

**VÍZGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS KUTATÓ RT. (VITUKI RT.)  
HIDROLÓGIAI INTÉZET**

**Témaszám: 712/1/4286-1**

**FELSZÍN ALATTI VIZEK UTÁNPÓTLÓDÁSÁNAK VIZSGÁLATA  
A SZIGETKÖZBEN**

**Deák József**

**Az izotópvizsgálatok eredményeinek értékelése**

**A zárójelentés 2.melléklete**

**Budapest**

**1998**

A Szigetközben és környezetében hidrogeológiai és hidraulikai adatokból nem határozhatók meg egyértelműen a talaj- és rétegvíz utánpótlódási és áramlási viszonyai, ezért itt kiemelten fontos szerepe van a természetes nyomjelzők (elsősorban a környezeti izotópok) mérésének. A Szigetköz felszín alatti vizeinek vizsgálata során az izotóphidrológiai elemzések jól használható, esetenként perdöntő információkat szolgáltatnak. Segítségükkel vizsgálható:

- a kavicsösszletben tárolt víz eredete, Dunával való kapcsolata
- a természetes talaj- és rétegvíz áramlás iránya és sebessége
- az elterelés hatása a felszín alatti vízáramlási rendszerre
- a terület hidraulikai modelljének verifikálása. A modellezett utánpótlódási és áramlási viszonyokhoz ugyanis hozzárendelhető egy szimulált izotópeloszlás is, ami összehasonlítható a mért izotóp értékekkel. A különböző eredményeket szolgáltató modellek közül így kiválasztható az, amelyik a valóságnak leginkább megfelelően írja le a Szigetköz és környezete felszín alatti vizeinek természetes áramlási viszonyait.

1998. évi izotóphidrológiai vizsgálataink (1. pont) során újabb adatokkal egészítettük ki az MTA, a KTM, a KHVM és a US-Hungarian Joint Fund által finanszírozott korábbi vizsgálatok során készült izotópos adatbázist. Ennek az adatbázisnak a felhasználásával komplex izotóphidrológiai értékelést készítettünk a Szigetköz és környezete felszín alatti vizeiről (2. pont)

### **1) 1998. évi környezeti izotóp mérések**

A meglévő többszáz környezeti izotóp (trícium,  $^{14}\text{C}$ , stabil izotóp) adat kiegészítéseként illetve bizonyos pontokon ellenőrzéseként ezévből 20 db trícium és 20 db  $\delta^{18}\text{O}$  vízmintát vizsgáltunk a Szigetköz talaj- és rétegvíz kútjaiból (1. és 2. táblázat). Ezen felül 4 db MÁFI figyelőkútból négy alkalommal vett vízminta  $\delta^{18}\text{O}$  tartalmát is mértük (3. táblázat), a stabil izotóp összetétel időbeli változásának kimutatására.

Az ezévi adatokat beillesztettük a terület izotópos adatbázisába és felhasználtuk a Szigetköz és környezete izotóphidrológiai értékeléséhez (2. pont).

## 2) A szigetközi felszín alatti vizek utánpótlódási és áramlási viszonyainak értékelése környezeti izotóp adatok alapján

### 2.1) A Szigetköz talaj- és rétegvizeinek eredete, kapcsolata a Dunával

A Szigetközben és környezetében a többszáz méter vastagságot elérő kavicsréteg pórusai-ban ivóvíz minőségű talaj- és rétegvíz helyezkedik el, amely a terület hidrogeológiai viszonyai alapján különböző eredetű lehet :

- a kavics alatti pliocén rétegekből feláramló rétegvíz
- helyi beszivárgású csapadékvíz
- a Dunából elszivárgó és közel vízszintes irányban áramló víz

#### 2.1.1) A mélyebb rétegekből feláramló rétegvíz kimutatása

A rétegvizek abszolút korának nagyságrendi becslése  $^{14}\text{C}$  vízkormeghatározások alapján történt (4. táblázat). A Szigetköz területén mindenütt nagyon friss, 2-3 ezer évnél biztosan fiatalabb vízkort kaptunk a kavicsban lévő rétegvízre. Ezzel ellentétben, a kavics alatti pliocén rétegekből vett vízminták kora 20-30 ezer év. A feláramló, idős pliocén rétegvíz részaránya a kavicsréteg vízének utánpótlódásában elhanyagolható, csupán a kavics legalján mutatható ki (részletesen ld. 4. pont).

*$^{14}\text{C}$  vízkormeghatározások alapján kizárható, hogy a pliocén rétegekből feláramló rétegvíz adja a kavicsban található víz utánpótlását.*

#### 2.1.2) A Dunából származó talaj- és rétegvíz kimutatása

A dunai eredetű és a helyi beszivárgásból származó víz részarányát a szigetközi talaj- és rétegvízben stabil oxigén-izotóp arány ( $\delta^{18}\text{O}$ ) elemzések felhasználásával, az izotóphígítás elve alapján számoltuk. Felszín alatti áramlás során a víz megtartja eredeti stabil oxigén izotóp összetételét, amit a beszivárgás körülményei determinálnak. A Szigetköz területére érkező Duna-víz  $\delta^{18}\text{O}$  koncentrációja (1/d. ábra) szignifikánsan eltér a helyi beszivárgásból



származó talajvíz izotóp összetételétől (1/a. ábra), ami lehetőséget ad a szigetközi talaj- és rétegvizek eredetének és a Dunából származó komponens direkt mérésére (részletesen ld.5. pont).

A Szigetköz területén a **talajvíz** átlagosan  $-11,1 \pm 0,4$  ‰  $\delta^{18}\text{O}$  értékei (1/e ábra) élesen eltérnek az ország egyéb területeinek talajvizeire jellemző  $-9,3 \pm 0,4$  ‰ átlagértéktől (1/a. ábra). Ennek alapján mintegy 80 - 100 %-ban a Dunából származik a Szigetköz felső és középső részén a talajvíz. A Szigetköz déli részén ennél kisebb, mintegy 50 %-os a Dunavíz részaránya a talajvízben (2. ábrán zöldre színezett területek).

A Szigetköz területén vizsgált **rétegvíz**minták átlagosan  $-11,3 \pm 0,3$  ‰-es  $\delta^{18}\text{O}$  értékei  $90 \pm 10$  ‰-os Duna-víz részarányt jeleznek (1/f. ábra).

Az ezévi mérési adatokat is tartalmazó talajvíz (2. ábra) és rétegvíz (3. ábra)  $\delta^{18}\text{O}$  adatokból megszerkesztett izovonalakból látható, hogy nemcsak a Szigetköz területének nagyrésztére jellemző a dunai eredetű víz dominanciája, hanem a Lajta folyótól északra eső területre is. A Szigetköztől távolodva a Duna-eredetű víz aránya gyorsan csökken, s a Rábca vonalától délre és nyugatra már az ország egyéb területeire jellemző  $-9$  -  $-10$  ‰  $\delta^{18}\text{O}$  értékeket találunk a talaj- és rétegvízben, ami 0 - 20 % Duna-víz részarányt jelent. Két oldalirányú beáramlás is valószínűsíthető a  $\delta^{18}\text{O}$  adatok alapján. Mindkettő Ausztria felől érkezik, Rajka illetve Mosonmagyaróvár irányába .

*A stabil oxigén izotóp ( $\delta^{18}\text{O}$ ) vizsgálatok egyértelműen bizonyítják, hogy a Szigetköz és környezete vastag kavicsrétegében található talaj- és rétegvíz gyakorlatilag teljes egészében Duna-víz eredetű.*

## 2.2) A rétegvíz áramlás sebességének számítása

A trícium ( $^3\text{H}$ ) az  $^{18}\text{O}$ -hoz hasonlóan, a víz ideális nyomjelzője. Ma is kimutatható ( $>1$  TU) trícium koncentráció csak az 1952 után hullott csapadékból beszivárgott vízben található. A Szigetköz területén a kavicsban lévő legnagyobb mélységű kutakban is kimutattunk tríciumot, azaz 40 évnél fiatalabb vizet. Ez azt jelenti, hogy a Duna-víz az általunk vizsgált

mélységig intenzíven átöblíti a kavicsösszletet. Ez a gyors vízáramlás egyúttal felhívja a figyelmet a Szigetköz rétegvizeinek rendkívüli szennyeződés-érzékenységre (részletesen ld. 6. pont).

*A trícium vizsgálatok azt bizonyítják, hogy a dunai eredetű víz nagy mélységig átöblíti a kavicsrétegeket.*

A Dunából történő felszín alatti eláramlás sebességét annak alapján vizsgáltuk, hogy az 1963-as csapadék trícium csúcs a Duna-vízben is jelentkezett (4. ábra), így a Dunából 1963-ban elszivárgott víz ma is anomálishan magas trícium tartalmú. A talaj- és rétegvízben jelentkező trícium csúcsoknak (5. és 6. ábrán piros vonalak) a Dunától mért jelenlegi távolsága alapján a vizsgált terület ÉNY-i részén 400 - 500 méter/év, míg a DK-i részen max. 100 m/év a dunai eredetű víz horizontális áramlásának sebessége (részletesen ld. 6. pont).

A legrészletesebben megvizsgált Dunakiliti - Mosonmagyaróvár - Öttevény áramlási pálya (7. ábra) mentén 475 m/év rétegvíz áramlási sebességet kaptunk (8. ábra) a trícium csúcs módszerrel (6. fejezet). Ugyanezen áramlási pálya mentén a lényegesen pontosabb trícium/<sup>3</sup>He komeghatározási módszerrel 530 m/év vízáramlási sebesség mutatható ki a rétegvízben (9. ábra). (Részletesen ld. 6 pontja).

*Trícium vizsgálatok alapján a dunai eredetű talaj- és rétegvíz a terület ÉNY-i részén mintegy 500 m/év átlagsebességgel áramlik a kavicsösszletben. A Szigetköz DK-i részén lényegesen lassabb (max. 100 m/év sebességű) vízáramlás mutatható ki.*

### 2.3 A Dunából történő elszivárgás vizsgálata $\delta^{18}\text{O}$ idősorok alapján

Ezévi környezeti izotóp vizsgálataink célja annak vizsgálata volt, hogy a szlovák határ közelében lévő talaj-és rétegvíz kicserélődött e a tározóból elszivárgó vízzel. Ennek érdekében a MÁFI által létesített figyelőkutak vizének izotópösszetételét mértük fel, rendszeres minravételekkel. Vizsgálataink módszertani alapja a Duna-víz stabil izotóp összetételében tapasztalható évszakos változás. A Bécsben 1975 óta havi rendszerességgel mért Duna-víz minták  $\delta^{18}\text{O}$  idősora (10. ábra) jelzi, hogy a nyári és a téli Duna-víz átlagos

stabil izotóp összetétele között több, mint 1‰-nyi eltérés tapasztalható. Tekintettel arra, hogy a tömegspektrométerrel történő mérések  $\pm 0,1$  ‰ pontosságúak, ennek az évszakos ingadozásnak a Dunához közeli talajvízben kimutathatónak kell lennie. Szlovák kutatók a Dunától mintegy két km távolságig tudtak  $\delta^{18}\text{O}$  változást kimutatni a talajvízben. Ennél nagyobb távolságra a diszperzió miatt ez az ingadozás megszűnik és a kút a Duna-víz átlagára jellemző izotóp összetételt mutatja.

