

VÍZGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS  
KUTATÓ RÉSZVÉNYTÁRSASÁG

Hidrológiai Intézet

22.

Témaszám: 733/1/2650

FELSŐ-DUNA KÖRNYEZETI ÁLLAPOTÉRTÉKELÉS

Témafelelős: Dr. Szekeres János tud. főmunkatárs

TARTALOM

BEVEZETÉS

I. VÍZÁLLÁS

II. VÍZHOZAM

III. LEBEGTETETT ÉS GÖRGETETT  
HORDALÉKHOZAM

VITUKI

Budapest, 1993. szeptember

## FELSŐ-DUNA KÖRNYEZETI ÁLLAPOTÉRTÉKELÉS

A KGI Természetvédelmi Intézete 31-294/93 sz. levelében megbízta a VITUKI Hidrológiai Intézetét, hogy a Felső-Duna Környezeti Monitoring Rendszere keretében gyűjtött, valamint a saját Adattárában rendelkezésére álló, felszíni vizekre vonatkozó adatok alapján készítse el a Felső-Duna környezeti állapotértékelését. A Megbízás nyomán létrejött szerződés az alábbi feladatok elvégzését írta elő a Vállalkozó számára:

- A rendelkezésre álló, valamint a Megbízótól kapott adatok, adatsorok és egyéb információk alapján állapotértékelést készít a Duna Rajka-Budapest közötti szakaszára, az 1986-92 időszakra a következő adatfajtákra:
  - = vízállás,
  - = vízhozam,
  - = lebegtetett és görgetett hordalék.
- Az állapotértékelést a megrendelő levél mellékleteként megküldött "Tartalmi igénypont"-ok szerint készíti el.
- Az értékelést adatfajtánként néhány fontosabb, jellemző dunai állomásra végzi el. A többi állomás adatait a későbbi változások értékeléséhez használja.

Fenti feladatok végrehajthatósága érdekében a Megbízó a következőket vállalta:

- Átadja 1993. július 31-ig a monitoring állomások és az észlelt elemek fajtaikat tartalmazó listát.
- A Vállalkozó rendelkezésére bocsájtja 1993. augusztus 15-ig a nem törzshálózati állomásokon mért adatsorokat, illetve gondoskodik azok harmadik intézménytől való beszerzéséről.

## BEVEZETÉS

A Felső-Duna Környezeti Monitoring Rendszere által gyűjtött adatokat az Observator Kft bocsájtotta rendelkezésünkre. Két DBASE file-ban kaptuk meg a törzsadatokat, illetve a vízállás adatokat. A vízmérce állomások törzsadatait az 1. táblázatban, a kapott vízállás adatsorok listáját a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A törzsadat file az állomás és vízfolyás nevéen kívül az állomás törzsszámát, koordinátáit, folyamkilóméterét, vízgyűjtő területének nagyságát, a törzsadatok érvényességi idejét, az állomás műszerezettségét, valamint az észlelés kezdetének időpontját tartalmazza. Az alkalmazott törzsszámok eltérnek az országos vízrajzi hálózatban használt állomásszámoktól. Az állomás lista mindössze 47 állomást tartalmaz, és teljesen hiányzik belőle a Duna, a hullámtéri ágrendszer és a mentett oldali vízpótló rendszer állomás hálózata. Az Átal-ér Tata állomás kétszer szerepel a gyűjteményben, egyszer 016007, másszor 016065 törzsszám alatt. Az átadott állomások közül 31 darab törzshálózati, 16 üzemi állomás.

A vízállás file-ban havonkénti rekordokban tárolják az adatokat. Minden rekordban megtalálható az állomásszám, az észlelés éve, hónapja, a napi észlelés időpontja, vízállása és jégkódja, továbbá az észlelések darabszáma, havi közép és szélsőértékei.

A vízállás adat file-ban mindössze 27 állomás összesen 129 állomáséve található, azaz állomásonként átlagosan öt év, ami statisztikai feldolgozás végrehajtását nem teszi lehetővé. Az adatrendszer fel kell tölteni a Monitoring Rendszer hatásterületén lévő, jelenleg hiányzó állomások adataival is, illetve az állományt ki kell egészíteni az 1986 előtti időszak adataival is, annak érdekében, hogy az mesterséges beavatkozások és a természeti folyamatok együttes hatása a megelőző, zavartalan időszak adatai alapján legyen értékelhető. Az adatrendszerben a

vízálláson kívül a többi mennyiségi jellemzőt (pl.: vízhozam, lebegtetett és görgetett hordalékhozam) is szerepeltetni kell.

