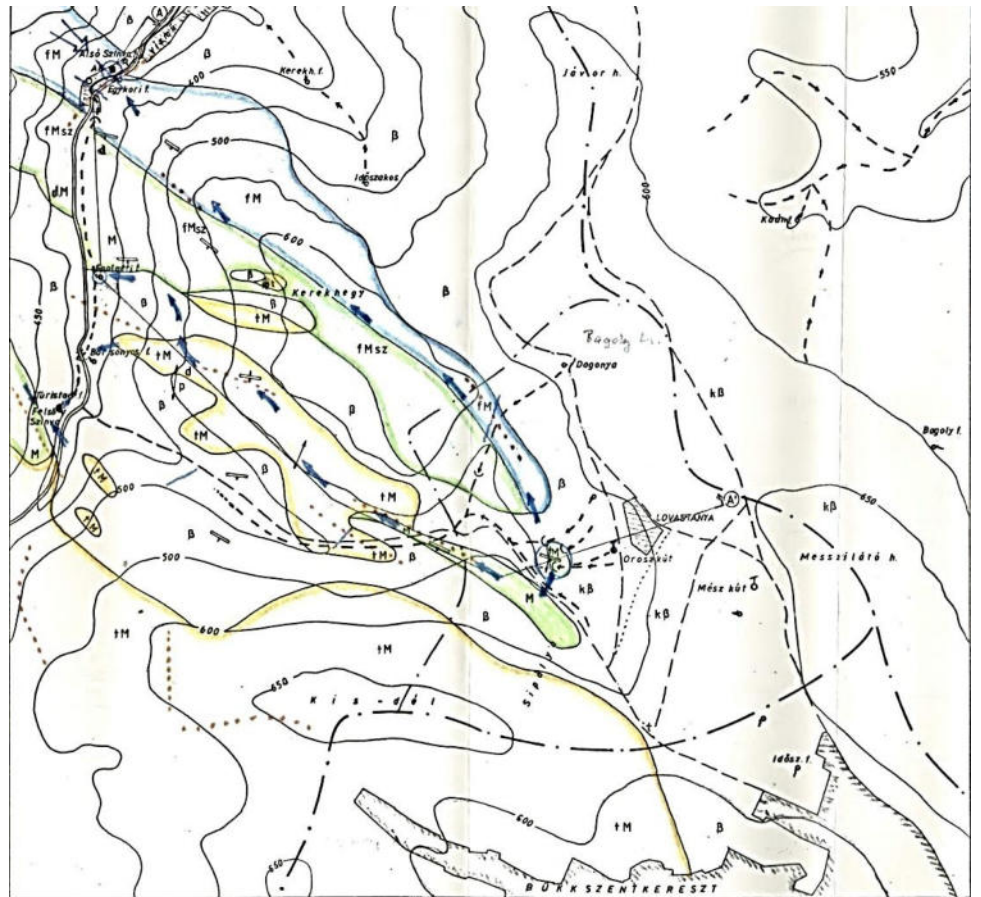
37. ábra



## Mészköves területen belül, felszínről kiterképezett vízterelő palás kőzetek és szerkezeti irányok

Felszíni hidrotektonikai térképezéssel lehetett kimutatni egy szennyezett vízgyűjtőjű víznyelő, és az erózióbázison fakadó kisebb időszakos forrás kapcsolatát, amit a mikrobakteriológiai vizsgálat igazolt.

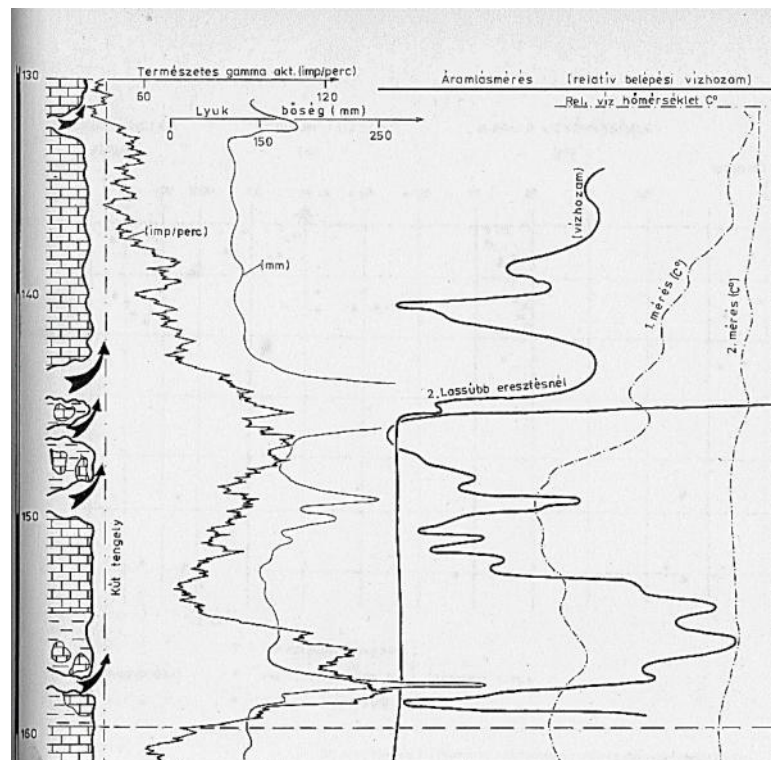
38. ábra



## Fúróluk-geofizikai szelvényezésekkel kimutatott vízjáratok egy termákvíz feltáró fúrásban

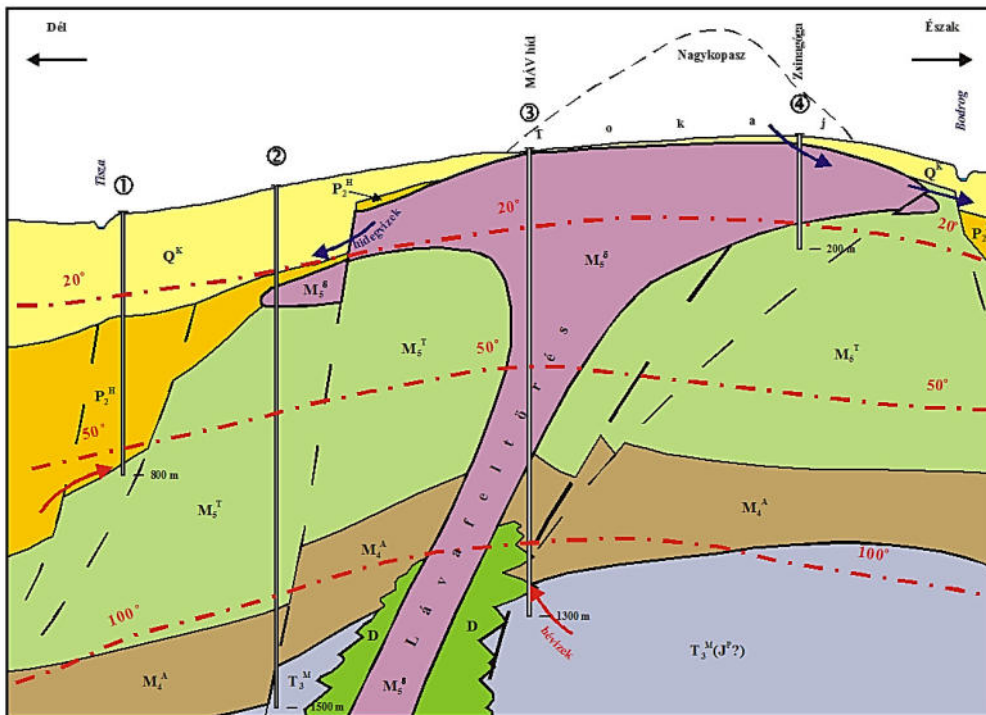
A radiológiai, elektromos, termikus szelvényezésekkel és áramlási mérésekkel feltárt üregrendszer nagyobb része törmelékcsomaggal van kitöltve.

39. ábra



**III. MAGMATIKUS (metamorf)  
hegységi, mélységi  
teleptani példák**

## Alföld-peremi vulkanikus (fél) szigetehegy alatti mélyszerkezet elvi vázlata

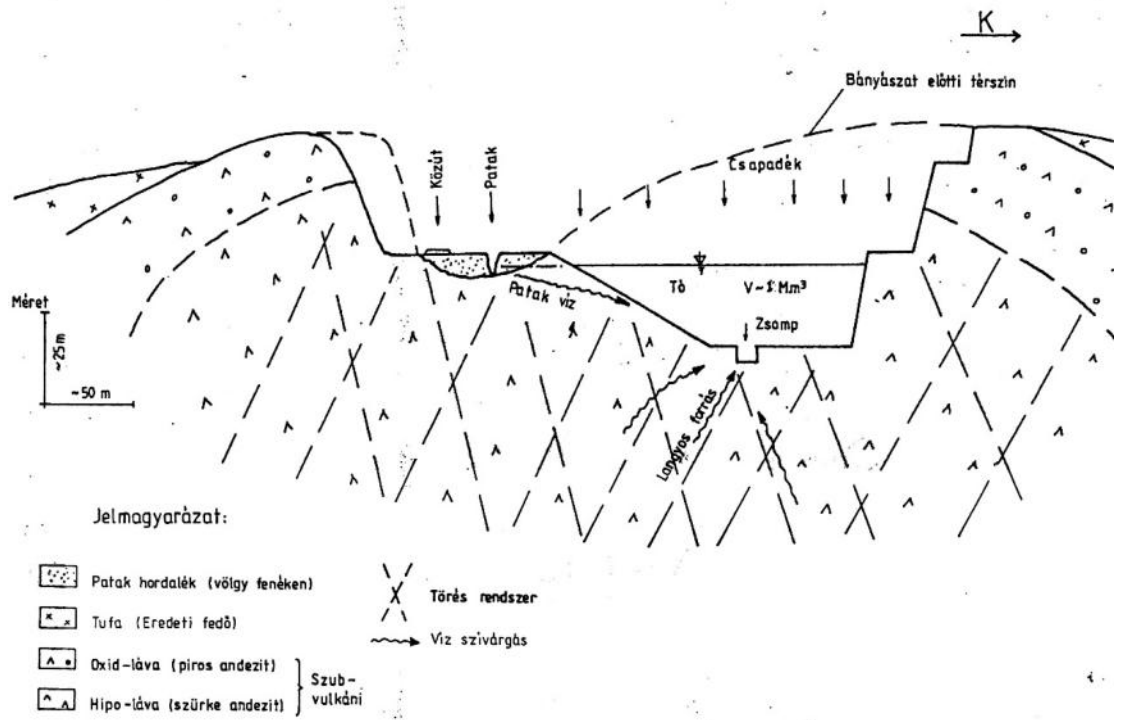


A vizsgálódás célja termálkút fűrópont elvi alternatívák, valamint egy gyógyvíz-ivókút telepítésének elvi lehetősége volt.

40. ábra

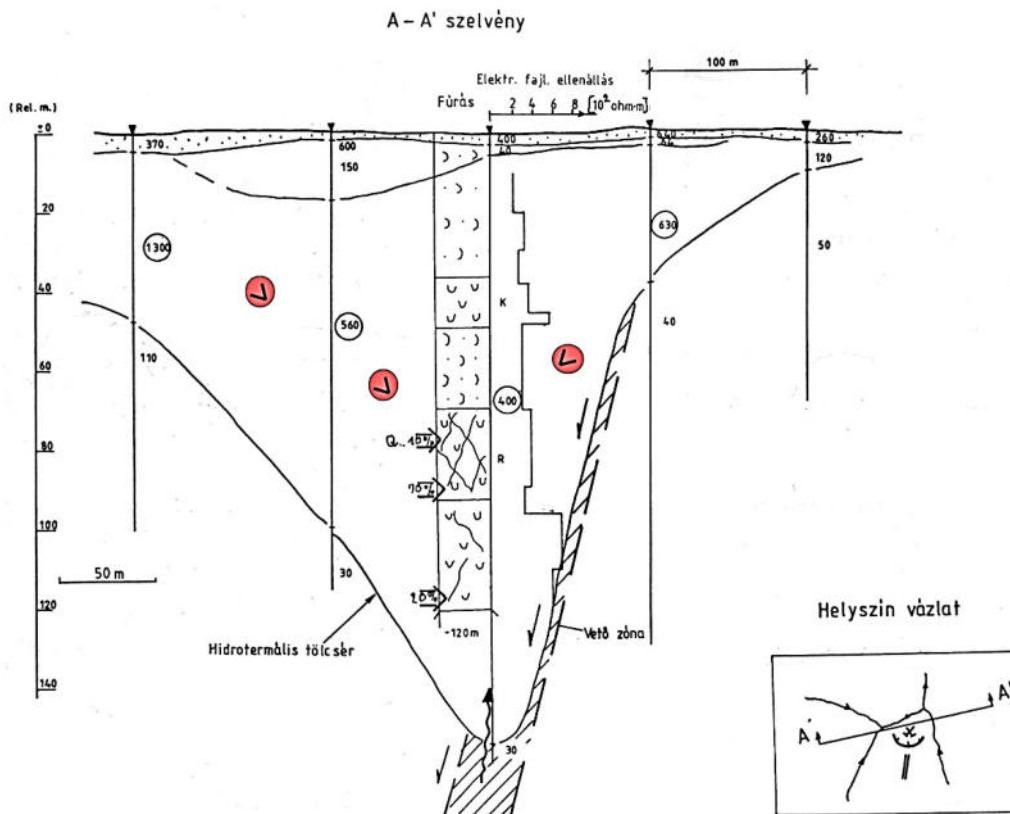
## Egykori, felszínre preparálódott szubvulkán tömegébe mélyült kőbánya fenekén fakadó kénes forrás és a kialakult bányató elvi metszete

A bányató fényképe az előadás utolsó ábrája.