A dunacsunyi tározó környezetében eredetileg nagyobb távolságról érkezett Duna-víz helyezkedett el a kavicsban. Ugyanakkor a tározóból elszivárgó talajvíz – a Duna-vízhez hasonlóan – évszakos  $\delta^{18}\text{O}$  ingadozást mutat. Tehát amennyiben évszakos  $\delta^{18}\text{O}$  változást tapasztalunk, az annak bizonyítéka, hogy ezekben a kutakban az eredeti víz kicserélődött a tározóból elszivárgott vízzel.

Az 1996-98 években 4 db MÁFI kútból rendszeresen vett vízminták átlagos  $\delta^{18}\text{O}$  tartalmának átlaga szinte azonos (3. táblázat). A két sekélyebb, 15 méteres kút  $\delta^{18}\text{O}$  értékeinek szórása viszont lényegesen nagyobb, mint a mélyebb kutaké. Ha figyelembe vesszük, hogy a  $\delta^{18}\text{O}$  mérések standard deviációja  $\pm 0,1$ ‰, akkor megállapítható, hogy a mélyebb kutak csak kis mértékben követik a Duna-víz stabil izotóp összetételének ingadozását. A sekélyebb kutaknál lényegesen sűrűbben (1-2 hetente) kellene a  $\delta^{18}\text{O}$  koncentrációt figyelni, szlovákiai kollégáinkhoz hasonlóan. Legalább ilyen sűrűséggel kellene a Duna-víz izotóp összetételét is vizsgálni. Az MTA Geokémiai Kutatólaboratóriuma (Fórizs I.) személyes közlése szerint az 1996-98 közötti időszakban a Duna-víz  $\delta^{18}\text{O}$  tartalma lényegesen kisebb amplitúdójú (0,5-1 %) változásokat mutatott, mint azt megelőzően. A 10. ábrán látható, hogy a  $\delta^{18}\text{O}$  évszakos ingadozása korábban meghaladta az 1,5‰ értéket.

A MÁFI kutak  $\delta^{18}\text{O}$  idősorait hidraulikai számítógépes modell segítségével kellene értékelni, ez azonban túllép jelenlegi vizsgálataink keretein.

Az  $\delta^{18}\text{O}$  átlagértékek a 4 db MÁFI kútnál jelzik, hogy a Duna-vízből eláramló talaj – és rétegvizek sokévi átlagban egységes izotóp összetételűek amit a vízeredet vizsgálatánál tudunk hasznosítani.

### 3) Az elterelés hatása a Szigetköz rétegvizeire

A megismételt izotóp vizsgálatok célja annak kimutatása volt, hogy az elterelés hogyan változtatta meg a Szigetköz felszín alatti vízáramlási rendszerét. A fő áramlási irányban fekvő Dunakiliti – Mosónmagyaróvár – Öttevény szelvény mentén a trícium csúcs az 1992-es időszakhoz képest mintegy 2-3 km-el mozdult el (11. ábra). Ez azt jelenti, hogy az eredeti 400-500 m/év rétegvíz áramlási sebesség az 1992 és 1997-98 közötti 5-6 év alatt gyakorlatilag nem változott. A Szigetköz rétegvizei továbbra is hasonló sebességgel áramlanak a Duna irányából, tehát a rendszert utánpótló, a Dunából eláramló víz mennyisége nem változott kimutatható mértékben az elterelés óta. Ezt a vizsgálatot később meg kell ismételni mivel a diszperzió miatt nehéz a trícium csúcs helyét és elmozdulását pontosan meghatározni.

Az 1998 évi  $\delta^{18}\text{O}$  mérések is azt jelzik, hogy a Dunából eláramlott rétegvízzel átöblített terület nem változott kimutatható mértékben.

*Az izotóphidrológiai vizsgálatok szerint az elterelésnek nincs jelenleg kimutatható hatása a Szigetköz és környezete rétegvíz áramlási rendszerére.*

### 4. A szigetközi rétegvizek abszolút kora $^{14}\text{C}$ elemzési adatokból

Radiokarbon ( $^{14}\text{C}$ ) víz-kormeghatározásokat olyan kutak vizéből végeztük, amelyek várhatóan idős komponenst is tartalmaznak. A konvencionális vízkorokat  $A_0 = 85 \text{ pmC}$  kiindulási  $^{14}\text{C}$  koncentráció feltételezésével számoltuk. Az 1991-92-ben a területen végzett összesen 20 db  $^{14}\text{C}$  mérés alapján (4. táblázat) megállapítható:

\* a nagymélységű **pannón termálvizek** 30-40 ezer éves kora nagy távolságból történő utánpótlódásra utal

\* a sekélyebb **pannón rétegvizek** (Győr, Jánossomorja és Hegyeshalom) nagyon idős (20-40 ezer éves) vízkora alapján ezekben a rétegekben rendkívül lassú a



természetes vízmozgás. Összehasonlításként : az Alföld hasonlóan pannón korú rétegeiben 1 m/év vízáramlási sebességet és 0,9 m/nap regionális szivárgási tényezőt számítottunk a vízkorok alapján.

\* a **negyedkori kavicsösszletben** teljesen friss vizet találunk, csupán a mélyebb kavicsrétegekben mérhető 2-3 ezer éves vízkor. Mivel ezekben a rétegvizekben az utóbbi negyven évre jellemző trícium is található, így a számított 2-3 ezer éves vízkor nem valódi érték, hanem az idős pannon rétegvíz kismértékű hozzákeveredése következtében előállt adat, ami a keveredés arányára jellemző.

A kavicsréteg legmélyebb kútjainak  $^{14}\text{C}$  koncentráció adatai alapján, az izotóphígítás elvét felhasználva számítható a feláramló idős, pannon rétegvíz aránya ( $\alpha_p$ ) :

$$\alpha_p = 100 * (A_Q * C_Q - A_{\text{mért}} * C_{\text{mért}}) / (A_Q * C_Q - A_p * C_p) \quad [\%]$$

ahol  $A_Q$  ill.  $A_p$  a negyedkori, ill. a pannon rétegvíz  $^{14}\text{C}$  koncentrációja  
 $C_Q$  ill.  $C_p$  a negyedkori, ill. a pannon rétegvíz összes szén tartalma (TIC)

A kavicsban lévő friss, dunai eredetű rétegvízre átlagosan  $A_Q = 85$  pmC, míg a feláramló pannón rétegvízre  $A_p = 2$  pmC  $^{14}\text{C}$  koncentráció jellemző (4. táblázat). Tekintve, hogy a szabad- és kötött széndioxid koncentrációban ( $C_Q$ ,  $C_p$  és  $C_{\text{mért}}$ ) nincs lényeges különbség, a feláramló pannon rétegvíz részaránya  $\alpha_p = 18 - 28$  % közötti a kavicsban lévő legmélyebb szigetközi kutak vizében. A teljes kavicsösszletben lévő vízre átszámítva ez az érték maximum 1 - 2 %-nyi hozzákeveredő idős rétegvizet jelent.

## 5. A dunai eredetű víz részaránya $\delta^{18}\text{O}$ adatokból

A stabil oxigén-izotóp arány ( $\delta^{18}\text{O}$ ) elemzések felhasználásának alapja, hogy a Duna vízének izotópösszetétele szignifikánsan eltér a Szigetközben beszivárgó talajvizétől. Felszín alatti áramlás során a víz megtartja eredeti stabil oxigén izotóp összetételét, így a talaj- és rétegvíz

mintákban mért  $\delta^{18}\text{O}$  értékekből következtetni lehet a víz eredetére és számítható az eltérő eredetű vizek keveredési aránya.

A dunai eredetű és a helyi beszivárgásból származó víz részarányának ( $\alpha_D$ ) területi eloszlását a szigetközi talajvízben az izotóphígítás elve alapján számoltuk:

$$\alpha_D = 100 * \{ (\delta^{18}\text{O})_{\text{mért}} - (\delta^{18}\text{O})_{\text{tv}} \} / \{ (\delta^{18}\text{O})_D - (\delta^{18}\text{O})_{\text{tv}} \} \quad [\%]$$

Ehhez a számításhoz ismerni kell a két keveredő komponensre jellemző  $\delta^{18}\text{O}$  értékeket.

### 5.1. A Duna víz stabil oxigén izotóp összetétele ( $\delta^{18}\text{O}_D$ )

Markó Cs. és Zsuffa I. szerint "a Duna magyarországi szakaszának vízjárását az Inn határozza meg. A pozsonyi, kereken 2100 m<sup>3</sup>/s-os sokévi középvízhozamból 1600 m<sup>3</sup>/s az alpesi folyókból származik, és ennek felét az Inn adja." Az Inn és a többi jobboldali mellékfolyó alpi eredetű vizet szállít, amelynek a "magassági-hatás" miatt erősen negatív (az Inn esetében pl. -13 ‰) a  $\delta^{18}\text{O}$  koncentrációja.

"A magassági hatás" alapja az a tény, hogy magasabb fekvésű területeken hulló csapadék stabil izotóp összetétele negatívabb, így az abból származó víz is negatívabb izotóp összetételű. Hidrológiai okokkal tehát egyértelműen igazolható az a tapasztalt tény, hogy a Szigetköz területére érkező Duna-víz  $\delta^{18}\text{O}$  koncentrációja szignifikánsan eltér a helyi beszivárgásból származó talajvíz izotóp összetételétől.

A Duna víz stabil izotóp összetételét  $\{ (\delta^{18}\text{O})_D \}$  1975 óta mérik Bécsnél, havi gyakorisággal. Az 1975-96 közötti adatok átlaga  $(\delta^{18}\text{O})_D = -11,6 \pm 0,5 \text{ ‰}$  (1/d. ábra) csak kismértékű évszakos ingadozást mutat (10. ábra). A medvei hídnál 1991-95 évben vett Duna-víz minták és a bécsi adatok korrelációja alapján átlagosan 0,3 ‰-kel pozitívabb  $\delta^{18}\text{O}$  értékekkel jellemezhető a szigetközi Duna szakasz, mint a bécsi mintavételi pont. A medveihez hasonló  $(\delta^{18}\text{O})_D$  értékeket mértek Pozsonynál is, ezért a  $(\delta^{18}\text{O})_D = -11,3 \pm 0,5 \text{ ‰}$ -et fogadjuk el a Duna vízre jellemző átlagértéknek.