Jelen megrendelés keretében elvégzett vizsgálatainkhoz a Duna Rajka-Budapest közötti szakaszán lévő fontosabb vízmérceállomások adatait használtuk fel. Az állapotértékelést a VITUKI Központi Adattárában található, 1900 után észlelt vízállás, vízhozam, valamint lebegtetett és görgetett hordalékhozam adatok figyelembe vételével, a Megrendelő által készített "Tartalmi igénypontok" szerint végeztük.

## **I. VÍZÁLLÁS**

(Összeállította: Dr.Szekeres János)

1. **Intézmény:** VITUKI Hidrológiai Intézet
2. **Szakterület:** Felszíni vizek hidrológiája
3. **A monitoring pontok földrajzi megjelölése**

A vizsgálatokat a Duna rajkai, dunaremetei, medvei, komáromi, dunaalmási, nagymarosi és budapesti vízmérce állomásának adatai alapján végeztük.

4. **Vizsgált jelenségek, természeti elemek:** Vízállás
5. **Vizsgálati módszer (mérés, megfigyelés módszere)**

A vízállás az adott állomáson létesített vízmérce "0" pontja és a vízfelszín közötti előjelhelyes magasság különbség. Pozitív, ha a vízfelszín a "0" pont fölött, negatív, ha a "0" pont alatt helyezkedik el. A vízállást a centiméter beosztású vízmérce és a vízfelszín metszéspontjában olvassák le. A vízállás leolvasást rendszerint naponta kétszer - reggel és este - az észlelést elrendelő szerv utasításainak megfelelő időpontban és módon végzi a helyi lakosok közül verbuvált tiszteletdíjas észlelő, vagy esetleg a megbízott vízügyi dolgozó (pl.: gátőr). A vízmérce - a helyi körülményektől függően - lehet álló vagy fekvő lapvízmérce, esetleg mechanikus, vagy elektronikus elven működő vízállás regisztráló. A vízmérce "0" pontjának tengerszint feletti magassága a vízmérce legfontosabb törzsadata. Nyilvántartják ezen kívül a vízmérce állomásnak a folyó torkolatától mérhető távolságát, valamint a vízmérce állomáshoz tartozó vízgyűjtő terület nagyságát. A mérce helyzetét, azaz a törzsdadatok nem célszerű változtatni, de ha mégis változnak, azt a mérce törzskönyvben fel kell jegyezni annak érdekében, hogy az adatok feldolgozása során a törzsdadatok változás hatása figyelembe vehető legyen.

**6. A szakterületi szabályozó szabványok, műszaki-, környezet- és természetvédelmi előírások (ha vannak) stb. A mérések, megfigyelések eredményeinek eltérése a szabványoktól, irányelvektől, egyéb előírásoktól.**

A vízállás adatok leolvasására illetve az adatok feldolgozására vonatkozó műszaki előírások:

MI-10-266-81	VÍZMÉRCEÁLLOMÁSOK ÉPÍTMÉNYEI
MI-10-231/2-85	HIDROLÓGIAI MÉRÉSEK, Felszíni vizek vízállása
MI-10-251/2-86	HIDROLÓGIAI MÉRÉSI ADATOK ELSŐDLEGES FELDOLGOZÁSA, Felszíni vizek vízállásadatai
MI-10-458-1989	A VÍZRAJZI ÁLLOMÁSOK TÖRZSADATAI
MI-10-536-1990	VÍZMÉRCÉK MAGASSÁGI HELYZETÉNEK RENDSZERES ELLENŐRZÉSE

#### **7. A mérések, megfigyelések és vizsgálatok megbízhatósága**

A vízállás leolvasás pontossága  $\pm 1$  cm-re tehető. Figyelembe veendő azonban, hogy pontos leolvasást csak szabatosan kialakított és bemért vízmércén lehet végezni, ezért a vízmérce rendszeres, tagonkénti ellenőrző bemérése és a vízállás javító-függvény meghatározása és használata elengedhetetlen feltétele a vízállás pontos leolvasásának. Regisztráló vízmérce esetén a pontosság a műszer technikai színvonalán túl, a regisztrálás méretarányától, a beállítás megbízhatóságától és a kezelés, karbantartás gondos végrehajtásától függ.