41. ábra

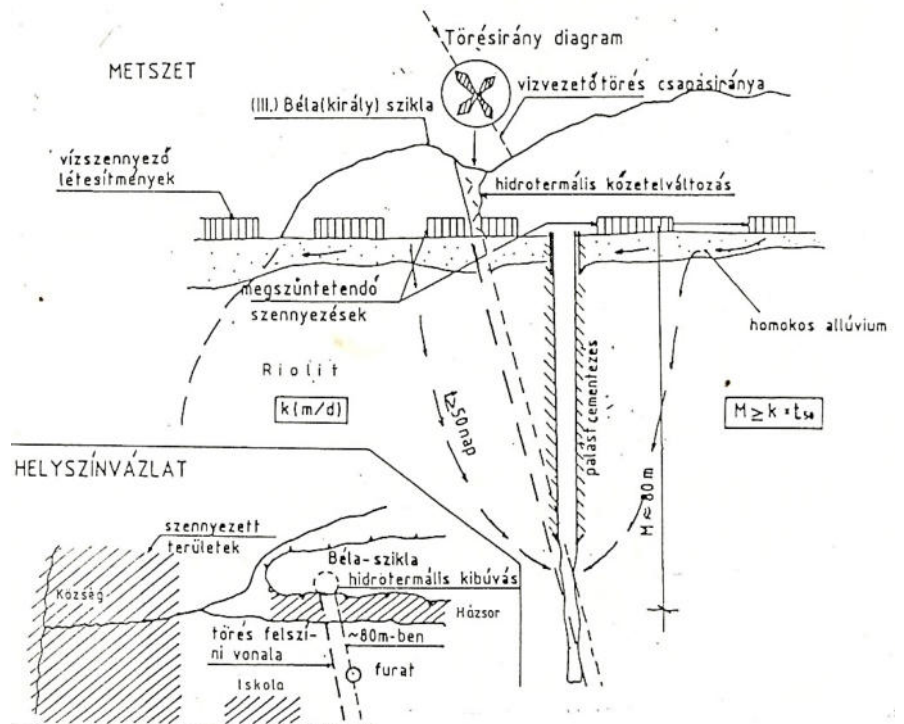
Geofizikai, valamint a közeli kőbányában végzett hidrotektonikai mérések és a vízrajzi kép alapján kitűzött ivóvízes fűrt kút környezetének teleptani szelvénye



42. ábra

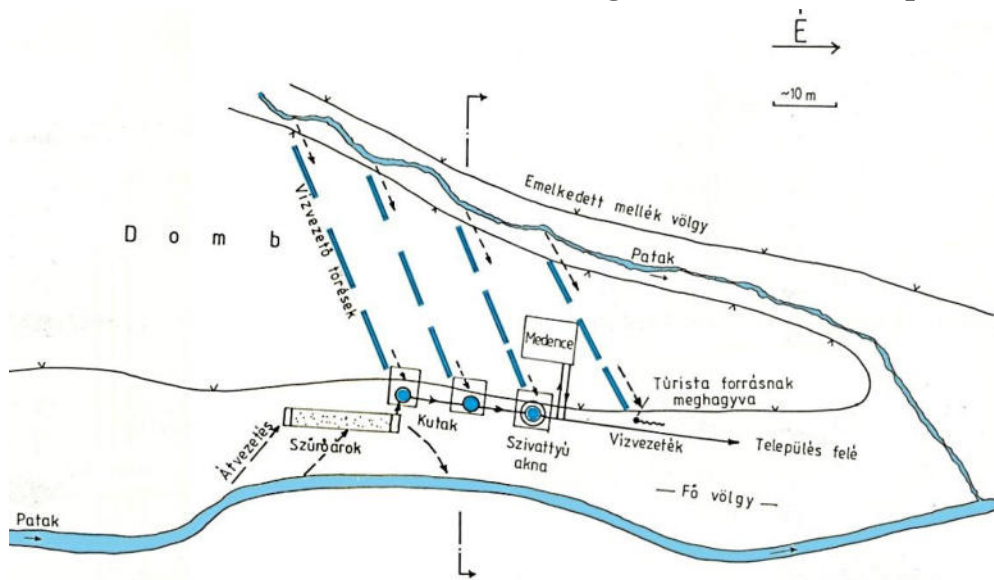
**Reprezentatív, hidrotermális kőzetelváltozásokat mutató szikla környezetében végzett hidrotektonikai mérések alapján, törészóna mélyebb pontjára kitzűzött ivóvizes fűrés kút környezetének hidrogeológiai szelvénye**

Ez, és az előbbi kút is eredményes lett a rossz vízadóképességű vulkáni kőzetfelépítésű területen.

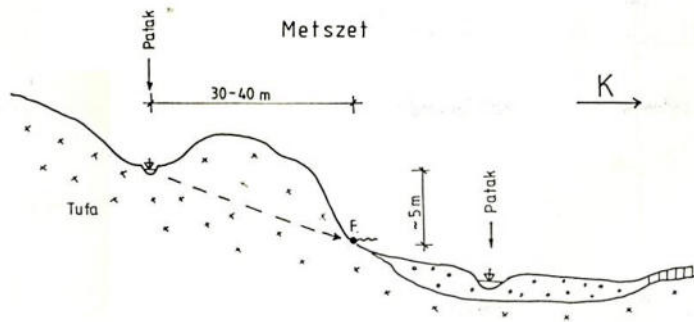


43. ábra

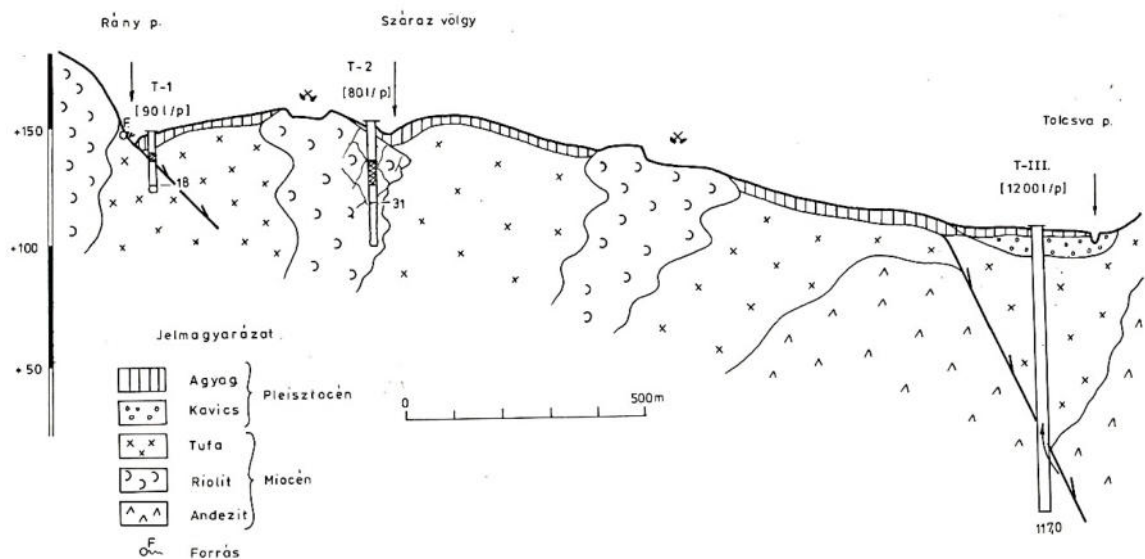
„Vízszegény” környezetben felismert, tufában haladó felszín közeli expanzív törésrendszeren keresztül a magasabban haladó patak felől utánpótlódó forrásfoglalási rendszer elvi telepítési vázlatja



44. ábra



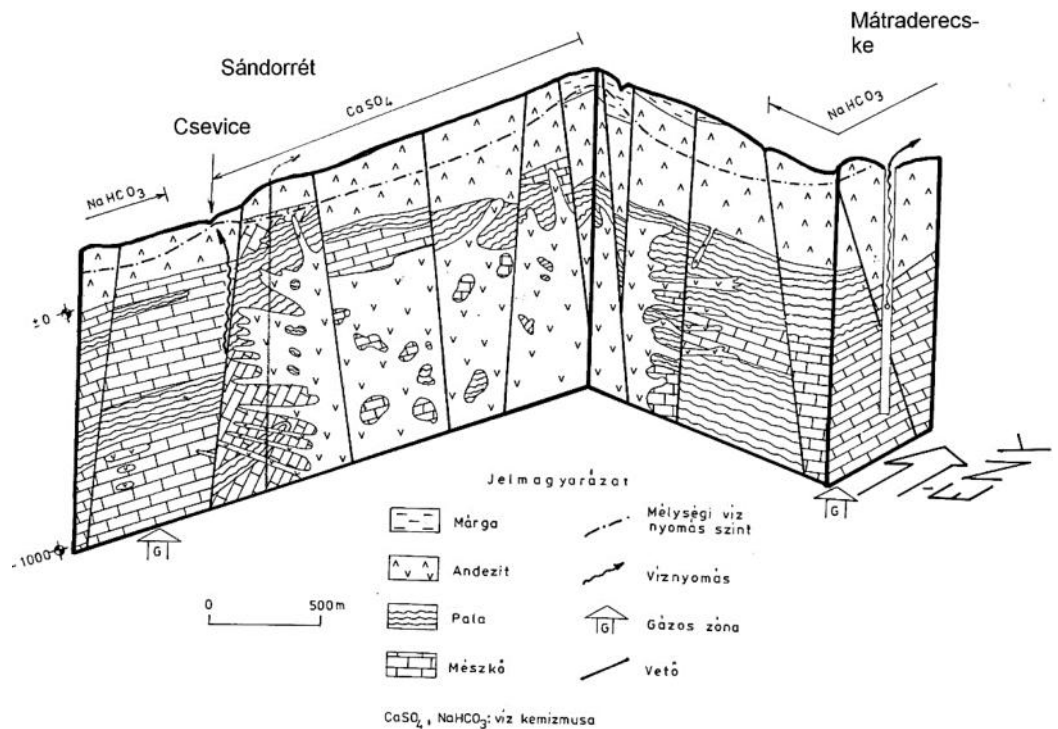
„Vízszegény” tufás környezetben áttört kései riolit tömegek geofizikai méréssel kimutatott repedezett perifériális zónáiba, valamint a felszínről is előre jelzett vetőzónákba telepített kutak eredményesek lettek



45. ábra

## Nagy térségű ércbányászati kutatások kulisszaszelvénye

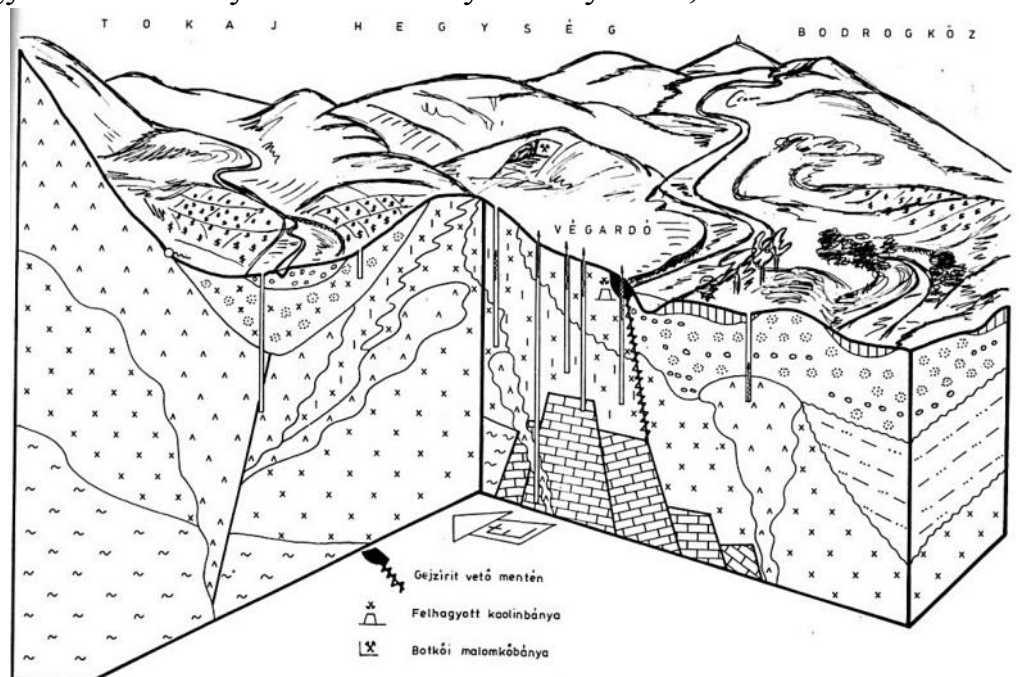
A mélyebb szubvulkáni benyomulással, valamint a felszíni fiatalabb nagy területű lávaömléssel „megdolgozott” mezozoós karbonátos alaphegységbe mélyített két fúrásból eltérő kémiai jellemzésű víz tört fel.



46. ábra

**Az előbbtől eltérően itt a miocén tufa, láva és gejzirit tömegek ölelik körül a magas helyzetben visszamaradt mezozoós karbonátos alaphegység tömeget**

A csupán néhány négyzetkilométernyi területen mélyült bányászati, valamint hévízkutató fúrások igen eltérő hidrogeológiai eredményeket hoztak. Ebben szerepe van a kaolinitosodott fedőben visszamaradt bányaüreg-rendszernek, a folyómeder átvágásnak és gázsapka nyomás-csökkenésének.