## 5.2. A helyi beszivárgásból származó víz stabil oxigén izotóp összetétele ( $\delta^{18}\text{O}$ )<sub>tv</sub>

Eddigi magyarországi vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a frissen beszivárgott talajvíz oxigén izotóp összetétele az Alföldön, illetve a Fertő tó környékén  $-9,3\pm 0,4$  ‰ értékkel jellemezhető (1/a. ábra). Ez az érték jól egyezik a mai magyarországi csapadéokra jellemző  $-9,1\pm 1,5$  ‰ éves átlaggal. Hasonló átlagértéket kaptunk az eddig vizsgált, magyarországi Holocén beszivárgású réteg- és karsztvizekre ( $-9,7\pm 0,4$  ‰, 1/b. ábra). A holocénkori beszivárgást a 15 pmC-nél nagyobb  $^{14}\text{C}$  koncentráció jelzi ezeknél a vizeknél, ami 12 ezer évnél fiatalabb vízkort jelent ( $A_0=60$  pmC).

Mindezek alapján a keveredési arány számításánál a helyi beszivárgásból származó víz stabil oxigén izotóp összetételére a  $(\delta^{18}\text{O})_{\text{tv}} = -9,3$  ‰ értéket fogadjuk el (1/b. ábra).

## 5.3. A dunai eredetű víz részaránya a Szigetköz felszín alatti vizeiben

A talaj- illetve a rétegvíz mintavételi pontokon mért  $\delta^{18}\text{O}$  értékekből a SURFER program felhasználásával készítettünk  $\delta^{18}\text{O}$  izotérképet (2. és 3. ábra). A térképeken kézzel a biztosan dunai eredetű, míg sárgával a helyi beszivárgásból származó vizet tüntettük fel.

A Szigetköz területén vizsgált talajvíz minták átlagosan  $-11,1\pm 0,4$  ‰  $\delta^{18}\text{O}$  értékei (1/e. ábra) élesen eltérnek az ország egyéb területeinek talajvizeire jellemző  $-9,3\pm 0,4$  ‰ (1/a. ábra) átlagértéktől. Hasonlóan eltérő a szigetközi rétegvizek (>20 m)  $-11,3\pm 0,3$  ‰  $\delta^{18}\text{O}$  átlagértéke (1/f. ábra) a tízezer évnél fiatalabb hazai rétegvizekre jellemző  $-9,7\pm 0,4$  ‰ (1/b. ábra) értéktől. Az izotóphígítási képlet alapján  $\alpha_D = 80 - 100$  %-ban a Dunából származik a Szigetköz felső és középső részén a talajvíz és a rétegvíz. A Szigetköz déli részén, Győrújfalun, Kisbajcs, Bácsa, Győrzámoly környezetében ennél kisebb, mintegy 50 %-os a Dunavíz részaránya a talaj- és rétegvízben (2. és 3. ábra).

A talajvíz (2. ábra) és rétegvíz (3. ábra)  $\delta^{18}\text{O}$  adatokból megszerkesztett izovonalakból látható, hogy nemcsak a Szigetköz területének nagy részére jellemző a dunai eredetű víz dominanciája, hanem a Lajta folyótól északra eső területre is. A 2. és 3. ábrán kék színnel jelölt területen  $-10,8$  ‰-nél negatívabb  $\delta^{18}\text{O}$  értékek találhatók. A Szigetköztől távolodva a

Duna-eredetű víz aránya gyorsan csökken, s a Rábca vonalától délre és nyugatra már az ország egyéb területeire jellemző  $-9 - -10 \text{ ‰ } \delta^{18}\text{O}$  értékeket találunk a talaj- és réteg-vízben, ami  $0 - 20 \text{ ‰}$  Duna-víz részarányt jelent. Két oldalirányú beáramlás is valószínűsíthető a  $\delta^{18}\text{O}$  adatok alapján. Mindkettő Ausztria felől érkezik, Rajka illetve Mosonmagyaróvár irányába (2. és 3. ábra).

A rétegvizeknél - a talajvizekkel ellentétben - vigyázni kell arra, hogy erősen negatív  $\delta^{18}\text{O}$  érték előállhat a beszivárgáskori hidegebb klíma miatt is (4. táblázat). Az utolsó jégkorszak mintegy tízezer évvel ezelőtt ért véget, így az ennél idősebb vizek is hasonlóan negatív oxigén izotóp összetételűek, mint a Dunából származó rétegvíz (1/c ábra). Emiatt a Duna-víz részarányát csakis komplex módon, a  $^{14}\text{C}$  vízkor, a trícium koncentráció és kémiai összetétel ismeretében lehet meghatározni. A Szigetköz területén végzett  $^{14}\text{C}$  elemzések (4. táblázat) mindenütt 2-3 ezer évnél fiatalabb vízkort adtak a kavicsrétegben lévő rétegvízre, ami kizárja a jégkorszaki eredetet. A szigetközi rétegvizekben mindenütt jelenlévő trícium is e vizek teljesen friss, 40 évnél fiatalabb korát jelzi. Tehát az erősen negatív  $\delta^{18}\text{O}$  értékek a szigetközi rétegvízben egyértelműen a dunai eredetet bizonyítják.

Ezzel ellentétben a Szigetköz környezetében, a kavics alatti pliocén rétegekből vett vízminták  $-12 - -14 \text{ ‰}$ -es  $\delta^{18}\text{O}$  értékei 20-30 ezer éves  $^{14}\text{C}$  vízkorral járnak együtt (4. táblázat), így nem a dunai eredetet, hanem a jégkorszaki beszivárgást támasztják alá. Ezekben a rétegvizekben a trícium koncentráció is mindenütt kimutatási határ alatti ( $<1 \text{ TU}$ ).

## **6. A felszín alatti vízáramlás sebessége trícium elemzések alapján**

A trícium ( $^3\text{H}$ ) az  $^{18}\text{O}$ -hoz hasonlóan, a víz ideális nyomjelzője. Ma is kimutatható (1 TU-nál nagyobb) trícium koncentráció csak az 1952 után hullott csapadékból beszivárgott vízben található.

Az 1991-92 évi vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a Szigetköz területén a vizsgált legnagyobb mélységű kutakban is található trícium, azaz 40 évnél fiatalabb víz. Ez azt jelenti, hogy a Duna-víz az általunk vizsgált mélységig intenzíven átöblíti a kavicsösszletet. Ez a gyors vízáramlás egyúttal a Szigetköz rétegvizeinek rendkívüli szennyeződés-érzékenységére

hívja fel a figyelmet. Hasonló eredményekre jutottak a csallóközi terület rétegvizeinek trícium vizsgálata során is. Az itt végzett trícium elemzések 100 méternél nagyobb mélységben is igen magas, 100-200 TU trícium értékeket adtak, jelezve, hogy a Duna-víz intenzíven átöblíti a szlovákiai kavicsösszetet is. A Duna-menti kútcsoportokban a legmélyebb kutak vizének legalacsonyabb a trícium tartalma, ami a viszonylag idős (1600 - 2400 éves) vízkorokkal együtt a mélyebb rétegekből föláramló idős víz hozzákeveredésére utal.

### 6.1. Trícium csúcs módszer

A Dunából történő felszín alatti vízáramlás sebességét a "trícium csúcs" módszerrel vizsgáltuk. Ennek a módszernek az alapja, hogy az 1963-as csapadék trícium csúcs a Duna-vízben is jelentkezett (9. ábra). Ha figyelembe vesszük a trícium 12,4 éves felezési idejét, a Dunából 1963-ban elszivárgott víz ma is anomálishan magas, mintegy 300 TU trícium tartalmú. A Szigetköz talaj- és rétegvízben a trícium csúcs a diszperzió miatt ellaposodva jelentkezik 50 - 90 TU-s maximummal. A trícium csúcs módszer lényege, hogy a trícium maximumot keressük, és azonosítjuk a Dunából 1963-ban elszivárgott vízzel. Természetesen ennél a vizsgálatnál csak azok a felszín alatti vizek jöhetnek szóba, amelyekben a  $\delta^{18}\text{O}$  elemzések alapján a dunai eredetű víz dominál.

A trícium izotérképet a SURFER program alkalmazásával szerkesztettük, mindenféle modellezési vagy hidraulikai koncepció nélkül. Rétegvizek esetében, amikor a kútcsoportokban mélység szerinti trícium változást tapasztaltunk, mindenütt a terület fő vízadója, az 50-100 m mélységközre jellemző trícium értéket vettük figyelembe.

Az 5. és 6. ábrán látható, hogy a trícium csúcsok közel azonos helyen találhatók a talaj- ill. rétegvízben. A trícium csúcs helyének ismeretében az átlagos felszín alatti áramlási sebességet ( $v$ ) az alábbi képlettel számítjuk :

$$v = \Delta s / \Delta t$$

ahol  $\Delta s$  a mért trícium csúcs helyének távolsága a Dunától (áramlási pálya mentén)

$\Delta t$  a mintavétel és 1963 között eltelt idő (esetünkben 28-30 év)

A trícium csúcsoknak a Dunától mért jelenlegi távolsága alapján (5. és 6. ábra) a terület ÉNY-i részén 400-500 m/év, míg DK-i részén ennél lényegesen kisebb, max. 100 m/év sebességgel mozog a dunai eredetű víz, természetes állapotban. Összehasonlításként: a nyírségi alsó pleisztocén réteg-összletben 4-5 m/év, míg a Mátra-alja felső pannon rétegeiben 1 m/év vízáramlási sebességet mutattunk ki a  $^{14}\text{C}$  módszerrel

A legrészletesebben megvizsgált Dunakiliti - Mosonmagyaróvár - Öttevény áramlási pálya (7. ábra) mentén 475 m/év rétegvíz áramlási sebességet kaptunk (8. ábra) a trícium csúcs módszerrel. Ennél nagyobb, 3,1 m/nap, azaz több mint 1 km/év felszín alatti vízáramlási sebességet számítottak a szlovákiai trícium adatokból a Csallóköz területére

## 6.2) Trícium/ $^3\text{He}$ komeghatározás

A módszer lényege, hogy ugyanabban a vízmintában nemcsak a trícium koncentrációját mérjük, hanem a trícium bomlása során keletkezett  $^3\text{He}$  mennyiségét is. Ezáltal meghatározható a kiindulási trícium koncentráció ( $T_0$ ), a még meglévő, mért ( $T$ ) és a már elbomlott trícium ( $^3\text{He}$ ) összegeként, ami nagyon pontos kormeghatározásra ad lehetőséget:

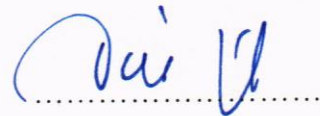
$$T = T_0 * e^{-\lambda t} = (T + ^3\text{He}) * e^{-\lambda t}$$

A Columbia Egyetem nemesgáz laboratóriumában 18 db szigetközi vízminta hélium izotóp összetételét határozták meg. A mintavételi pontok a Dunakiliti -Mosonmagyaróvár - Öttevény áramlási pálya mentén helyezkednek el. A mért és a  $^3\text{He}$  adatokkal korrigált trícium koncentráció a fenti áramlási pálya mentén a Dunától 13-15 km távolságban jelzi az 1963-64. évi trícium csúcs jelenlegi helyét, ami mintegy 530 m/év áramlási sebességnek felel meg (9. ábra) az 50-100 m mélységű rétegvizekben.