#### **8. A mért/gyűjtött alap adatállomány tárolási helyei/módjai**

Az országos törzshálózatban gyűjtött vízállás adatok a VITUKI Központi Vízrajzi Adattárában található. Az üzemi állomások adatait az üzemeltetők tárolják, így a Monitoring

Rendszer hatásterületén lévő nem törzshálózati állomások vízállás adatai az Északdunántúli, illetve a Középdunavölgyi Vízügyi Igazgatóságon, valamint az Observator Kft-nél található.

### **9. A környezeti elem jellemző paraméterei hét év adatsora alapján, a vizsgált környezeti elem változásai**

A vízállás a folyón az adott mederállapotok mellett levonuló mindenkori vízhozam hatására kialakuló vízfelszín magasság. A vízállás nagyságát, tehát a meder állapota és a vízhozam együttesen határozza meg. Ennek megfelelően a vízállás változásából mind a vízhozamok, mind a mederviszonyok változására következtethetünk. Az előbbi összefüggést - rövidebb időszakon belül - a vízállás-vízhozam kapcsolat (vízhozam görbe) meghatározásánál (lásd következő fejezet), illetve használatánál, utóbbit - hosszabb, több évtizedes adatsorok ismeretében - a meder beágyazódás-meder emelkedés vizsgálatánál hasznosítjuk.

A vízállások statisztikai jellemzésére minimum 30 éves, de legtöbbször annál is hosszabb - 70, esetleg 100 éves - adatsorokat használunk. Az 1-7. ábrán tüntettük fel a kiválasztott hét állomás 1900 óta észlelt évi kis-, közép- és nagyvízállását. Az egyes években mérhető éves nagyvízállás valószínűségi változó, értéke az év során lehullott csapadék nagyságától és éven belüli eloszlásától függ. Hosszabb időszak éves nagyvízállás adatai viszont - változatlan klimatikus és mederviszonyokat feltételezve - azonos középérték körül ingadoznak. Abban az esetben, ha az éves jellemzők trend jellegű változást mutatnak és a klimatikus viszonyok változása kizárható, a kis-, közép- vagy nagyvízi meder változására következtethetünk. Az ábrákra felraktuk az adatsorok kiegyenlítő egyeneseit is, így a változás iránya és nagysága jól szemléltethető. A 3. táblázat a vizsgált hét állomás éves vízállás jellemzőinek változási tendenciáját mutatja. A feltüntetett értékek az illető vízállás jellemzők kiegyenlítő egyenesének meredekségét adják cm/év dimenzióban.

Megállapítható, hogy a Duna szigetközi szakaszán az éves nagyvízállások emelkednek, mintegy 0.5-2.0 cm/év mértékben, Komáromtól lefelé viszont kis mértékben (0-0.5 cm/év) csökkennek. A középvizek Dunaremete kivételével a teljes szakaszon süllyednek. A csökkenés mértéke 0.4 és 3.0 cm/év között változik, A legnagyobb mértékű Rajkánál, a legkisebb Medve és Dunaalmás között. A kisvizek változásáról ugyanez mondható el, Dunaremetén emelkedik, Rajkán nagy, Komárom-Dunaalmás között kis mértékben süllyed. A rajkai adatok értékelésekor azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a körülményt sem, hogy itt a vízállás adatok csak 1950-től állnak rendelkezésünkre, így az ebből az adatsorból számított értékek közvetlenül nem hasonlíthatók össze a többi, 92 éves adatsorok jellemzőivel. Hasonló a helyzet Medvénél is, ahol az adatsor csak 1926-tól kezdődik. Annak érdekében, hogy ne veszítsük el a hosszabb adatsorok biztosította előnyöket, de a rövidebb adatsoraink is értékelhetők legyenek, a dunaremetei adatsorból elhagytuk az 1926, illetve az 1950 előtt mért értékeket és így megismételve a vizsgálatokat a 4. táblázatban feltüntetett eredményeket kaptuk. Ennek alapján megállapítható, hogy a jellemző vízállások változása, azaz a mederváltozás az adatsorok kezdő időpontjától függ és az adatsorok hosszának csökkenésével párhuzamosan az emelkedő tendencia csökken, illetve a süllyedés mértéke fokozódik. Különösen szembeszökő a különbség az utolsó időszak esetében, azaz 1950-től, ami azt jelenti, hogy a beágyazódási folyamat az utóbbi évtizedekben felerősödött. A három különböző időszakra meghatározott kiegyenlítő egyeneseket a 8-10. ábrán tüntettük fel.