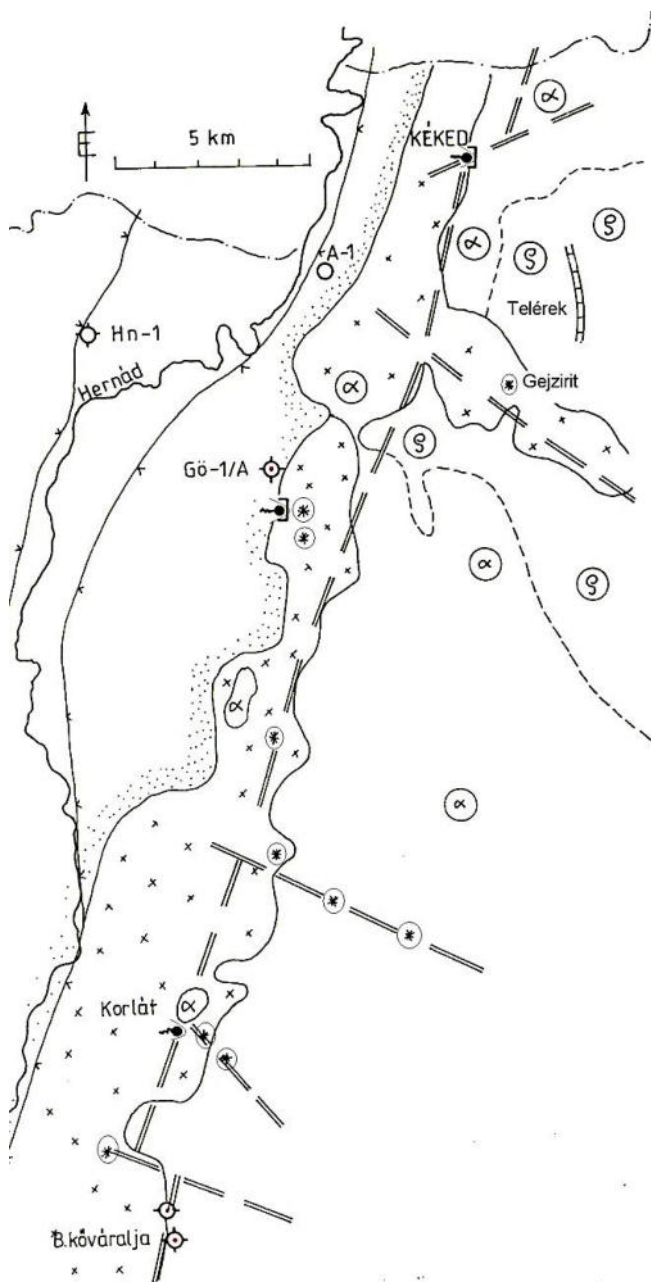


47. ábra

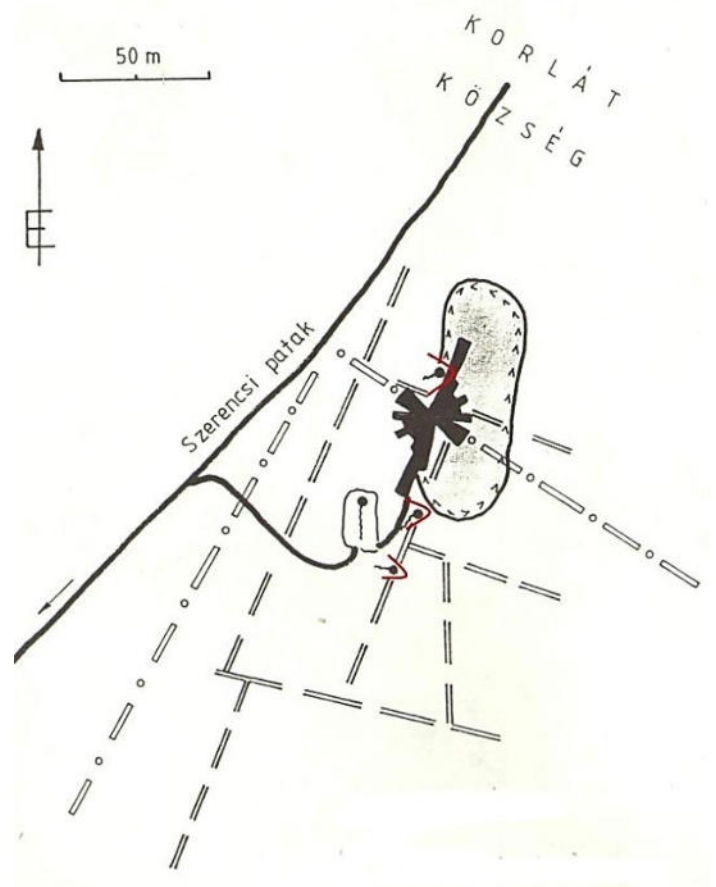
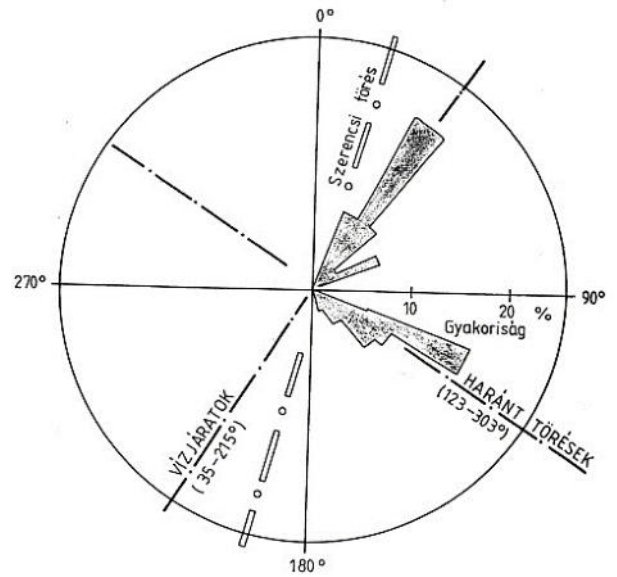
## Nagyszerkezeti szubdukciós zóna mentén jelentkező, valamint feltárt langyosvizek hidrotektonikai környezete

A „vízszegény” vulkanikus felépítésű környezetben a természetes langyosvíz fakadások és eredményes kútfúrások a többnyire haránt irányú, de mindig a nyitott (húzásra kialakult) törések mentén adódtak.

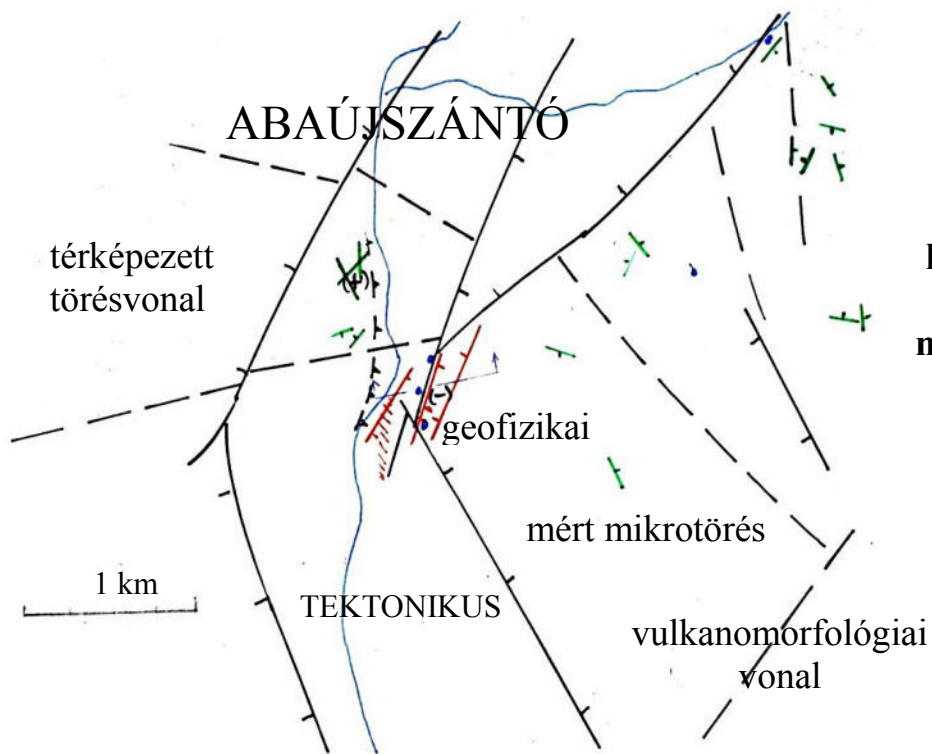
48. ábra



50. ábra



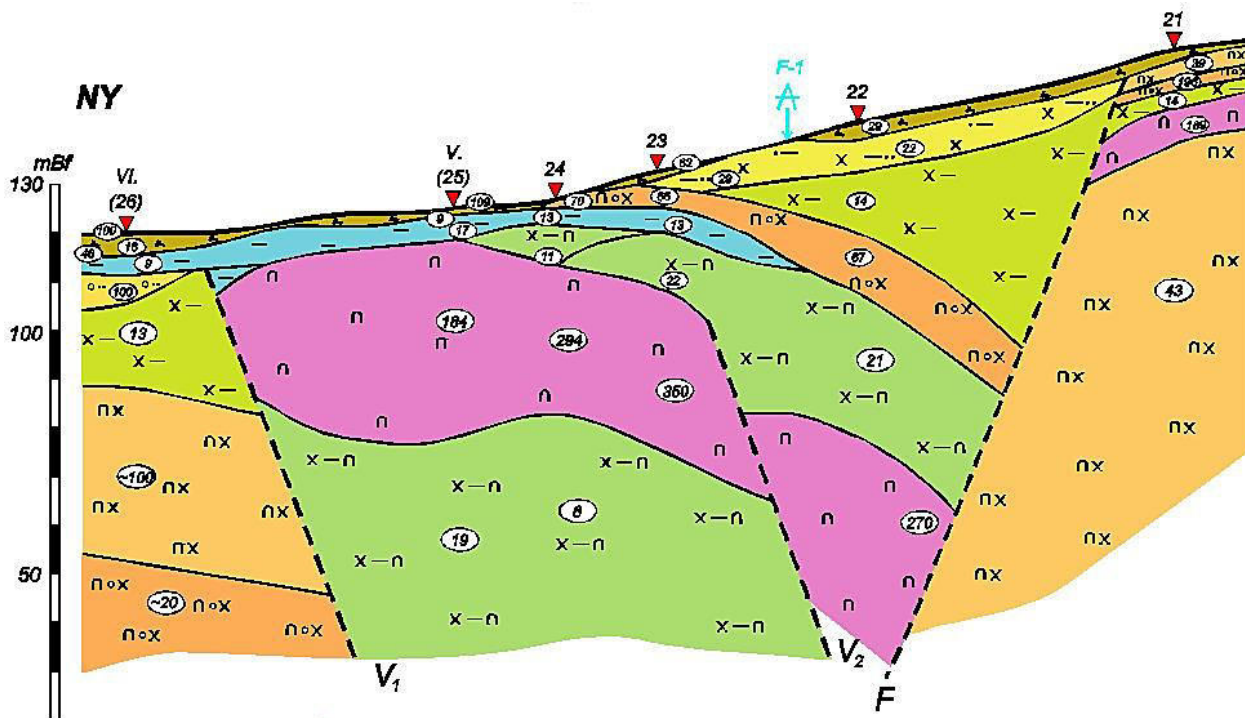
49. ábra



Az előbbi  
nagyszerkezeti  
zóna délebbi  
részén végzett  
hidrotektonikai  
térképezés  
melegvíz feltárás  
céljából

51. ábra

A geofizikai szelvényen jól kirajzolódik az egykori riolit (lila) mellékvulkán utólagos tektonikus depressziója.



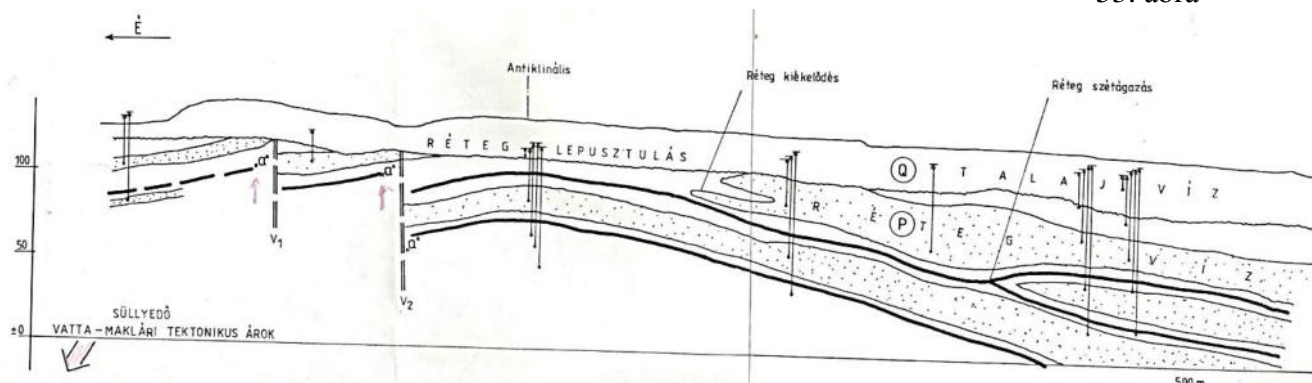
52. ábra

# **IV. MEDENCE üledékek**

## **teleptani példái**

## A fő rétegvíz-tároló felsőpannon homokos összlet jellegzetes medenceperemi települési szelvényei

53. ábra

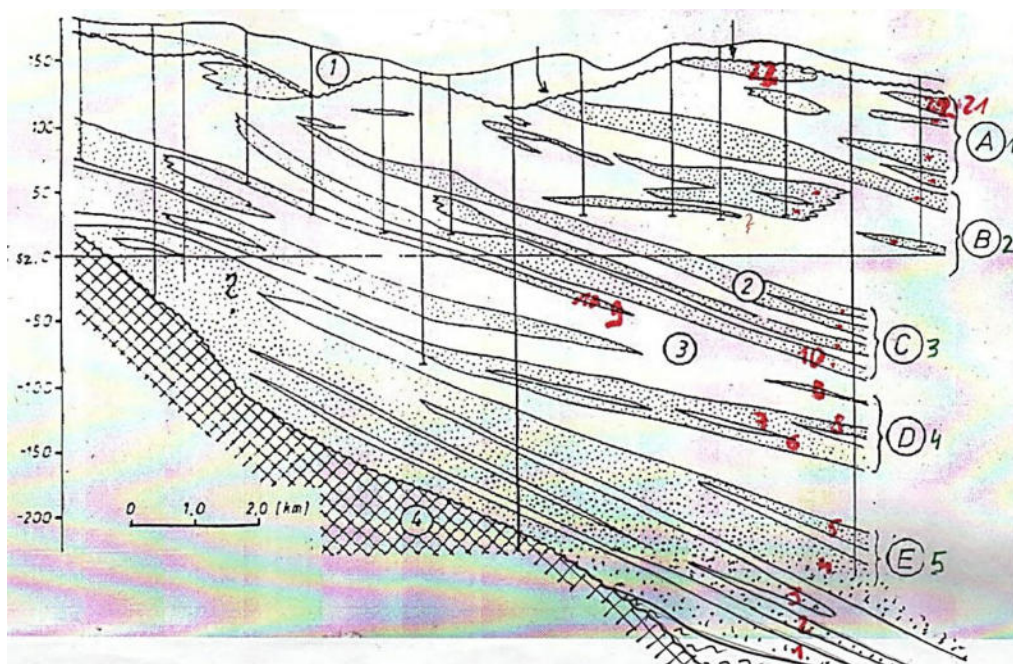


Jellemző települési elemek:

- dőlt rétegződés
- szétágazódás, kiékelődés
- boltozatos gyűrődés
- vetődéses rétegmegszakítások.