A  $^3\text{H}/^3\text{He}$  módszerrel számított vízkorok folyamatosan nőnek az áramlási pálya mentén (9. ábra), jelezve a Dunából történő egyenletes elszivárgást. Az ily módon számítható 530 m/év rétegvíz áramlási sebesség mintegy 10 %-al nagyobb a trícium csúcs módszerrel nyert értéktől. A talajvízben mért izotópadatokból számítható 800 m/év áramlási sebesség

túlzottnak tünik. Valószínűleg a hélium eltávozása a levegőbe okozza a valóságosnál kisebb vízkort azaz nagyobb áramlási sebességet.

Budapest, 1998. december 10.



Deák József  
tudományos főmunkatárs

## Felhasznált irodalom

- [1] GWIS KFT (1992) : Környezeti izotóp és vízkémiai vizsgálatok (in A Szigetköz felszín alatti vízkészleteinek vizsgálata)  
Zárójelentés, Budapest 1992. december
- [2] DEÁK J. - DESEŐ É. (1993) : Vízkémiai és természetes izotóp vizsgálatok a Szigetközben  
VITUKI Zárójelentés, Budapest, 1993. február
- [3] GWIS KFT (1993) : A Szigetköz hidrológiai észlelőhálózatának felülvizsgálata  
Zárójelentés, Budapest 1993. június
- [4] DEÁK J. (1995) : A felszín alatti vizek eredete és minősége a Szigetközben  
VITUKI Zárójelentés, Budapest 1995. május
- [5] DEÁK J. (1995) : Kiegészítő környezeti izotóp vizsgálatok a Szigetközben (in Felszín alatti vizek utánpótlódásának vizsgálata a Szigetközben)  
VITUKI Zárójelentés, Budapest 1995. december
- [6] DESEŐ, É. - RÉVÉSZ, K. (1996) : Isotope Hydrology of Szigetköz  
Final Report for the US-Hungarian Joint Fund, JF No 240, Budapest 1996. márc.
- [7] RANK, D. - RAJNER, V. - LUST, G. (1992) : Tritiumgehalt der Niederschläge und der Oberflächenwasser in Österreich im Jahre 1991, Bericht IG-92/01,  
Bundesversuchs und Forschungsanstalt Arsenal, Wien
- [8] RANK, D. - PAPESCH, W. (1992) : Isotopenhydrologische Basisdaten (<sup>18</sup>O) der Donau und anderen Oberflächengewässer im Österreich  
Limnologische Berichte der 29. Arbeitstagung der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung Kiew, 1991, Wissenschaftliche Kurzreferate 1, pp 234-238
- [9] RANK, D. (1996) : Közvetlen adatszolgáltatás
- [10] POSPISIL, P. (1978) : A contribution of tritium analyses to the study of ground water flow in the sediments of Zitny Ostrov  
Hydrogeology of Great Sedimentary Basins (Proc. Conf. Budapest, 1976) Ann. of the Hungarian Geological Institute, Vol. 59. parts 1-4 (1978) pp 601-611
- [11] RODÁK, D. - DURKOVICOVÁ, J. - MICHALKO, J. (1995) : The use of stable oxygen isotopes as a conservative tracer in the infiltrated Danube river water Gabčíkovo part of the hydroelectric power project - Environmental Impact Review, Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Bratislava



[12] DEÁK, J. - DESEŐ, É. - BÖHLKE, J.K. - RÉVÉSZ, K. (1996) : Isotope hydrology studies in the Szigetköz region, Northwest Hungary

Isotopes in Water Resources Management, International Atomic Energy Agency, Vienna, Vol. I, pp 419-432

[13] STUTE, M. - DEÁK, J. - RÉVÉSZ, K. - BÖHLKE, J.K. - DESEŐ, É. - WEPPERNIG, R. - SCHLOSSER, P. (1996) : Tritium/<sup>3</sup>He dating of river infiltration: an example from the Danube in the Szigetköz area, Hungary

Ground Water (nyomtatás alatt)

[14] STUTE, M. - DEÁK, J. (1989) : Environmental isotope study (<sup>14</sup>C, <sup>13</sup>C, <sup>18</sup>O, D. noble gases) on deep ground water circulation systems in Hungary with reference to paleoclimate

Radiocarbon, vol. 31. pp 902-918

## A Szigetközben vett vízminták stabil oxigénizotóp összetétele

minta jele	helység	szűrő	kitermelt víz (liter)	mintavétel napja	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
9443	Darnózseli	10-13	400	1998.08.10	-11,0
9444	Darnózseli	10-13	400	1998.08.10	-10,9
9467	Dunaszeg	2-7	150	1998.08.11	-10,8
9505	Dunaremete	1-6	150	1998.08.13	-10,9
9564	Kunsziget	6-11	250	1998.08.13	-9,8
9566	Győr	7-12	250	1998.08.11	-10,5
9452	Hédervár	3-8	200	1998.08.10	-11,3
9457	Ásványráró	3-10	250	1998.08.13	-11,1
9478	Győrzámoly	9-15	400	1998.08.11	-11,3
9442	Lipót	10-14	400	1998.08.13	-11,3
9386	Berenye	5-9	250	1998.08.14	-11,4
9567	Győrzámoly	3-8	200	1998.08.11	-9,9
9418	Mosonmagyaróvár	5-9	300	1998.08.14	-11,0
9429	Püski	9-15	400	1998.08.14	-10,9
9458	Ásványráró	3-8	200	1998.08.10	-10,2
9481	Vámosszabadi	2-7	200	1998.08.11	-10,1
9488	Győrújfalú	9-15	400	1998.08.12	-10,1
9543	Halászi	6-9	250	1998.08.14	-10,9
9601	Gönyü	6-9	250	1998.08.12	-10,1
9603	Gönyü	9-15	400	1998.08.12	-9,8

## A Szigetközben vett minták trícium tartalma

minta jele	helység	kút megnevezése	szűrő	mintavétel napja	trícium [ TU ]
SZK-301	Lébény	öntözőkút (K-13)	8-13	1998.08.20	8,5
SZK-302	Lébény	öntözőkút (K-21)	9-12	1998.08.20	5,2
SZK-303	Lébény	csatorna		1998.08.20	17,2
SZK-304	Halászi	Tsz.	68-77	1998.08.22	53
SZK-305	Feketeerdő	Vm 2.	75-95	1998.08.22	22,5
SZK-306	Kisudvar	ásottkút	6	1998.08.21	18
SZK-307	Kisudvar	illegális 11 sz.	38-40	1998.08.21	22,7
SZK-308	Mosonmagyaróvá	Szt. István hotel	67-77	1998.08.21	11,4
SZK-309	Lébény	Vm 2.	82-94	1998.08.22	<1
SZK-310	Máriakálnok	Tsz.	70-88	1998.08.22	49,5
9491	Bácsa	monitoring	9-15	1998.08.23	18,7
9511	Szögye	monitoring	7-12	1998.08.23	15,3
9513	Vének	monitoring	9-15	1998.08.24	13,2
9517	Vének	monitoring	9-15	1998.08.24	9,8
9518	Vének	monitoring	7-12	1998.08.25	10,7
9519	Vének	monitoring	9-15	1998.08.24	13,5
9523	Győr	monitoring	6-9	1998.08.25	19,3
9428	Kisbodak	monitoring	7-12	1998.08.26	38,3
9430	Kisbodak	monitoring	9-12	1998.08.26	44,3
9482	Vámosszabadi	monitoring	6-9	1998.08.26	13,4



Helységnevé	kód	mélység (m)	dátum	C-14 (%)md	C-14 kor (év)	delta O-18 (‰)	trícium (TU)
-------------	-----	----------------	-------	---------------	------------------	-------------------	-----------------

### Kavics réteg

Dunakiliti	4189/3	126	91.09.21.	91.6	friss	-11.7	56.1
Dunakiliti	4189/4	196	91.09.21.	69.8	1,600	-11.6	9.1
Kisbodak	4501/3	151	91.09.21.	78.8	600	-11.5	86.0
Kisbodak	4501/5	251	91.09.21.	63.7	2,400	-11.4	9.7
Nagybajcs	4540/5	325	91.09.22.	96.7	friss	-11.5	25.5
Mosonmagyaróvár	SZK-135	100	92.11.05.	92.7	friss	-11.8	54.0
Mosonmagyaróvár	SZK-136	80	92.11.06.	82.0	300	-11.5	3.9
Damózséli	SZK-108	95	92.10.30.	95.1	friss	-11.6	75.8
Halászi	SZK-144	165	92.12.07.	81.7	330		22.1
Halászi	SZK-145	365	92.12.07.	61.6	2,600		1.1
Öttevény	SZK-137	98	92.11.06.	78.9	600	-10.3	<1
Lébény	SZK-138	102	92.11.06.	81.6	330	-10.4	<1