Külön kell megemlékeznünk az 1992-es esztendőről, melynek éves jellemzőit a rajkai és a dunaremetei feldolgozásból ki kellett hagyni. Ebben az évben ugyanis a dunacsunyi mederelzárás megépítése az éves kis- és középvíz adatokat olyan nagy mértékben csökkentette, hogy ez a mesterséges hatás többszöröse volt a természetes változásoknak, így figyelembe vételük az eredményeket nagy mértékben eltorzította volna.



Az 1986-92 közötti és az azt megelőző időszak vízjárásának összehasonlítása érdekében az 5. táblázatban összegyűjtöttük a vizsgált időszakban, illetve az észlelés kezdete óta észlelt vízállás jellemzőket.

A táblázat adatai megerősítik az előzőekben tett megállapításainkat, (lásd 3. táblázat) ugyanis a szigetközi szakaszon a nagyvizek csak mintegy 25 cm-rel maradnak el az LNV-től (LNV=LegNagyobb észlelt Vízállás), sőt Dunaremetén a maximális vízállást is ebben az időszakban észlelték. A többi állomáson Dunaalmás kivételével ennél lényegesen nagyobb mértékben, 40-60 cm-rel volt kisebb az utóbbi időszak nagyvize mint az LNV. Dunaalmásnál az eltérés szintén csak 25 cm volt.

A középvizek eltérése szintén összhangban van a 3. táblázat alapján leírtakkal, ugyanis Dunaremetén nagyobb, a többi szelvényben változó mértékben, de kisebb középvízállások adódtak az utóbbi hét évben mint a sokéves KözépVíz (KÖV). A különbségek ott nagyobbak (Komárom, Nagymaros, Budapest) ahol nagyobb a középvíz csökkenés évenkénti értéke.

A kisvizek Dunaremete kivételével minden állomáson jelentősen süllyednek, így nem meglepő, hogy a vízállás minimumok még a dunacsunyi mederelzárás hatásától függetlenül is három állomáson ebbe a rövid utolsó hét éves periódusba estek, nevezetesen Rajkán, Dunaalmáson és Nagymaroson, amely szelvényekben a korábbi számítások is jelentős kisvízszint süllyedést jeleztek.

A 6. táblázat, illetve a 11-16. ábra az 1986-92 közötti évek napi vízállás adatainak tartósság feldolgozását tartalmazza. (A feldolgozásból a medvei állomás adatait kénytelenek voltunk kihagyni, mivel az külföldi állomás és a napi adatai még nem szerepelnek a gépi adattárunkban.) Az előző évekkal való összehasonlíthatóság érdekében a 7. táblázatban megadtuk a Duna dunaremetei állomására vonatkozóan a megelőző dekádok vízállás tartósságait is. Ezeknek az adatoknak az ismeretében lehet a

későbbiekben értékelni azt, hogy a vízjárás adott feltételeknek megfelelt-e, például nem süllyedt-e a vízállás a megengedhetőnél hosszabb időre egy kritikus szint alá.

#### **10. A változások összefüggései az emberi beavatkozásokkal és/vagy egyéb jelenségekkel**

A vízjárást, mint azt már a bevezetőben leírtuk, két fontos tényező, a klíma, illetve a mederviszonyok megváltozása tudja befolyásolni. A klímaváltozás a vízhozam változásán keresztül módosítja a vízjárást, azonban ilyen hatás az 1901 óta észlelt adatokból nem mutatható ki. (Lásd következő fejezet.) A vízállás adatsorokban tapasztalt tendencia jellegű változások tehát teljes mértékben a mederváltozással hozhatók összefüggésbe. A mederváltozást a mesterséges beavatkozások és a természetes folyamatok együttes hatása okozza. A mesterséges beavatkozások között elsősorban a Duna osztrák szakaszának belépcsőzését, a folyószabályozást és a mederkotrást kell megemlíteni. A természetes folyamatok közül a folyó hordalékszállító képességének megváltozása a legjelentősebb. Tekintve, hogy a víz- és hordalékjárás változását kiváltó okok azonosak, ezek részletes elemzésére a hordalékjárással foglalkozó fejezetben térünk vissza.