Mindezek determinálják a vertikális kommunikációt, akár szétválasztódva csak gázok, vagy sók migrációjára is, ami a talajvíz felől érkező szennyeződések nem hidraulikus transzportját teszi lehetővé.

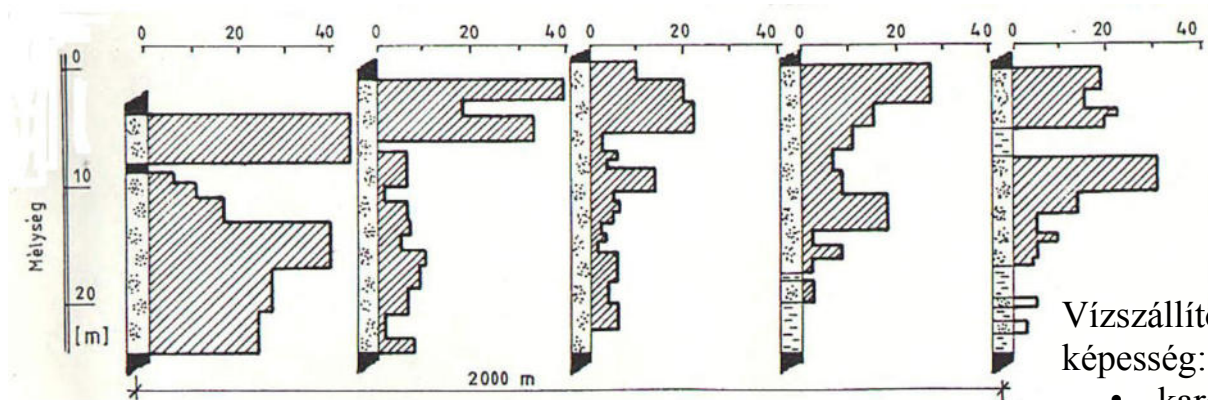
## Alföld peremi rétegvíz-tároló telepes összlet



A 21-22 kiékelődő, szétágazódó homokréteg 5 telep-csoportba van összevonva a modellezéshez.

54. ábra

## A látszólag homogén homokos rétegek valójában nagyon tagoltak

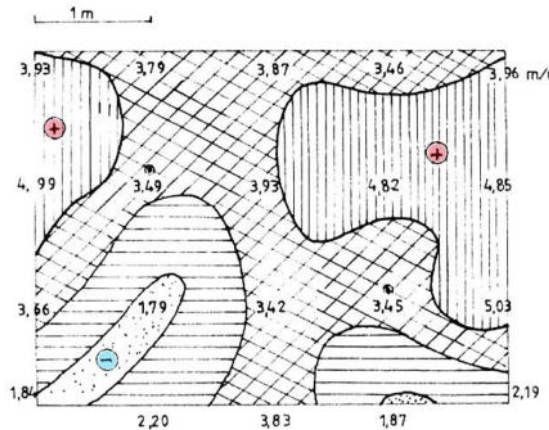


Vízszállító  
képesség:

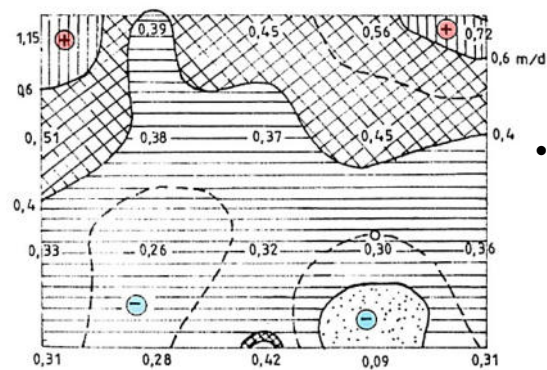
- karotázs

Beyer - módszerrel

55. ábra



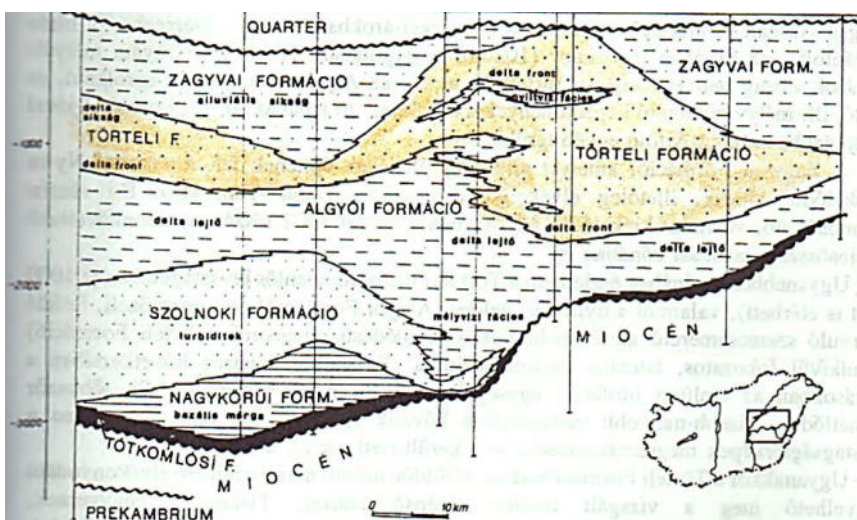
Zamarin - módszerrel



- rézsúfal  
mintázás  
alapján

56. ábra

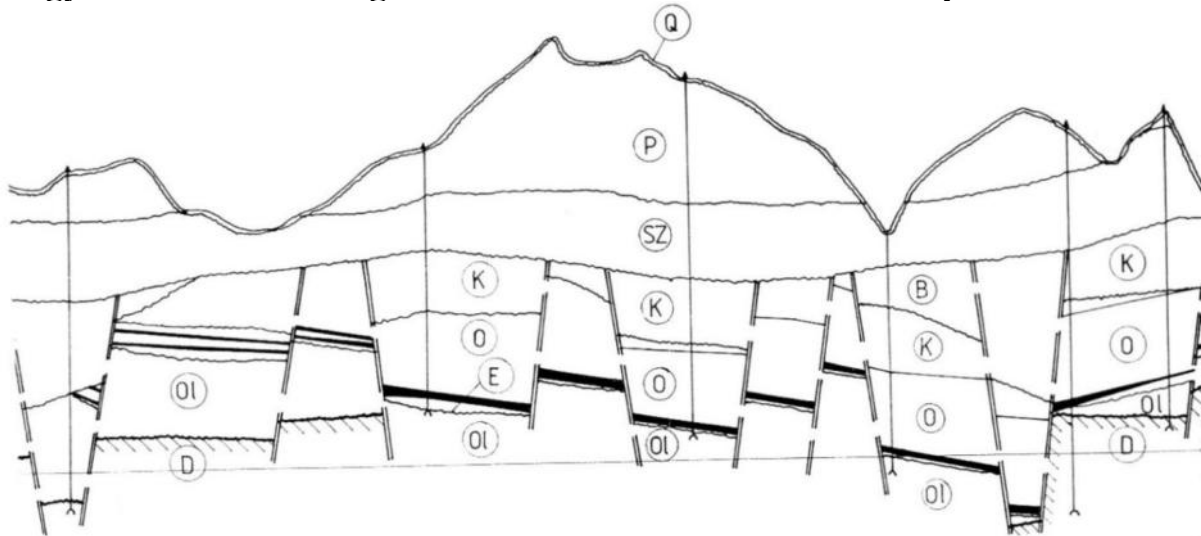
## A réteg- és termálvíz tartó felsőpannon homokos összlet *litofácies* környezet



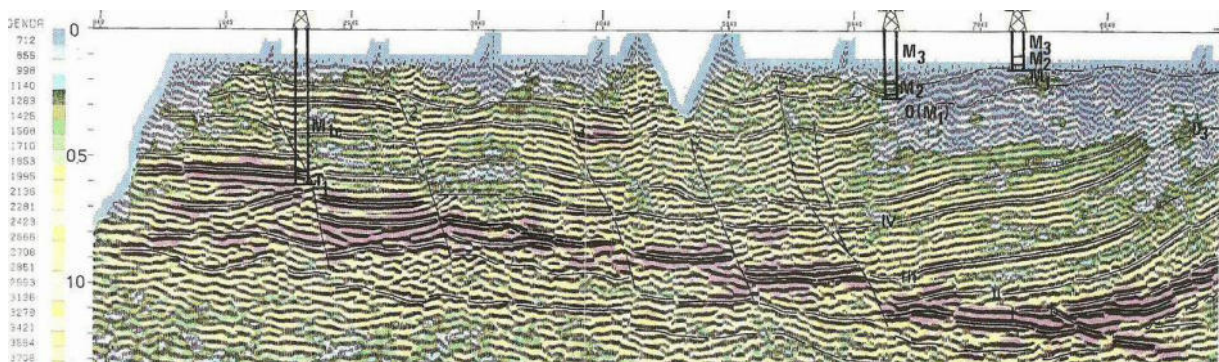
Alföldi formációk:  
BÜKKALJAI LIGNIT:  
(regressziós, lakusztikus)  
ZAGYVAI: ártéri, tavi  
(alluviális, lakusztikus)  
TÖRTÉLI: partközeli  
homokos (lagunáris)  
ALGYÓI: nyíltvizi, agyagos  
(marináris, pelites)  
SZOLNOKI: finomhomokos,  
csomós (turbidites)  
NAGYKÖRŰI: nyílttengeri  
fenékmárga (bazális)  
TÓTKOMLÓSI: nyíltvizi  
mészmárga.

57. ábra

## Hegyközi medence rétegvíztároló összletének átnézetes települési metszetei



58. ábra: Fúrásai, hagyományos szerkesztés alapján

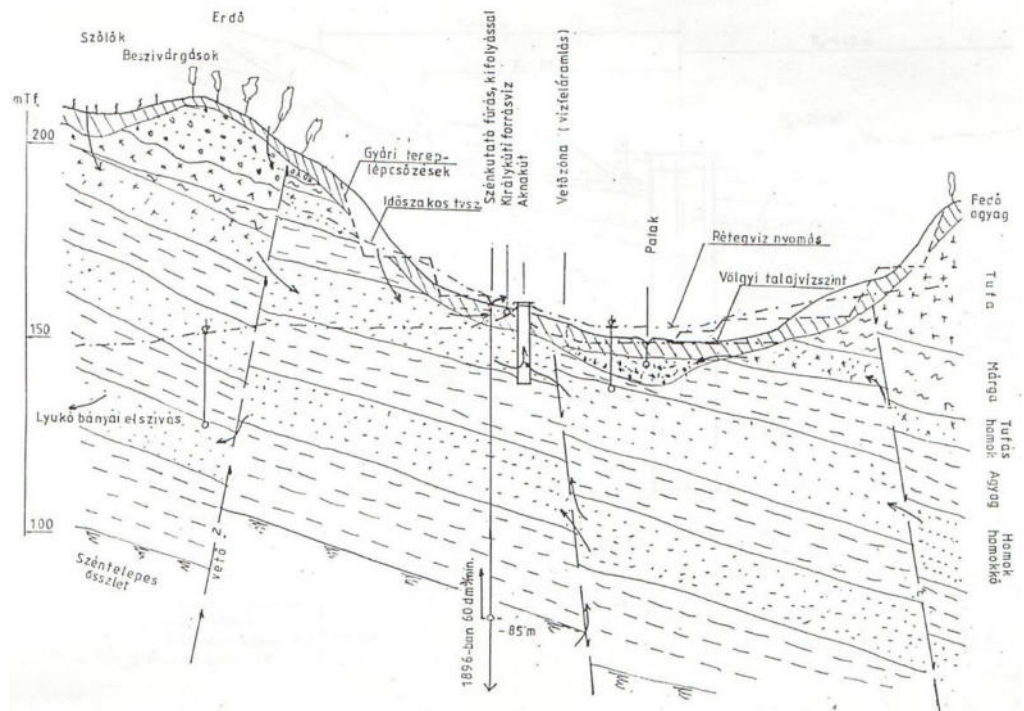


59. ábra: Szeizmikus mérés alapján

## Hegyperem közeli miocén rétegvíztároló rendszer részben valós, részben elvi metszete

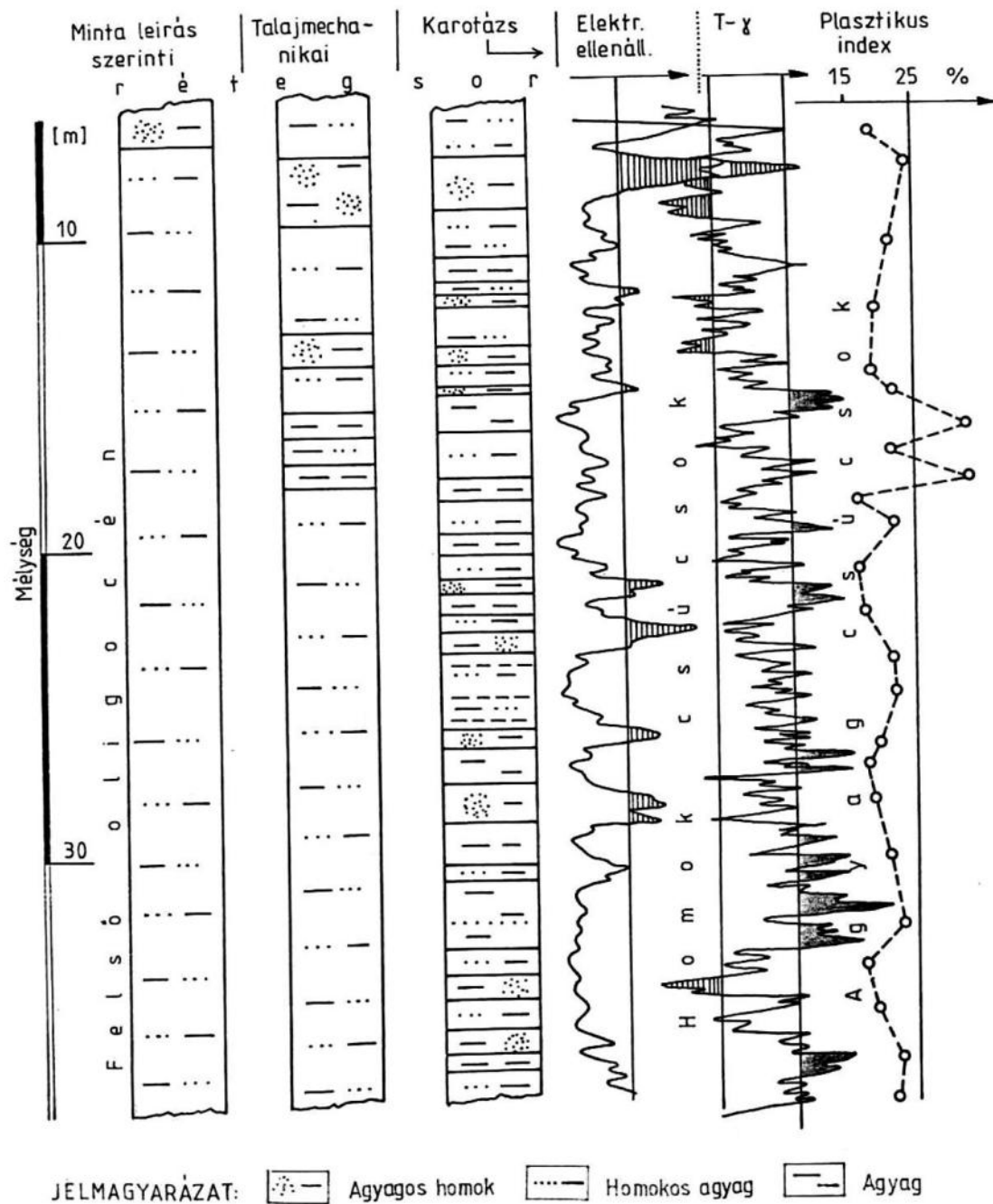
A nyomásviszonyok kialakulásában, bányavizes váltoásaiban a nyitott (húzott) vetőzónáknak nagy szerepe van.