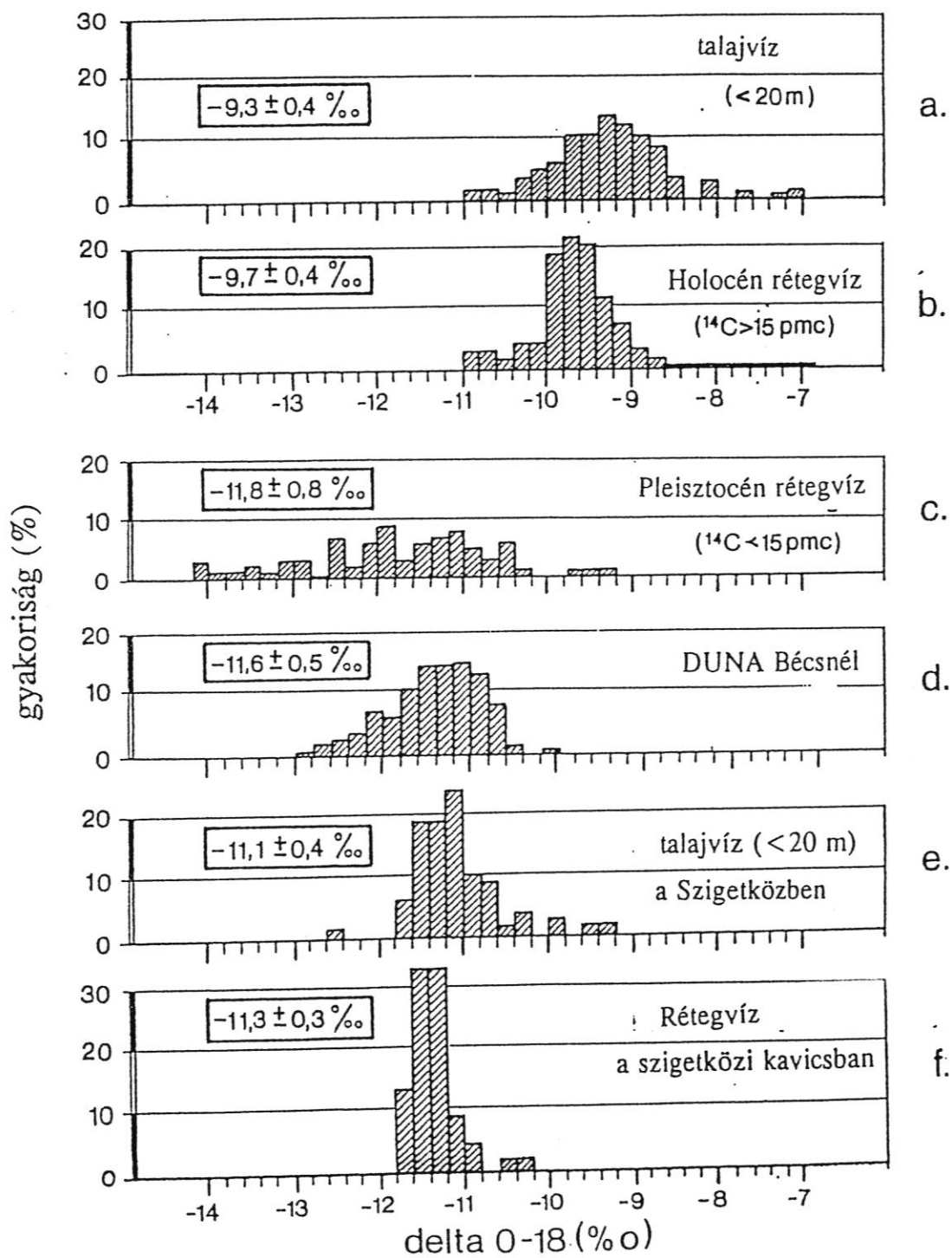
### Felső Pannon vizek

Győr	SZK-81	140	91.10.24.	1.0	36,800	-13.2	<1
Győr	SZK-83	360	91.10.24.	0.8	38,700	-13.7	<1
Győr	SZK-80	580	91.10.24.	1.6	32,800	-13.6	<1
Jánossomorja	SZK-93	120	91.10.17.	7.1	20,500	-11.4	<1
Jánossomorja	SZK-92	300	91.10.17.	2.9	27,900	-11.4	<1
Hegyeshalom	SZK-140	110	92.11.05.	4.6	24,000	-13.2	<1

### Termákvíz

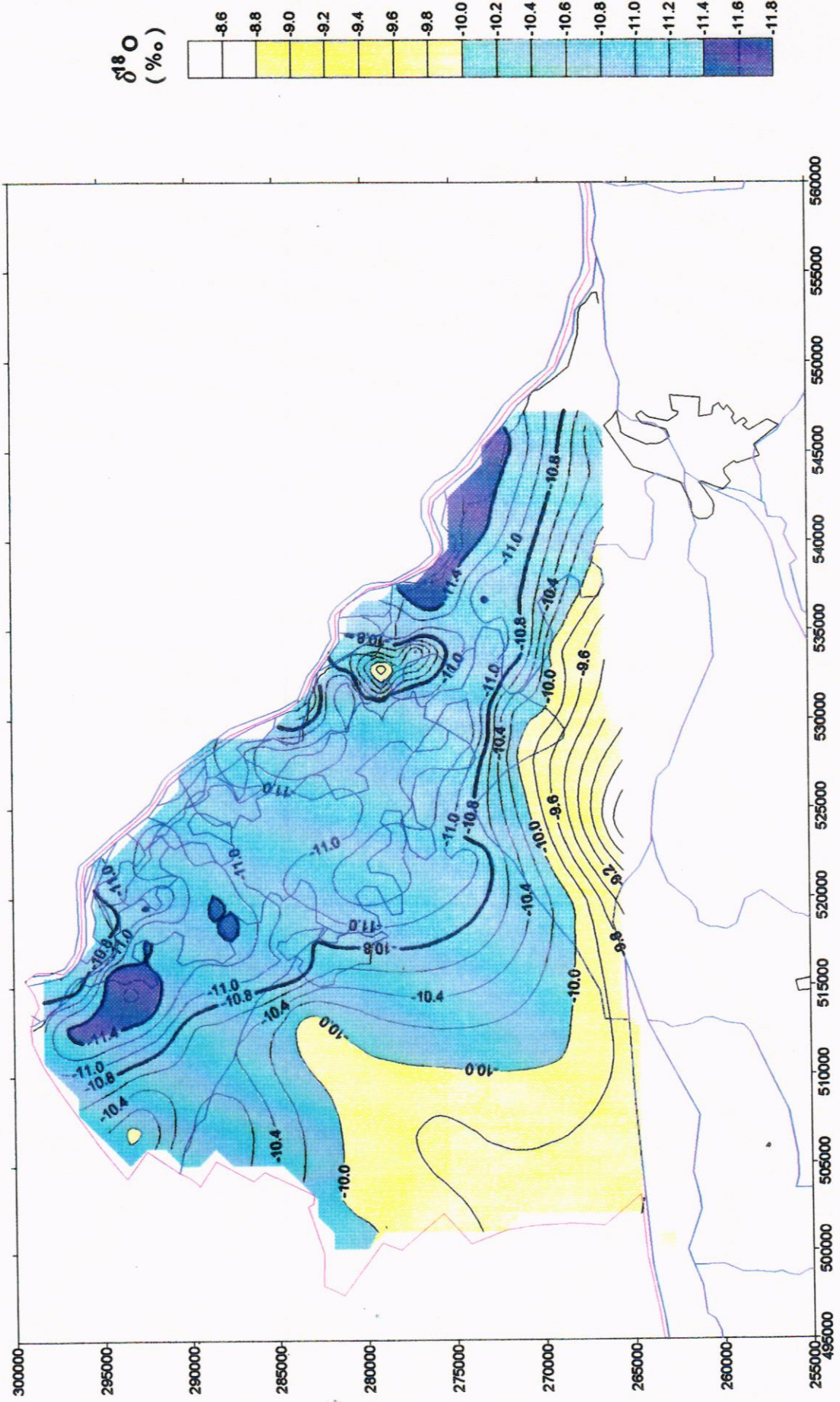
Mosonmagyaróvár	SZK-134	2000	92.11.05.	0.8	38,700	-10.3	<1
Lipót	SZK-139	1800	92.11.06.	2.6	28,800	-12.7	<1