#### **11. A változások megjelenési módozatai:**

- verbális,
- táblázatos,
- rajzos

A változásokat szöveges, táblázatos és grafikus formában a 9. pontban jelenítettük meg.

#### **12. A vizsgált környezeti elem változásainak minősítése (kedvező/kedvezőtlen tendenciák)**

A vízjárás változása - a vízállás jellemzők növekedése vagy csökkenése - különböző szempontokból különböző képen értékelhető.

A nagyvízállások szintjének emelkedése, a nagyvizes időszakok hosszának és előfordulási gyakoriságának növekedése árvízvédelmi szempontból egyértelműen káros, azonban a hullámtéri ágrendszer gyakoribb átöblítése és a környező talajvíztest víz utánpótlásának biztosítása hasznosnak minősülhet. A kisvizek esetében a csökkenés a legtöbb szempontból káros, azonban növekedése - bár a partiszűrészű vízbázisok szempontjából alapvetően hasznos - lehet kedvezőtlen is, például akkor, ha a meder feltöltődése miatt a hajózóútban zátonyok képződnek.

Ahhoz, hogy valamely változásról meg lehessen állapítani, hogy annak hatása kedvező vagy kedvezőtlen, előbb meg kell határozni az elérendő célállapotot. Ez természetesen a különböző igények számbavételét és az esetleges ellentétes érdekek közötti kompromisszumok kialakítását igényli. A változások hatásának objektív értékelésére csak az így kialakított határértékek és a mért vagy észlelt jellemzők összevetése alapján nyílik lehetőség.

### **13. Az alkalmazott módszer további használhatósága, várható eredményessége a Felső-Duna monitoring rendszerében**

A Felső-Duna Környezeti Monitoring Rendszerét az előző pont alapján kialakított paraméterek időben és térben megfelelő sűrűségű észlelésére, mérésére kell alkalmassá tenni. Ezek a vízjárás tekintetében a vízfelszín magasság adatok. Ezek rendszeres észlelését, esetleg regisztrálását mind a főmeder fontosabb szelvényeiben, mind a hullámtéri, illetve mentettoldali vízpótló rendszer műtárgyainál biztosítani kell.

A különböző mérési helyekhez ki kell dolgozni azokat az alsó és felső korlát értékeket melyek bizonyos túrési időtartamon túli, illetve bizonyos gyakorisággal való el nem érése, illetve meghaladása valamely érdek sérelmét okozza. Ezek figyelembe vételével kell kidolgozni a műszaki megoldásokat és az üzemrendet.

#### **14. Javaslatok szakterületenként:**

- a káros tendenciák megváltoztatására,
- a kedvező tendenciák fenntartására,
- a monitoring tevékenység folytatására/változtatására.

A hosszú, több mint 90 éves vízállás adatsorok vizsgálata alapján megállapítható volt, hogy a nagyvizek a Duna teljes szigetközi szakaszán emelkednek, a kis és középvizek a dunaremetei szelvény kivételével a teljes szakaszon csökkennek. Ha csak az utóbbi évek, évtizedek adatait értékeljük akkor mindenütt jelentős csökkenés tapasztalható. Ennek megakadályozása csak komoly műszaki beavatkozások árán lehetséges. A hagyományos folyószabályozási módszerek alkalmazásával ez a tendencia már nem fordítható meg, különösen ha figyelembe vesszük a hajózás részéről rövidesen, szükségszerűen felmerülő igény növekedést is. Rövid távú célként kell tehát kitűzni annak eldöntését, hogy milyen célok kielégítését milyen beavatkozásokkal kívánunk elérni. Ezek kellő mélységű és részletességű tisztázása után a Monitoring Rendszer fejlesztése, aktualizálása is elvégezhető.