60. ábra





**Fúrési kőzetminta leírás alapján egyveretűnek látszó, rossz vízadó-képességű képződmény valóságos felbontása karotázs alapján**

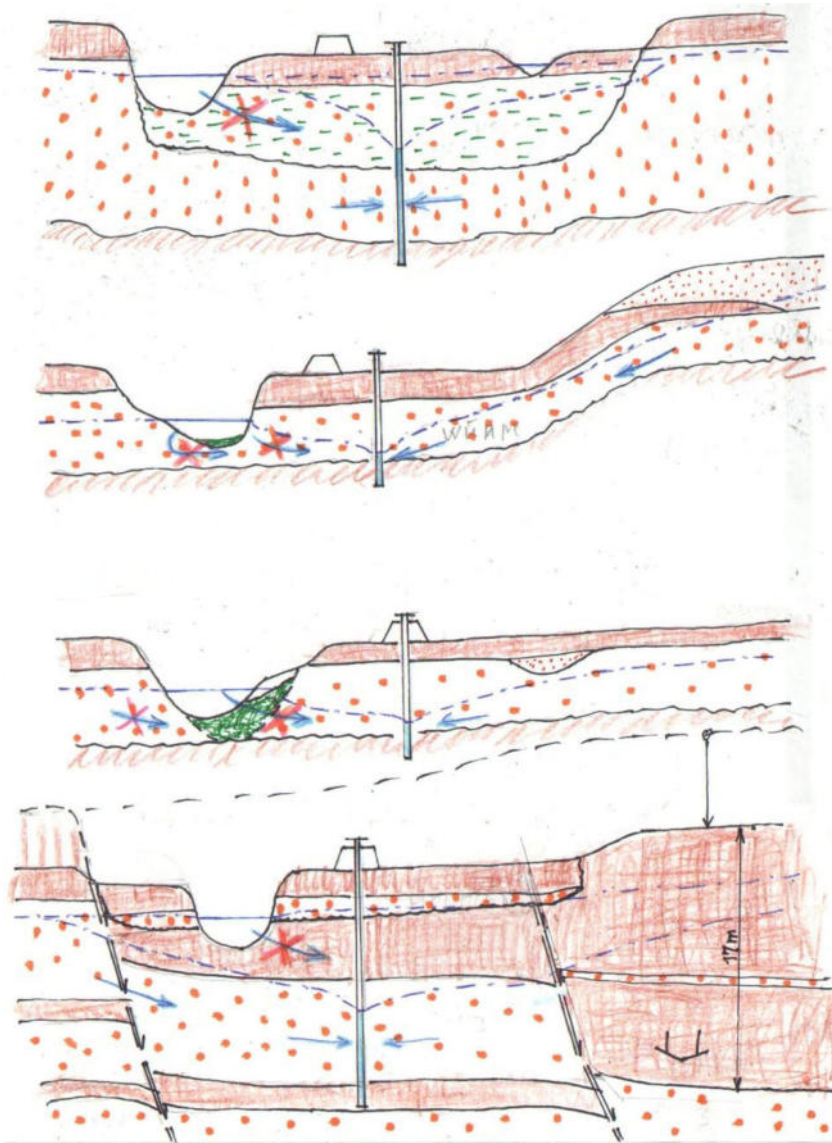


62. ábra

A valóságban 8-10 vékony vízvezető réteg található az egyébként egyveretűnek vélt, több mint 30 méteres rétegen belül.

**V. FOLYÓVÍZI törmelékkúpok,  
teraszok, hegyközi medencék  
teleptani példái**

## Mikor nem működik a parti szűrés?



- holocén áthalmozáson keresztül, (*Tiszadob, Ároktő, Algyő*)

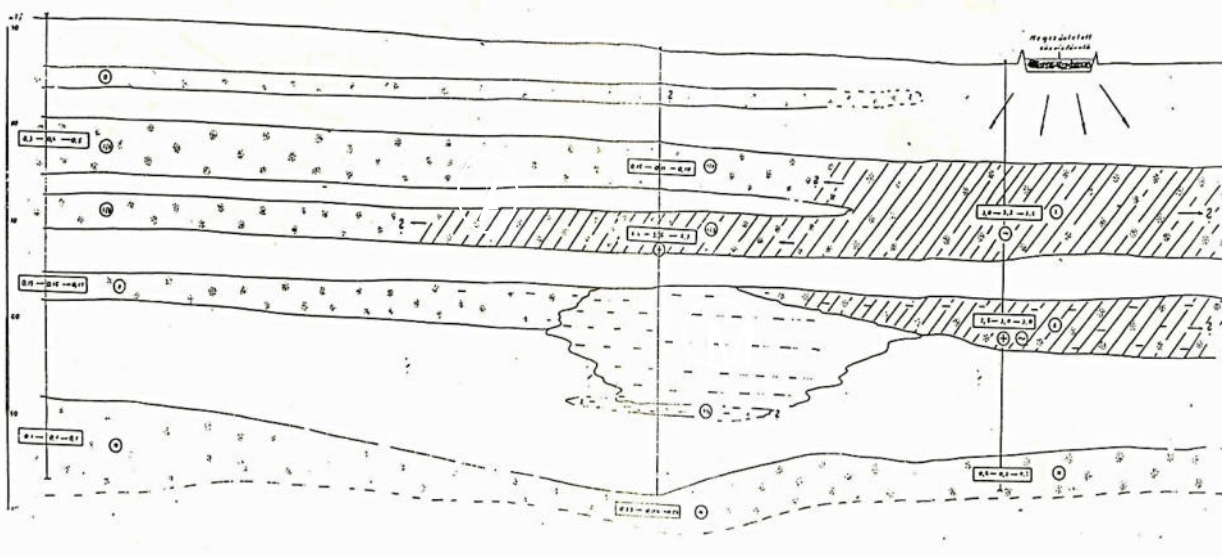
- a folyó felőlitől magasabb háttérnyomás és vízszállító-képességénél, (*Dunakeszi*)

- mederkotrás követő feliszapolódásnál, (*Nagymaros-Szentendre*)

- tektonikus süllyedés miatti rétegelválásnál (*Borsodi Sörgyár*)

63. ábra

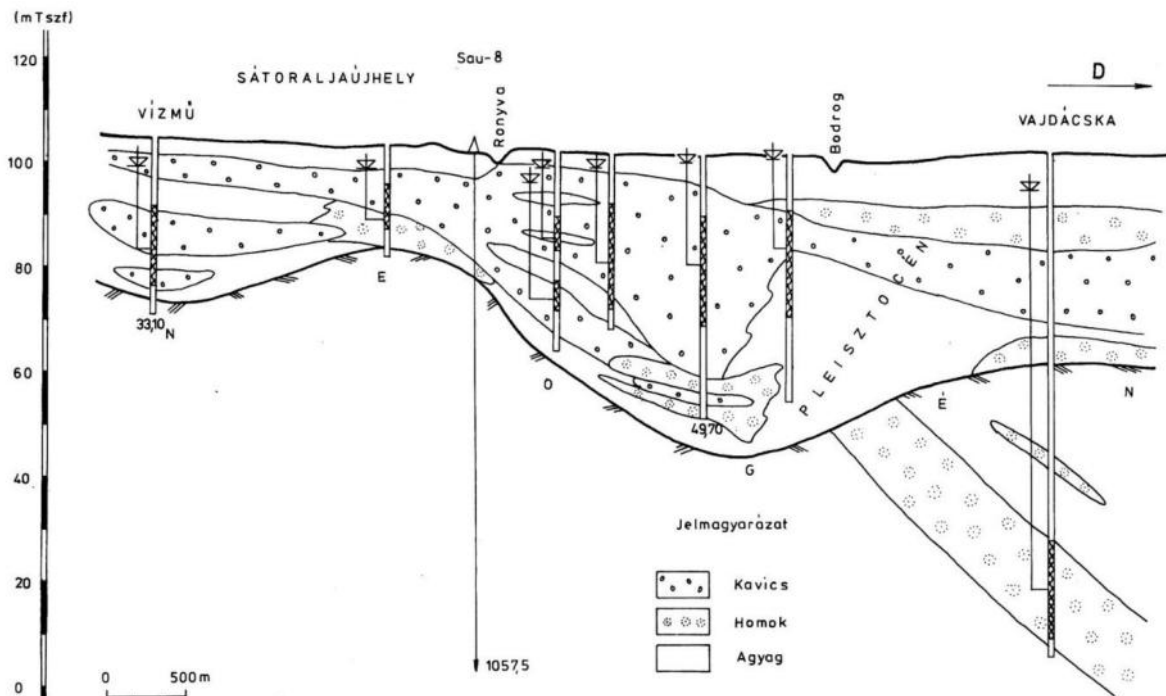
## Negyed időszak végi hidrogeológiai szelvény vertikális és horizontális tagoltsága a Magyar Alföld középvidékéről



64. ábra

Megjegyzés: a szemcsés talaj- és sekély rétegvizes rétegek sraffozott része a felszíni sósvíz tározó medence felől elszennyeződött zónát mutatják.

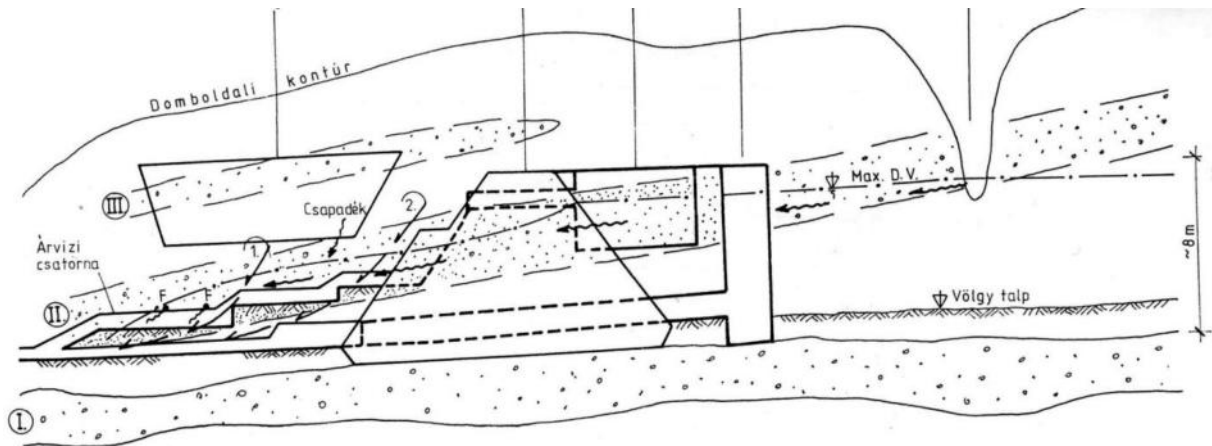
## Patakvölgy és folyómedres fiatal medence üledékeinek találkozási



65. ábra

Jellemző a vízz szállító képesség szeszélyes váltakozása, valamint a talaj- és rétegvíz tározók esetleges kapcsolata.