1. ábra



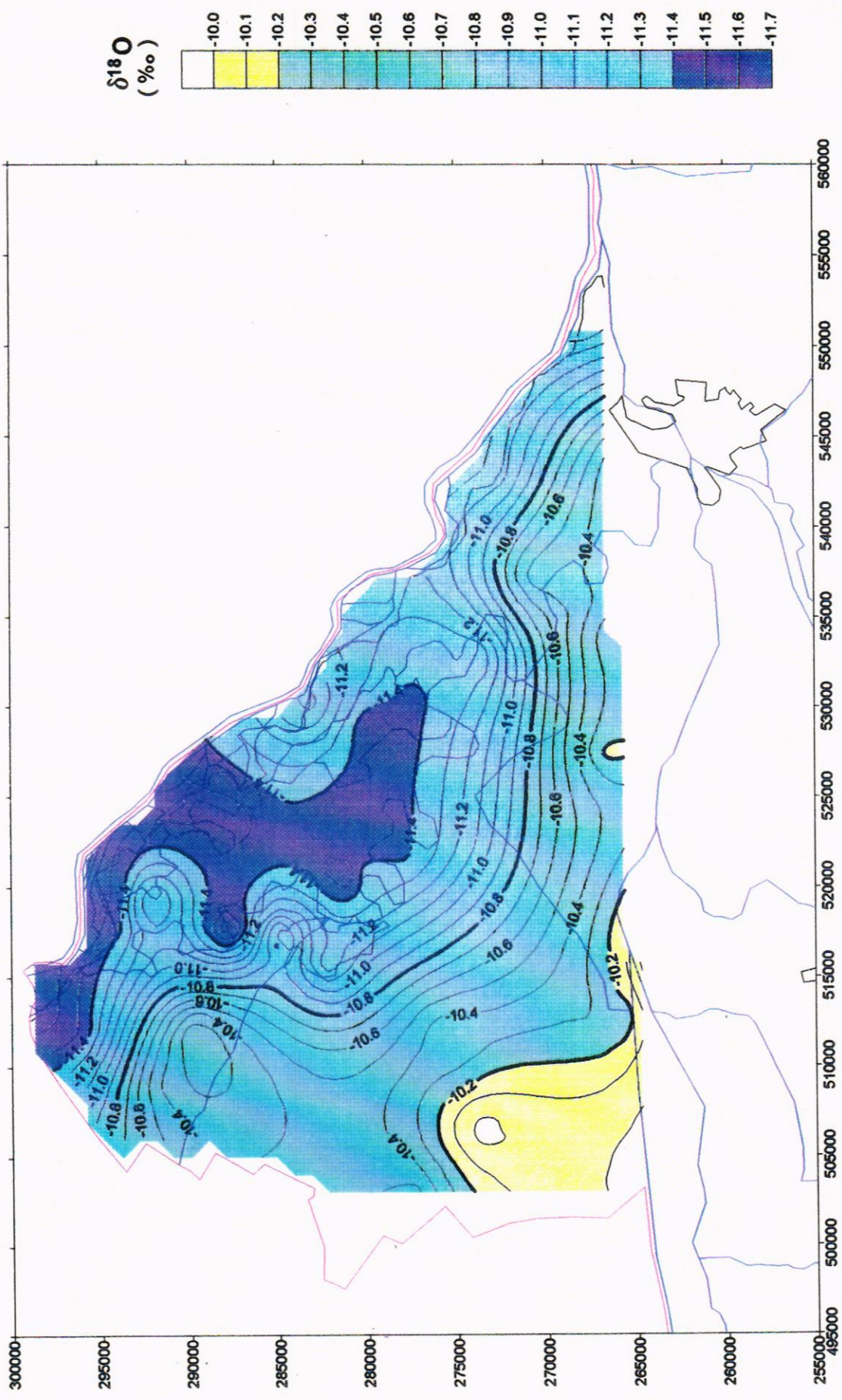
### SZIGETKÖZ ÉS KÖRNYEZETE

Talajvíz (< 20 m)  $\delta^{18}\text{O}$

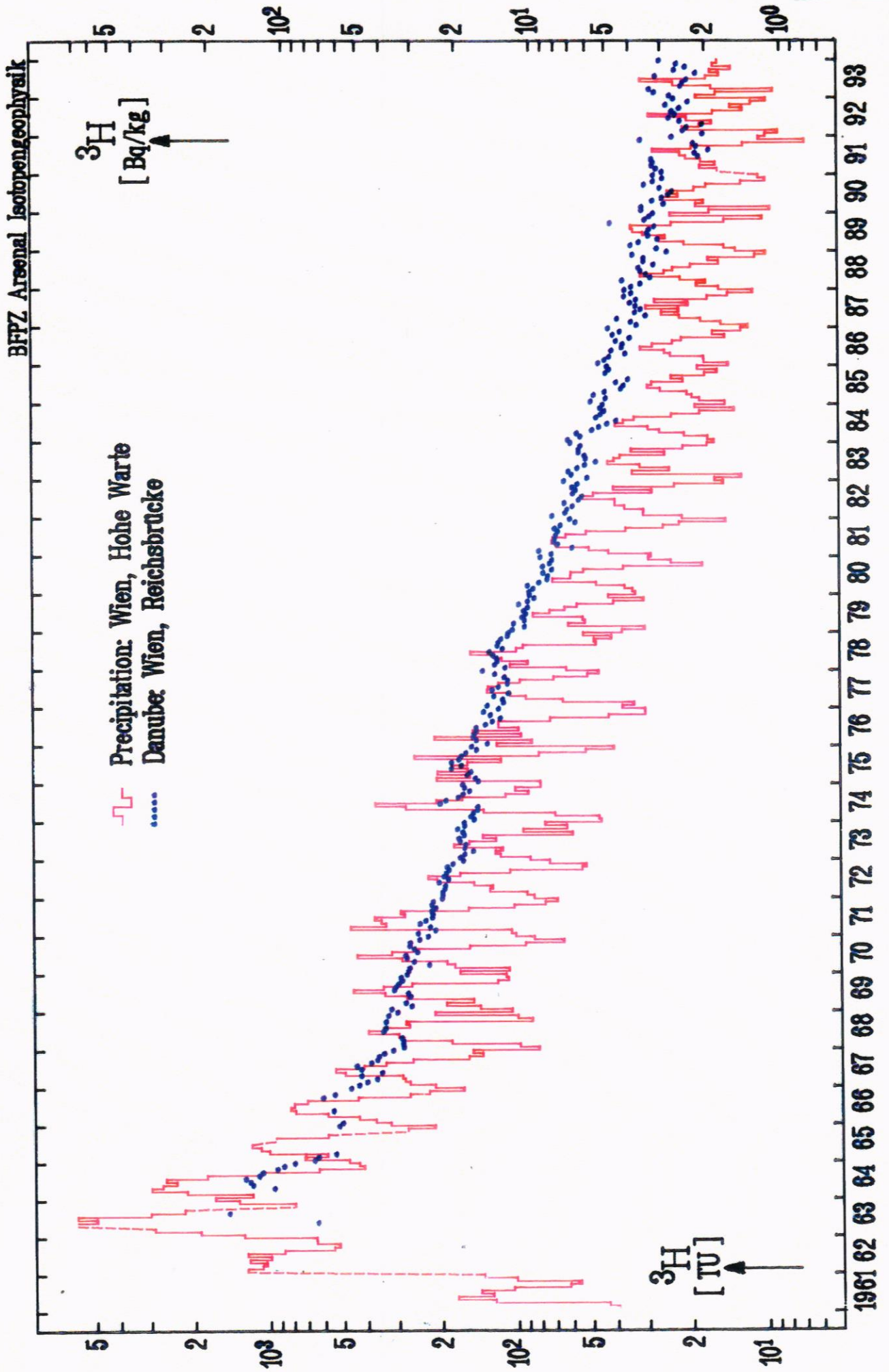


# SZIGETKÖZ ÉS KÖRNYEZETE

Rétegvíz (> 20 m)  $\delta^{18}\text{O}$

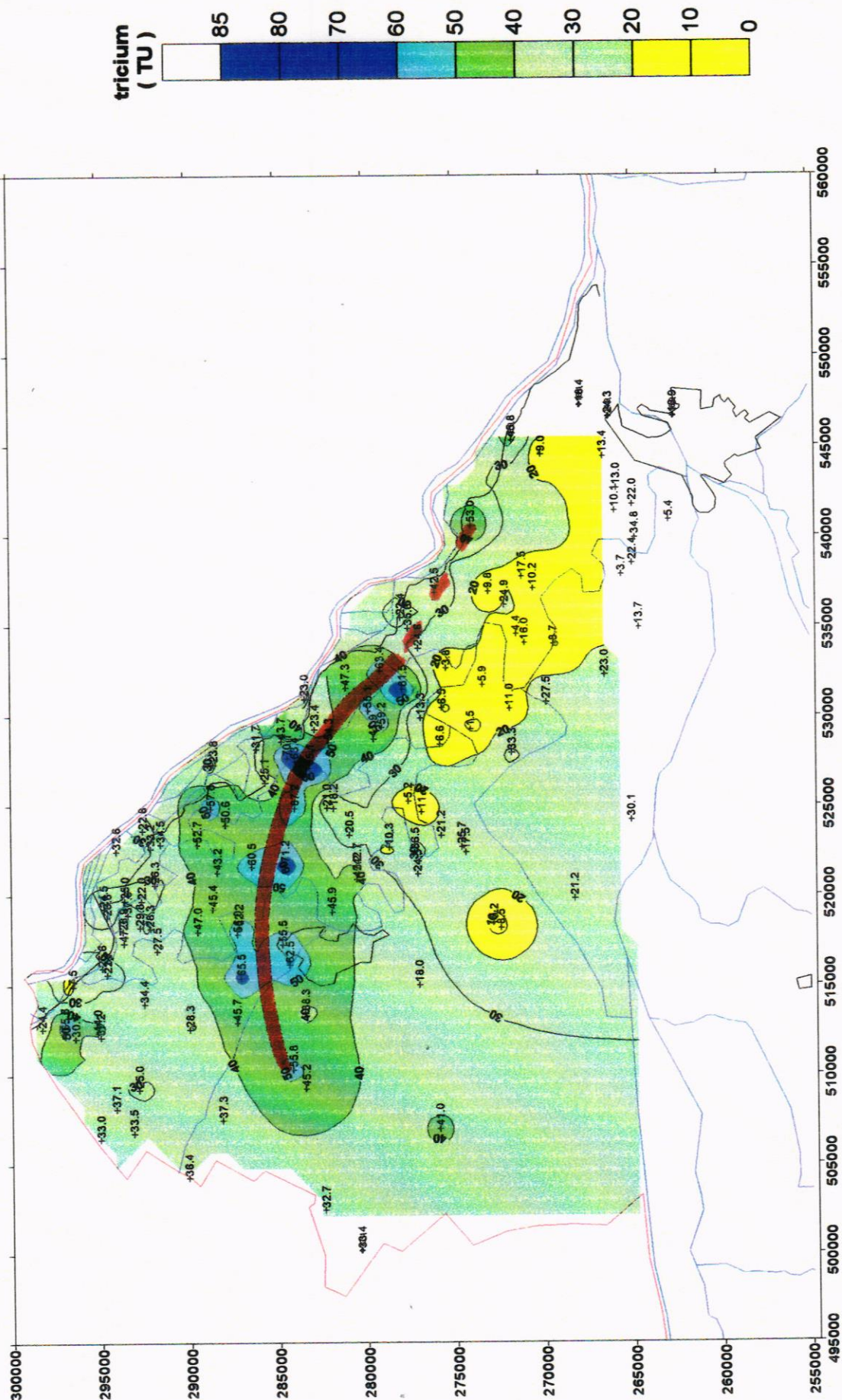