A Felső Dunával kapcsolatos fejlesztési tervek jelenlegi, főbb célkitűzéseinek ismeretében ez év júniusában a Hidrológiai Intézet összeállította "A Duna-monitoring felülvizsgálata a Duna elterelésével és a Szigetköz vízpótlásával kapcsolatban" tárgyú tanulmányt a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium megbízásából. Ennek keretében részletesen foglalkoztunk a vízállás észlelő hálózat javasolt fejlesztésével. Leírtuk, hogy mind a főmederben, mind a hullámtéri, illetve a mentettoldali vízpótló rendszerben valamennyi műtárgynál, zárásnál és bukónál, továbbá az ágrendszerek közötti átvágásoknál lévő vízhozam mérő helyeknél biztosítani kell a napi kétszeri vízállás észlelést, ahol ez szükséges mind az alvizen, mind a felvizen. A belépő szelvényekben, illetve ahol gyors vízállás változásra kell számítani, rajzoló vízmércék alkalmazása szükséges.

## TÁBLÁZATOK

1. táblázat: AZ OBSERVATOR KFT-TÓL ÁTVETT VÍZMÉRCE  
ÁLLOMÁSOK LISTÁJA
2. táblázat: AZ OBSERVATOR KFT-TÓL ÁTVETT VÍZÁLLÁS  
ADATSOROK LISTÁJA
3. táblázat: ÉVES JELLEMZŐ VÍZÁLLÁSOK VÁLTOZÁSA A  
DUNA RAJKA BUDAPEST KÖZÖTTI SZAKASZÁN
4. táblázat: ÉVES JELLEMZŐ VÍZÁLLÁSOK VÁLTOZÁSA A  
DUNA DUNAREMETEI SZELVÉNYÉBEN KÜLÖNBÖZŐ  
HOSSZÚSÁGÚ ADATSOROK ESETÉN
5. táblázat: JELLEMZŐ VÍZÁLLÁSOK A DUNÁN
6. táblázat: VÍZÁLLÁS TARTÓSSÁGOK A DUNÁN
7. táblázat: VÍZÁLLÁS TARTÓSSÁGOK A DUNÁN DUNA-  
REMETÉNÉL

AZ OBSERVATOR KFT-TŐL ÁTVETT VÍZMÉRCE ÁLLOMÁSOK  
LISTÁJA

ÁLL.KÓD	ÁLLOMÁS	FOLYÓ	FKM	TERÜLET
001003	MOVAR DUZZ FELV	LAJTA	3.5	2375
001014	TATA	MALOM PATAK	1.3	0
001015	ALMASFUZITO	FENYES PATAK	0.0	0
001016	SUTTO	BIKOL PATAK	0.4	46
001025	TATA	CSEVER AROK	0.0	0
001050	ACS	SZEKES PATAK	0.0	0
001058	TATA	RETI AROK	0.0	0
011001	RAJKA ZSILIP FELV	MOSONI DUNA	123.5	0
011002	RAJKA ZSILIP ALV	MOSONI DUNA	123.5	0
011003	MAGYARKIMLE	MOSONI DUNA	60.0	2740
011004	BACSA	MOSONI DUNA	8.8	17975
011005	MECSER	MOSONI DUNA	48.1	0
011030	MOSONMAGYAROVAR	MALOM PATAK	0.0	0
011069	BEZENYE	RETI AROK	2.1	0
011070	RAJKA	M. DUNA II.ZS.a.	122.5	0
011071	RAJKA	M. DUNA II.ZS.f.	122.5	0
012001	HEGYESHALOM	LAJTA FOMEDER	10.3	2320
012002	HEGYESHALOM	LAJTA BP CSAT	5.9	0
012003	MOVAR DUZZ ALV	LAJTA	3.5	2375
012004	MOVAR POZSONYI U	LAJTA	2.4	0
013001	GYOR	RABCA	0.0	0
013006	LEBENY	RABCA	21.6	4236
014017	ARPAS	RABA	28.9	6610
014018	RABAUJFALU	RABA	20.4	6657
014019	GYOR	RABA	0.4	10113
015001	KORONCO	MARCAL	3.3	0
015008	MORICHIDA	MARCAL	18.4	2633
015013	RABASZENTMIKLOS	MARCAL	13.8	2710
015014	GYIRMOT	MARCAL	1.0	3075
015015	KISMEGYER	NAGY PANDZSA ER	6.6	225
016001	BAKONYBANK	CUHAI BAKONYER	38.7	277
016002	BONYRETALAP	CUHAI BAKONYER	11.4	484
016006	VERTESSZOLLOS	ATAL-ER	18.0	0
016007	TATA	ATAL-ER	8.6	460
016009	CONCOHATPUSZTA	CONCO	8.8	0
016013	KENYERMEZO	KENYERMEZEI PATAK	2.7	120
016014	TOKOD	UNYI PATAK	2.9	172
016049	ACS	CONCO	5.0	0
016050	NAGYIGMAND	CONCO	17.6	0
016065	TATA	ATAL ER	6.0	0
016066	TATA	TATAI - TO	0.0	0
022010	LETKES	IPOLY	14.0	0
022011	IPOLTOLGYES	IPOLY	19.0	5010
024001	DUNABOGDANY	SZENTENDREI DUNA	27.3	0
024002	SZENTENDRE	SZENTENDREI DUNA	9.9	0
100042	DUNAKILITI	DUNA	1842.1	0
022008	VAMOSMIKOLA	IPOLY	31.2	4901