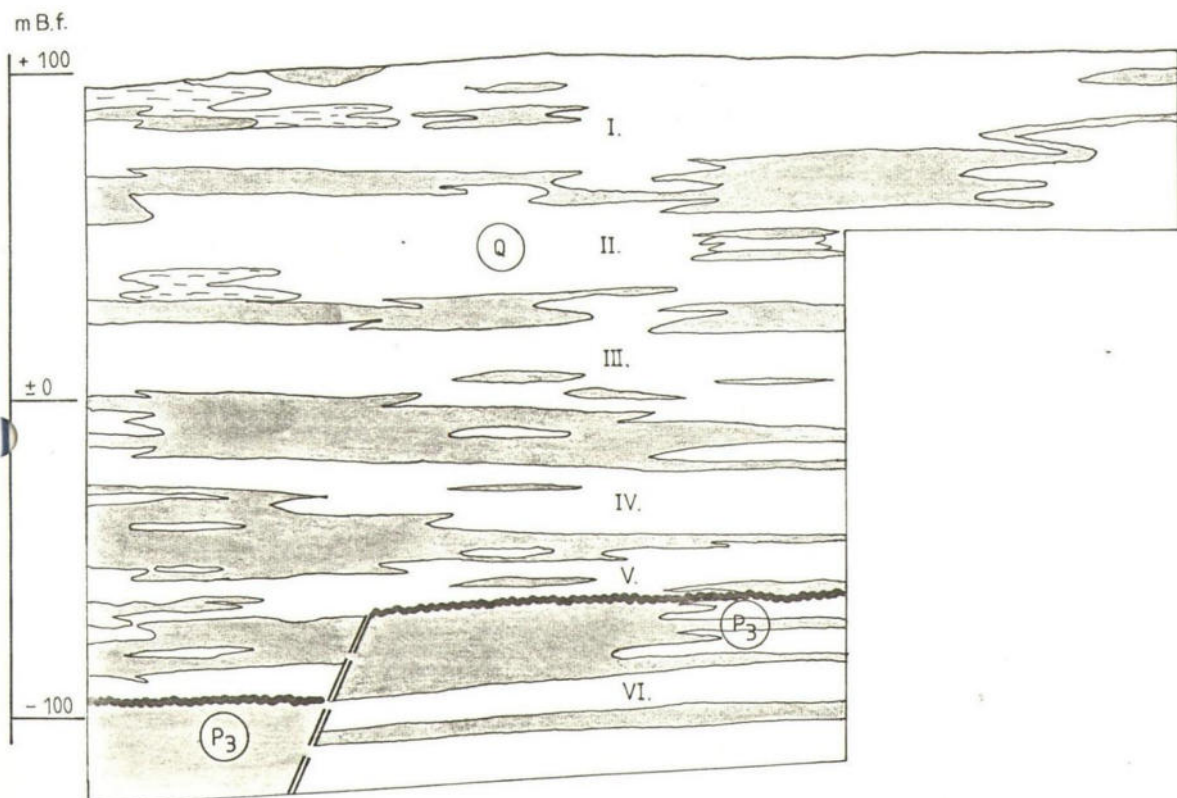
**Hegyperemi patak völgy talpi és domboldali kavicsteraszai, egy víztározó gát és anyagyerő bánya szelvényében**



66. ábra

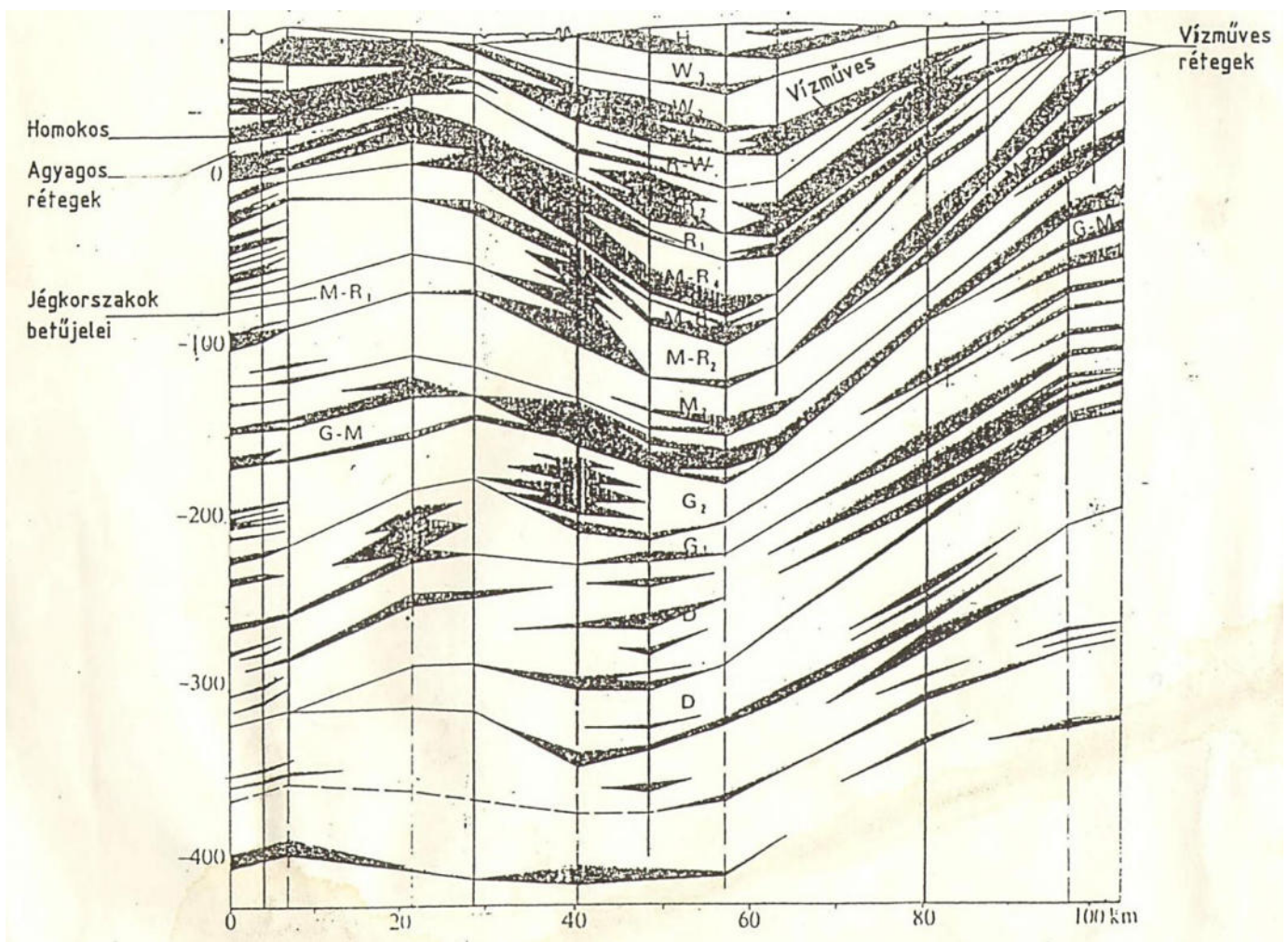
A domboldali idősebb kavicsteraszok maradványai az egykori völgytalpakat jelzik (FEJLŐDÉSTÖRTÉNET!!!).

**Alföldi negyedidőszaki medence vízvezető szintjeinek (üresen hagyva!) emeletsora a szeszélyesen váltakozó vastagságú „szemipermeábilis” rétegek között**



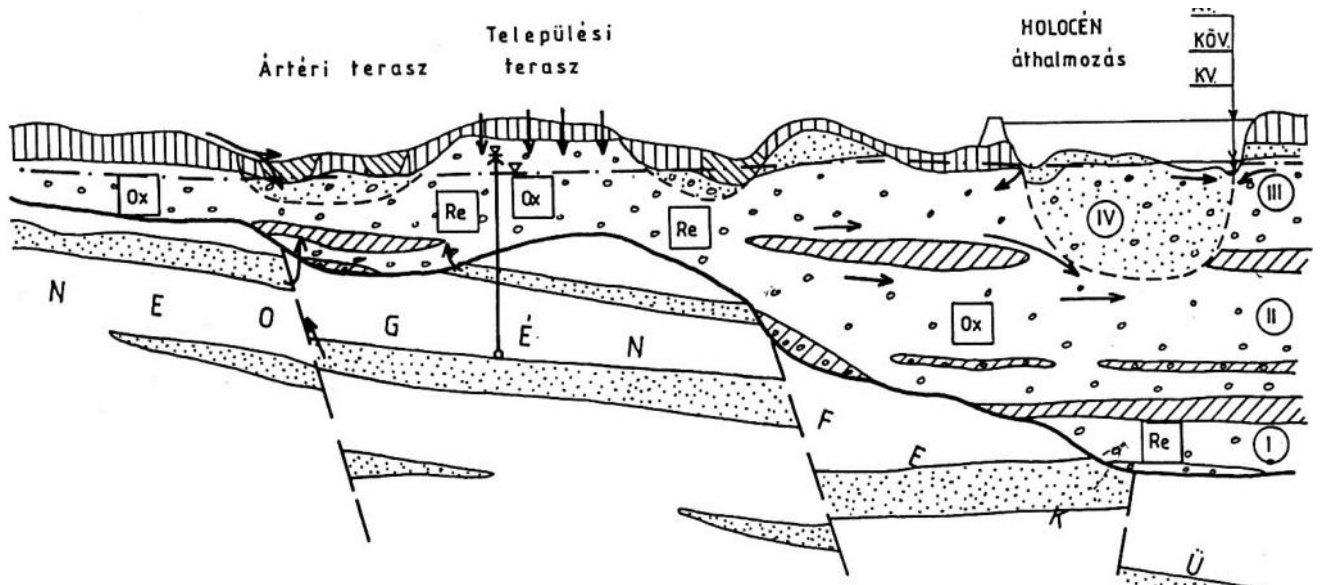
67. ábra

**A teljes negyedidőszakot felölelő alföldi törmelékkúp, „jégkorszakilag”  
beszintezett szelvénye**

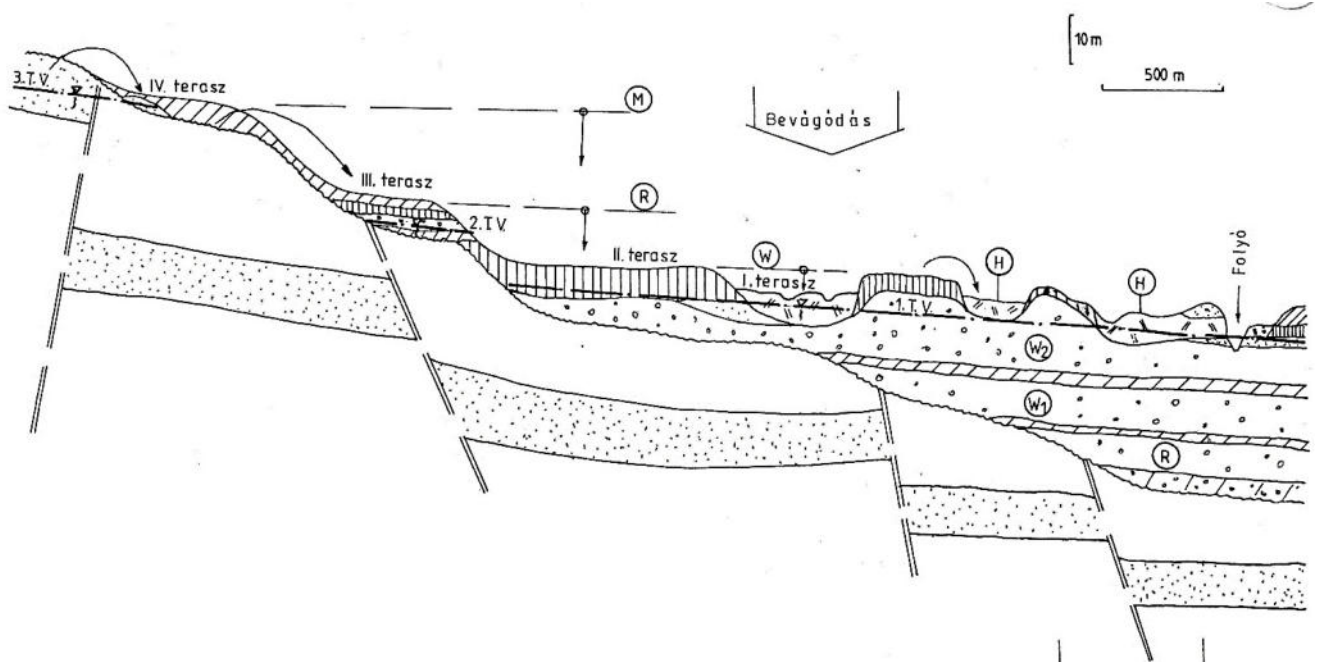


68. ábra

## A folyóvölgyi, domboldali visszamaradó törmelékterasz szintek elvi rendszere

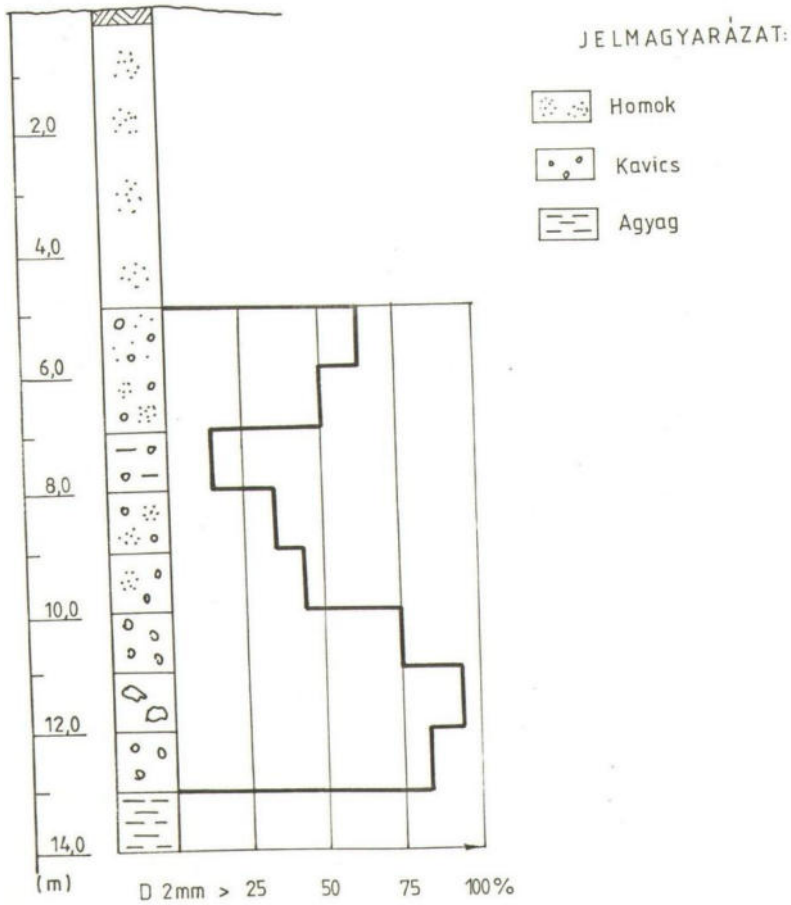


69. ábra



70. ábra

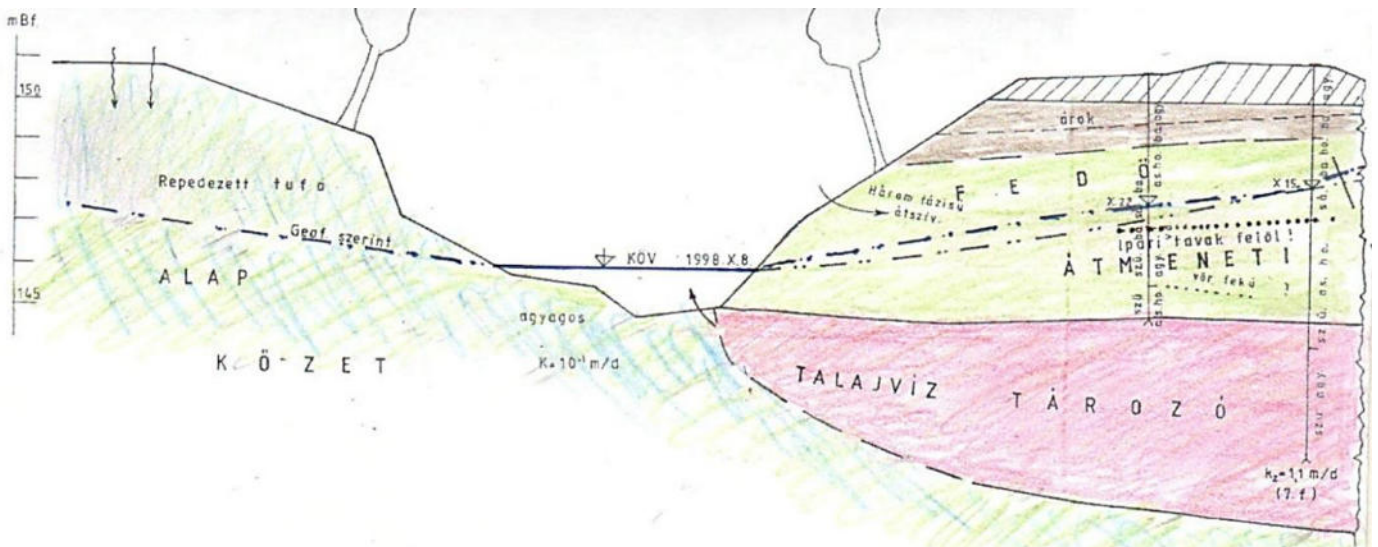
## A homógennek vélt folyóvölgyi kavicsrétegek valóságos tagoltsága



A félméterenkénti szemszerkezeti vizsgálattal kimutatott vertikális szivárgáshidraulikai tagoltság miatt a gyakorlati jelentőségű vízáramlás csak a teljes a teljes rétegvastagság kb. 50%-ában jelentkezik, ezen belül is nagy részben, az alsó 1 méter vastag görgeteges rétegben.