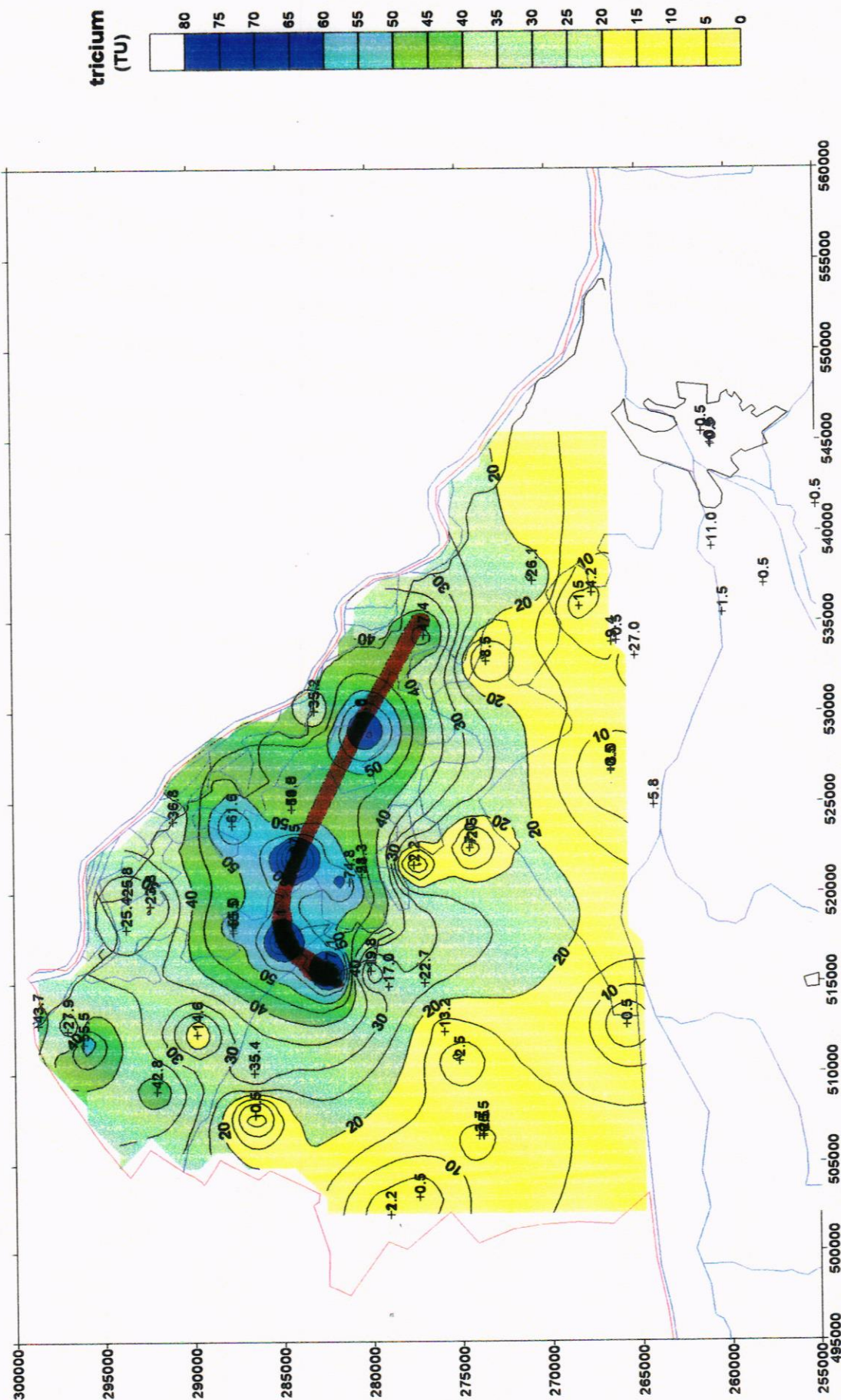
# SZIGETKÖZ ÉS KÖRNYEZETE

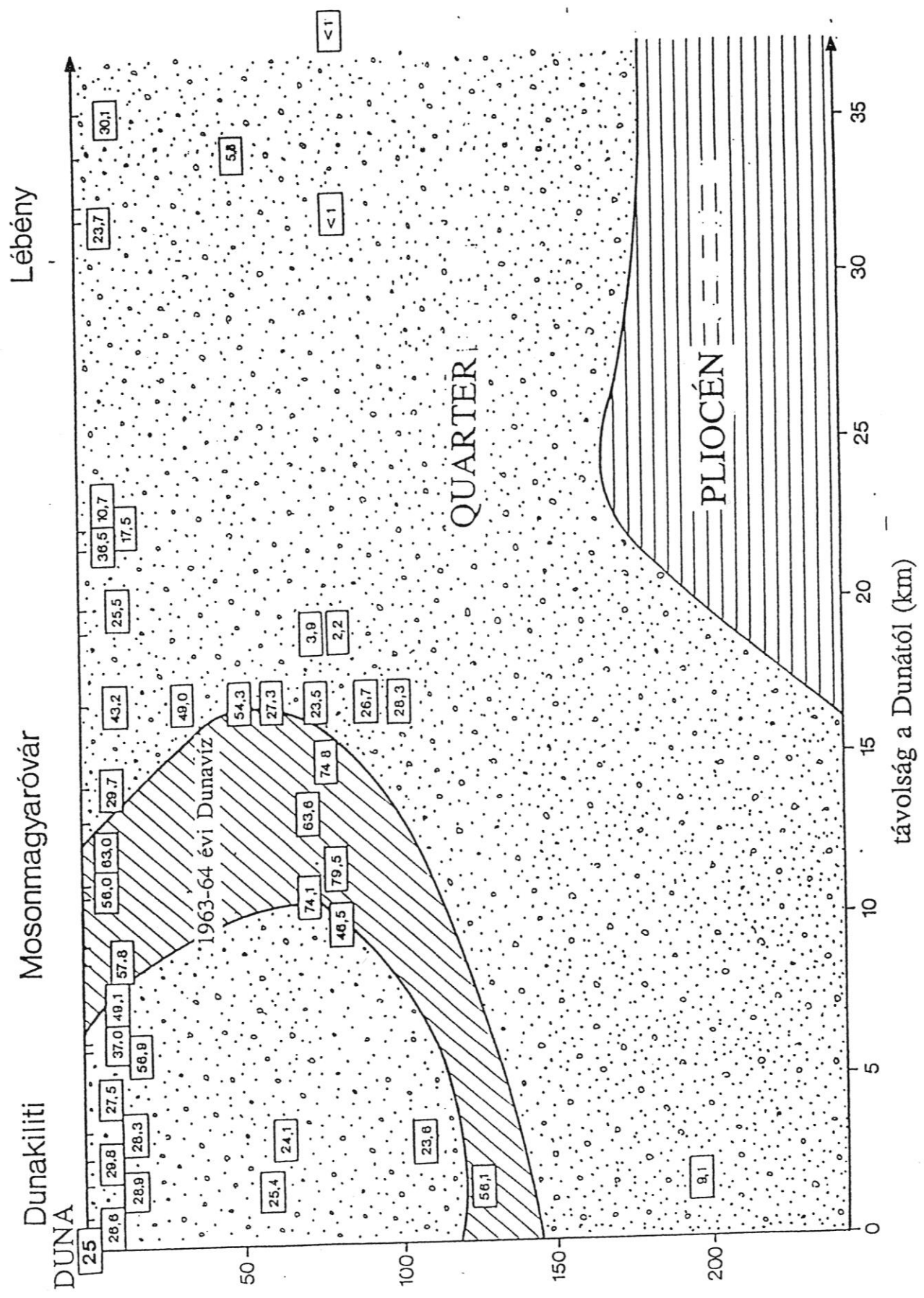
## Talajvíz (< 20 m) tritícium



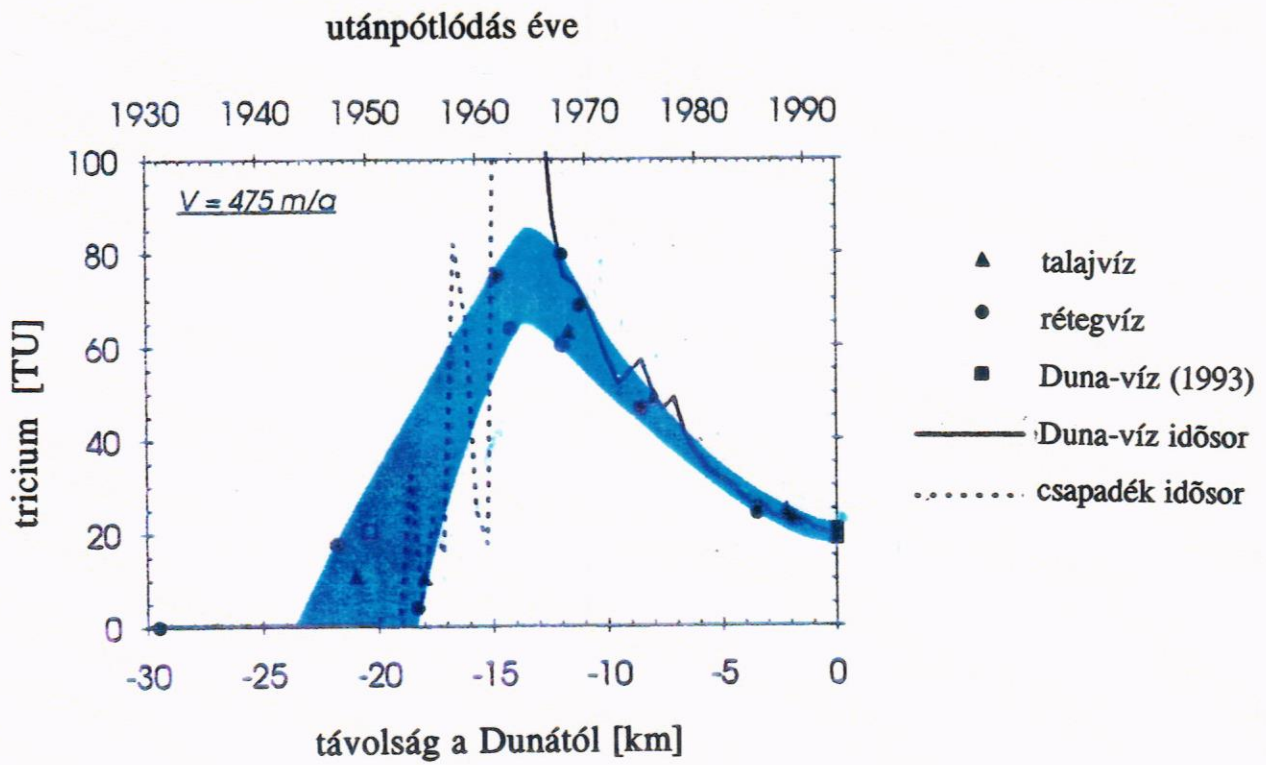
# SZIGETKÖZ ÉS KÖRNYEZETE

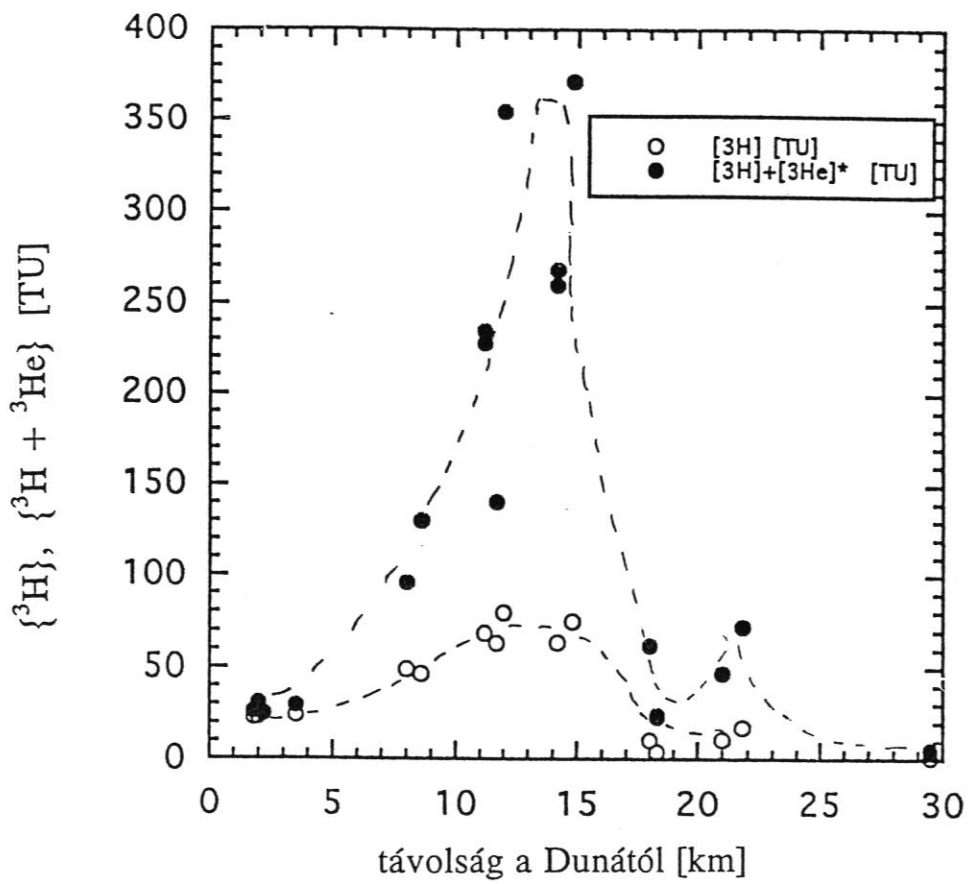