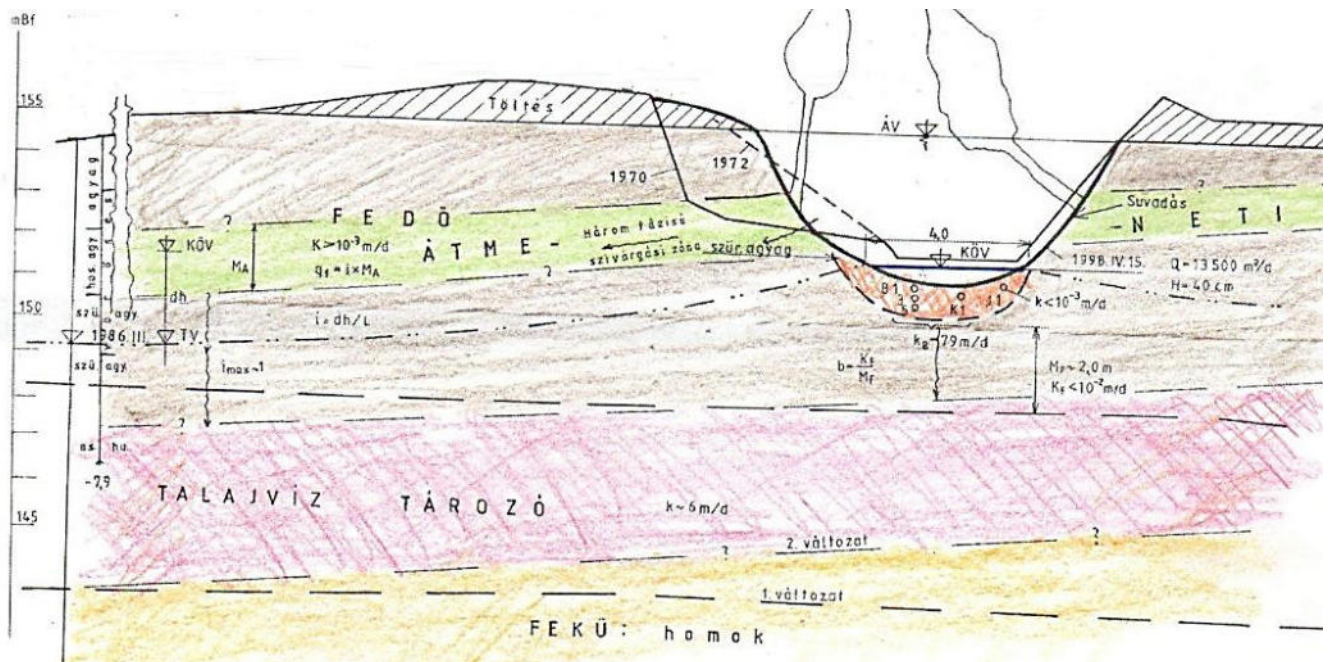
71. ábra

## Hegyközi medence patakmedrének korlátozott kapcsolatai a talajvíz tározóval



72. ábra

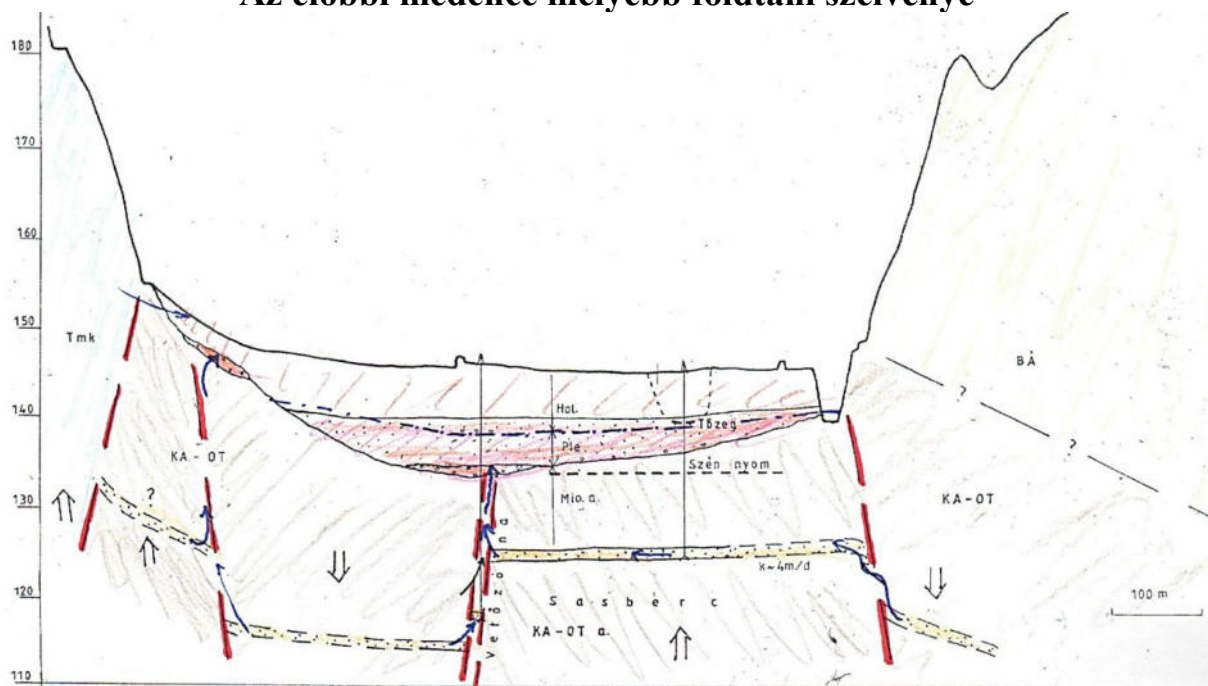
A meder eltolódott a talajvíztározóról az alapkőzetre.



73. ábra

A meder nem érintkezik közvetlenül a talajvíz tározóval, viszont árvízi időszakban tölti a fedőösszlet átmeneti vízzállító képességű réteget.

### Az előbbi medence mélyebb földtani szelvénye



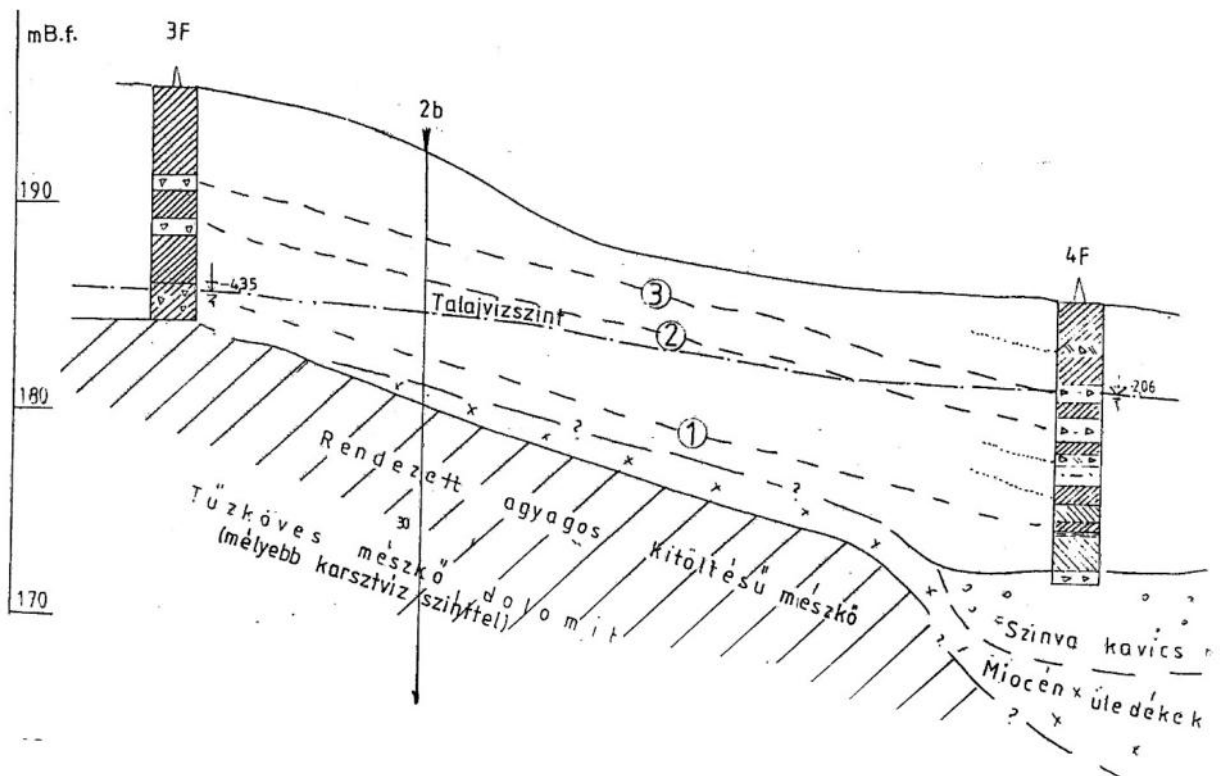
74. ábra

A fekü nyomás alatti homokrétegei felől a nyitott (húzott, haránt) törések mentén gyakorlati jelentőségű utánpótlódás, valamint a patak vízállásától függő hidraulikai kapcsolat feltételezhető.

# **VI. LEJTŐ üledékek (dombvidéki)**

## **teleptani példái**

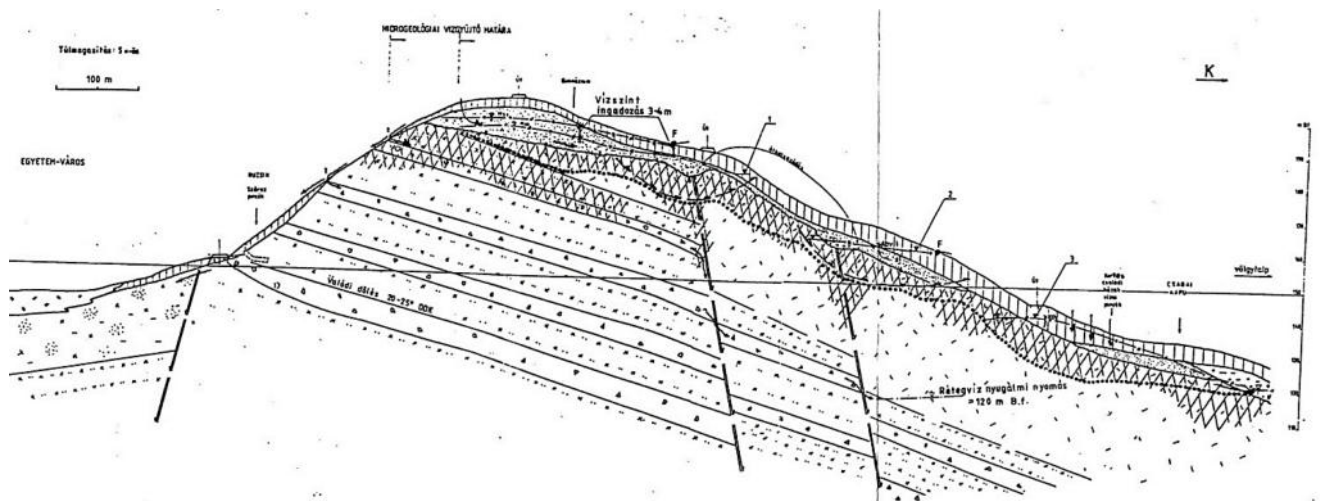
## Karszthegység peremi lejtőüledék sor hidrogeológiai tagoltsága



75. ábra

A fedő hidraulikus inhomogenitása miatt szivárgó vizek „bárhol és bármikor” megjelenhetnek.

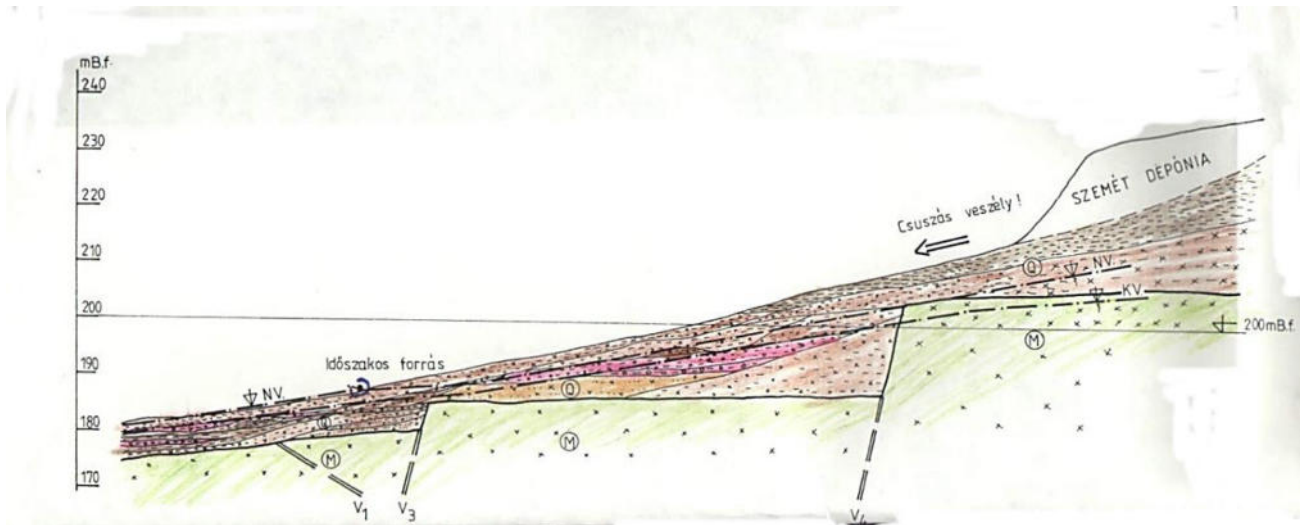
## Vulkanogén domb fedőréteg viszonyai



76. ábra

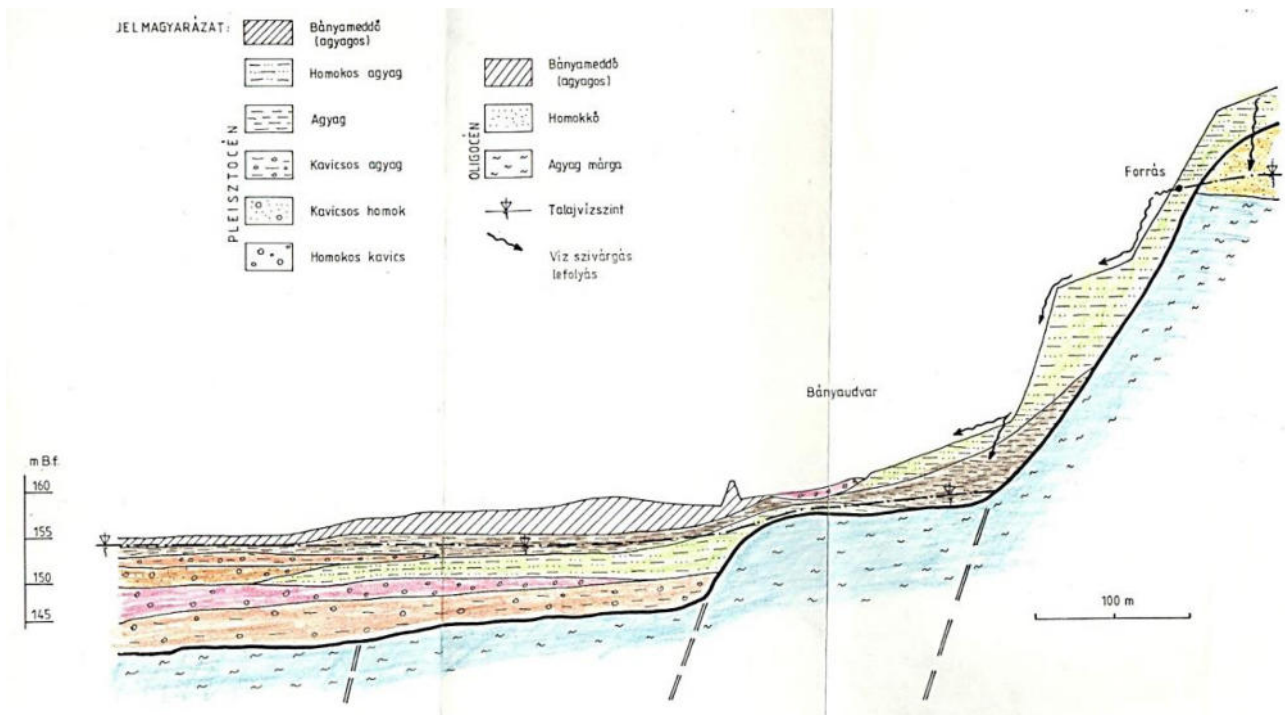
Az agyagos negyedidőszaki fedőréteg alatt a neogén alapkőzetből lepusztult homokos lencsék maradtak vissza, mint függő talajvíz tározók. Az ez alatti repedezett oxidálódott neogén kőzetszint szintén „alattomos” víztározó, amely hidraulikai kapcsolatban lehet a domb homokos rétegeivel.

## Domblábi és oldali lejtő rétegsorok, kaotikus „szendvics” felépítése



77. ábra

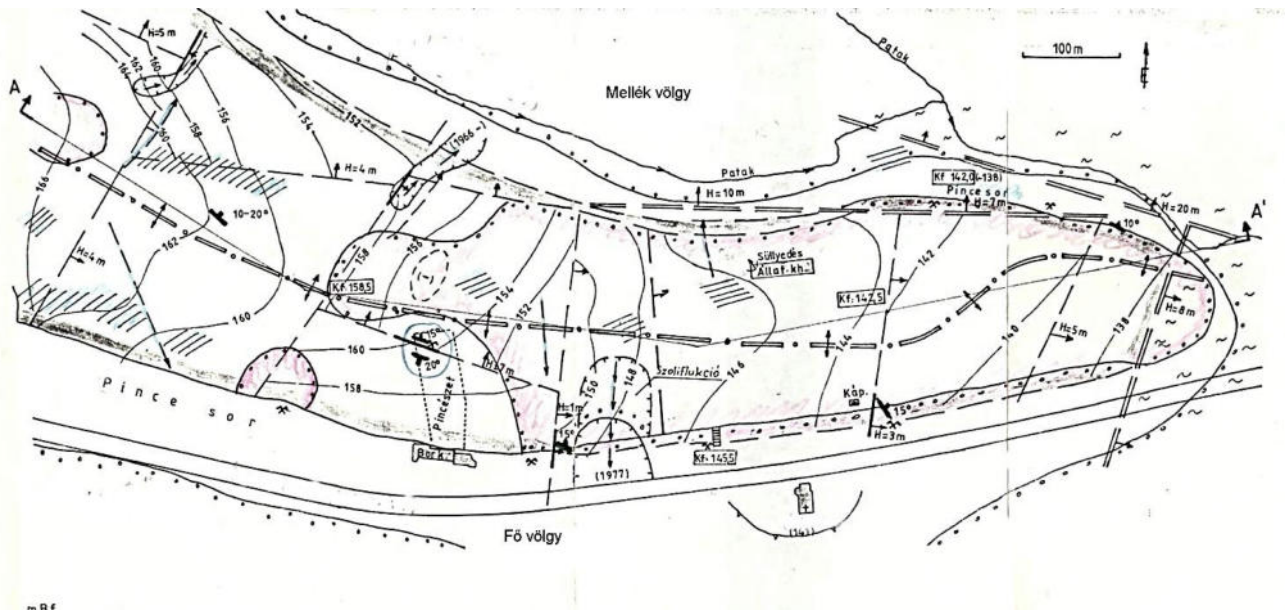
A lejtőlábon kibukó forrást az egykori magasabb völgytalpról visszamaradt kavicslencse magyarázza.



78. ábra

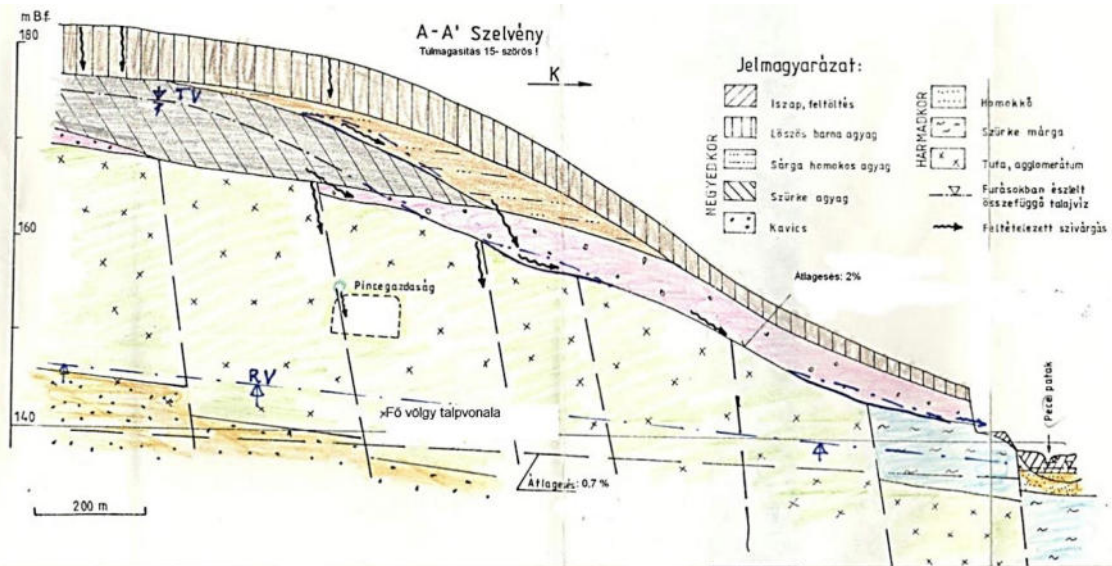
A lejtő előterébe benyúló völgytalp szélének üledéksorát a FEJLŐDÉSTÖRTÉNET alapján lehet rekonstruálni (kavicsos szintek váltakozása). A domboldal magasabb helyzetű forrása az alapkőzet rétegváltozásából ered.

## Patak völgyek találkozásához benyúló domb hidrogeológiai képe



79. ábra

A térkép a negyed-időszaki fedő kavicsréteg elterjedését, fedő fekü-szintvonalait (mBf), a fúrásokban észlelt lokális vizeket, az alapkőzet vető törésvonalait és a talajvíz szivárgásokat jelző földcsúszásokat mutatja.



80. ábra

A hidrogeológiai szelvényen jól látható az összefüggő, valamint lokális talajvizek helyzete és kapcsolatuk a tufa alapkőzet fekéjét alkotó homokkőben tározódó réteggel.

Tisztelt Hallgatók!

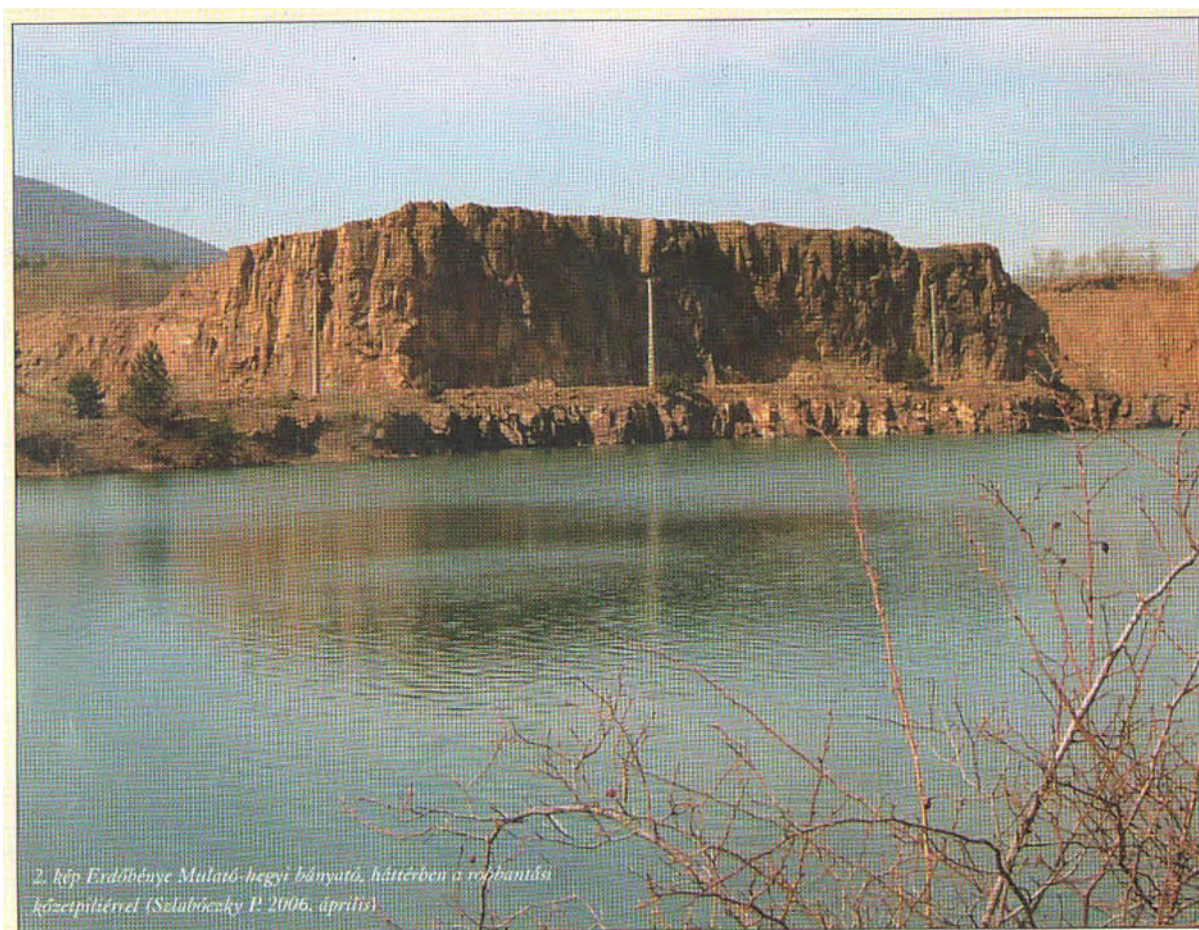
Az erdőbényei poszt-vulkáni fenékforrású bányató fényképével búcsúzom Önöktől.

Remélem, megjegyzik, hogy a valósághű

*teleptani s é m a*

az egyik feltétele a valósághű hidrogeológiai modellezésnek.

**Köszönöm a lehetőséget a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai és Mérnökgeológiai Tanszékének, Dr. Szűcs Péter docens Úrnak, a több hetes előkészítő technikai segítséget Szántó Judit kisasszonynak és Feleségemnek.**



*Jó szerencsét!*