## Rétegvíz (> 20 m) tritium



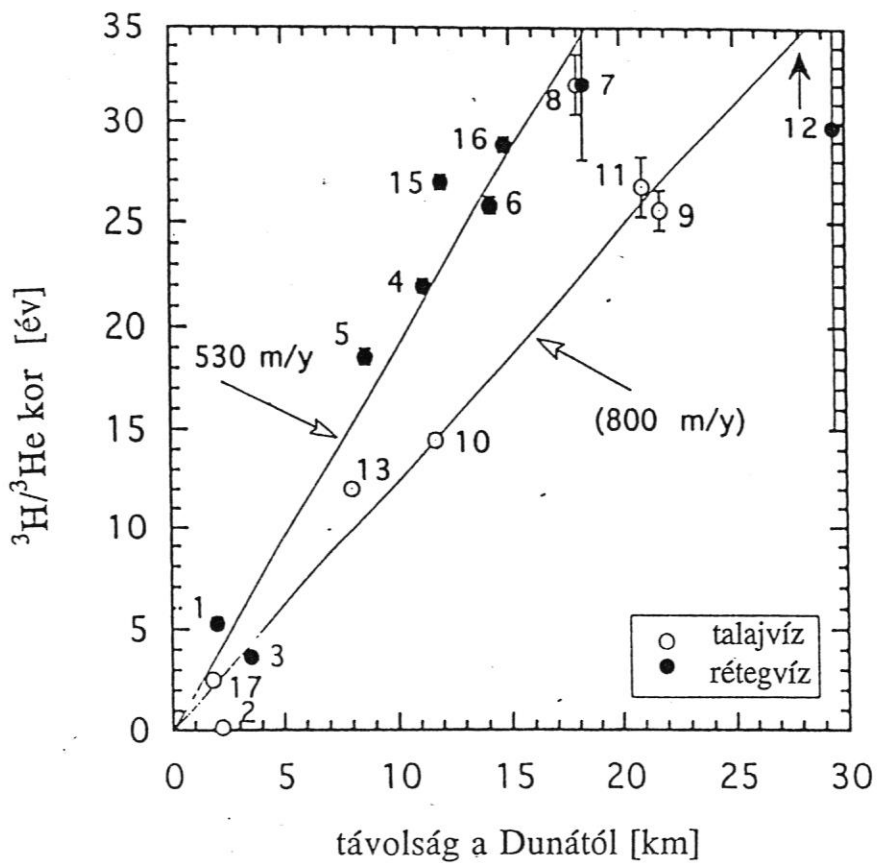


8. ábra



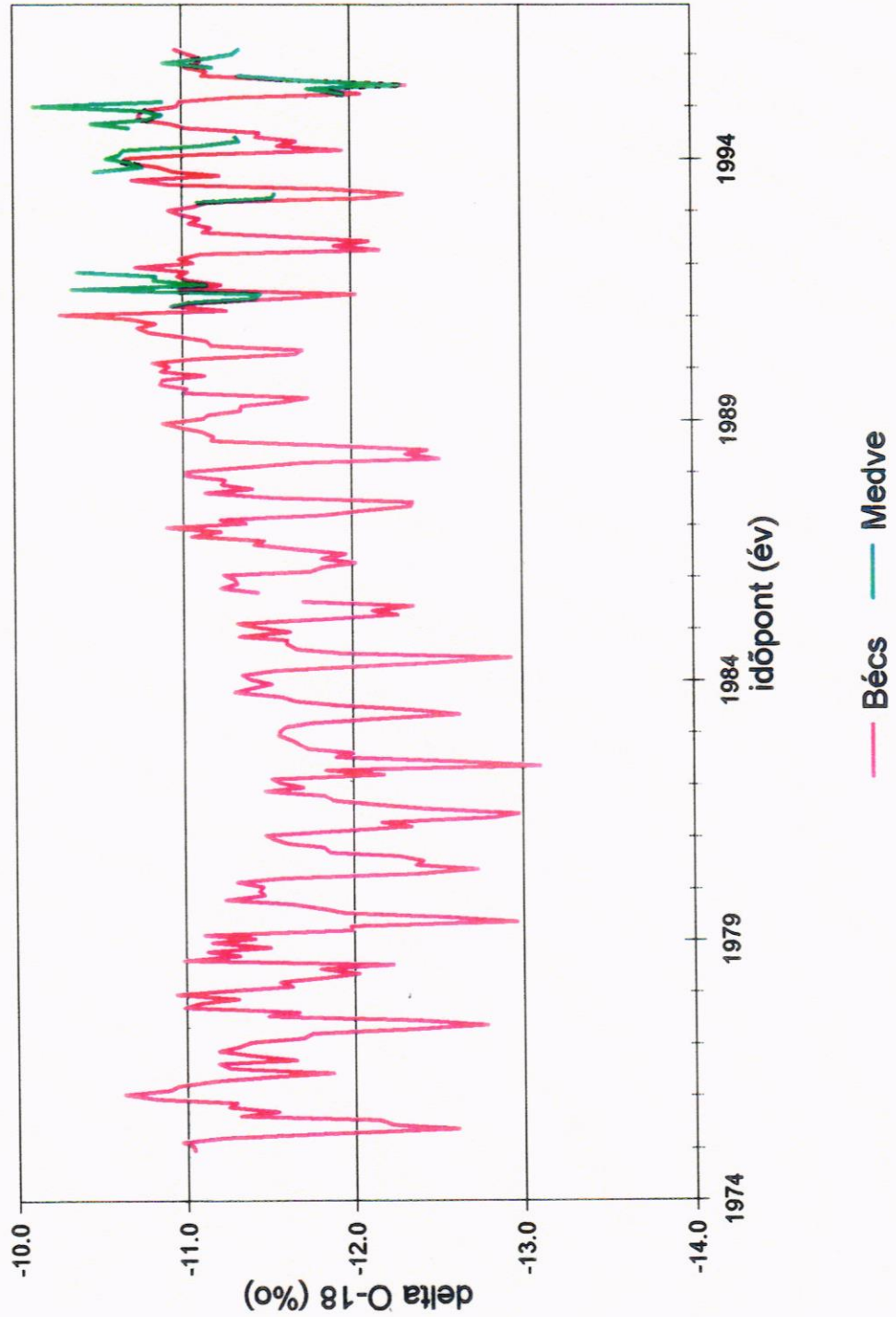


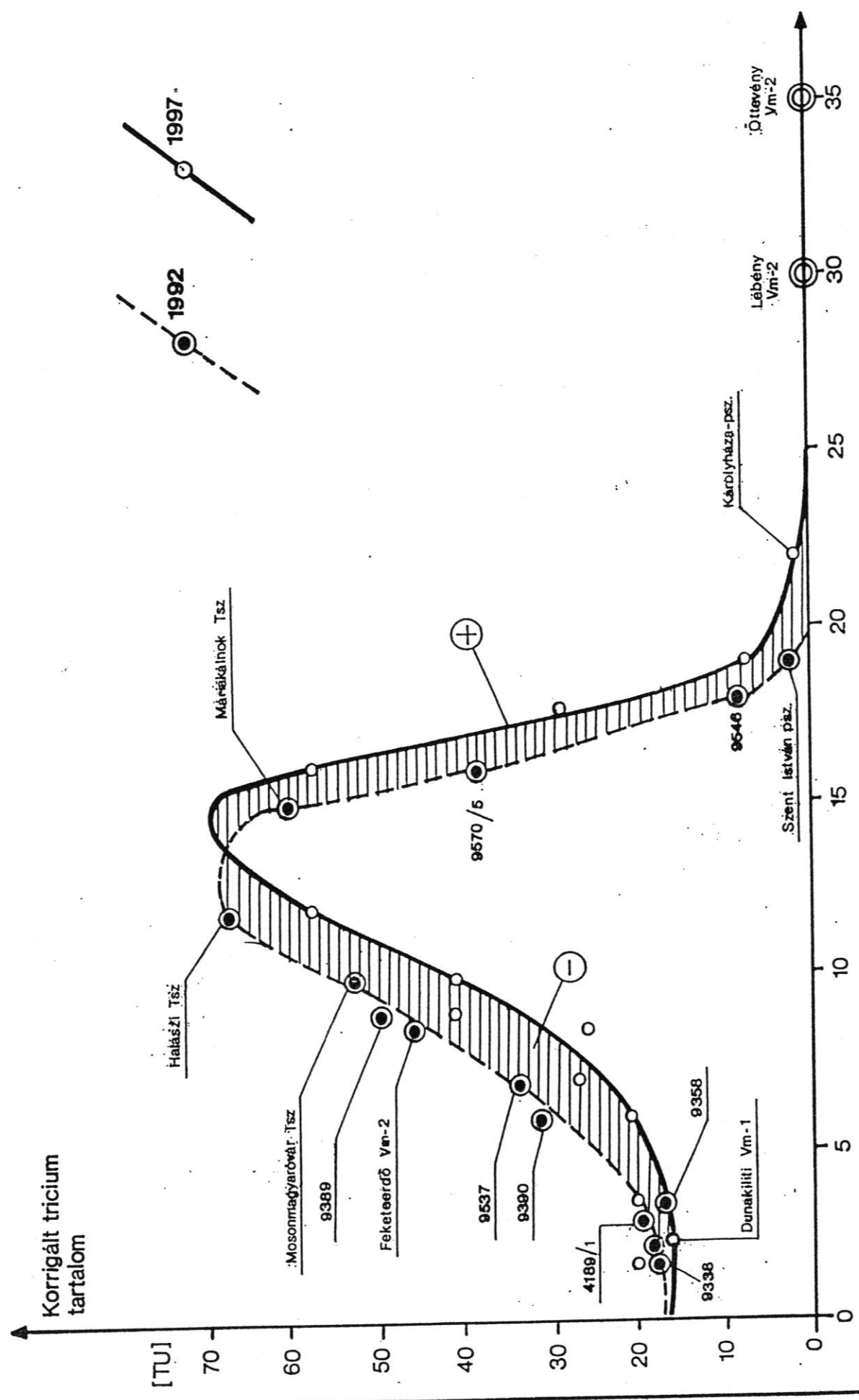
9. ábra



9. ábra

### Dunavíz $\delta^{18}\text{O}$ idősor Bécs (1975-1996)





11. ábra

Távolság a Dunától [km]

Korrigált tritium tartalom

[TU]