AZ OBSERVATOR KFT-TŐL ÁTVETT VÍZÁLLÁS ADATSOROK  
LISTÁJA

ÁLL.KÓD	ÁLLOMÁS	FOLYÓ	1986	87	88	89	90	91	92
001003	MOVAR DUZZ FELV	LAJTA	-	+	-	-	+	+	+
001014	TATA	MALOM PATAK	-	-	-	-	-	-	-
001015	ALMASFUZITO	FENYES PATAK	-	-	-	-	-	-	-
001016	SUTTO	BIKOL PATAK	-	-	-	-	-	-	-
001025	TATA	CSEVER AROK	-	-	-	-	-	-	-
001050	ACS	SZEKES PATAK	-	-	+	-	+	+	+
001058	TATA	RETI AROK	-	-	-	-	-	-	-
011001	RAJKA ZSILIP FELV	MOSONI DUNA	-	-	-	-	-	-	-
011002	RAJKA ZSILIP ALV	MOSONI DUNA	-	-	-	-	-	-	-
011003	MAGYARKIMLE	MOSONI DUNA	-	-	-	-	-	-	-
011004	BACSA	MOSONI DUNA	+	+	+	+	+	+	+
011005	MECSER	MOSONI DUNA	+	+	+	+	+	+	+
011030	MOSONMAGYAROVAR	MALOM PATAK	-	-	-	-	-	-	-
011069	BEZENYE	RETI AROK	-	-	-	-	-	-	-
011070	RAJKA	M. DUNA II.ZS.a.	-	-	-	-	-	-	-
011071	RAJKA	M. DUNA II.ZS.f.	-	-	-	-	-	-	-
012001	HEGYESHALOM	LAJTA FOMEDER	*	+	+	+	+	+	+
012002	HEGYESHALOM	LAJTA BP CSAT	-	+	+	+	+	+	+
012003	MOVAR DUZZ ALV	LAJTA	-	+	-	+	+	+	+
012004	MOVAR POZSONYI U	LAJTA	-	-	-	-	-	-	-
013001	GYOR	RABCA	-	-	-	-	-	-	-
013006	LEBENY	RABCA	-	+	+	+	+	+	+
014017	ARPAS	RABA	-	+	+	+	+	+	+
014018	RABAUJFALU	RABA	-	+	+	-	+	+	+
014019	GYOR	RABA	*	+	+	+	+	+	+
015001	KORONCO	MARCAL	-	-	-	-	-	-	-
015008	MORICHIDA	MARCAL	-	+	+	+	+	+	+
015013	RABASZENTMIKLOS	MARCAL	-	-	+	+	+	+	+
015014	GYIRMOT	MARCAL	-	+	+	+	+	+	+
015015	KISMEGYER	NAGY PANDZSA ER	-	-	-	-	-	-	-
016001	BAKONYBANK	CUHAI BAKONYER	-	-	-	+	-	+	+
016002	BONYRETALAP	CUHAI BAKONYER	-	-	+	+	+	+	+
016006	VERTESSZOLLOS	ATAL-ER	-	-	-	-	-	-	-
016007	TATA	ATAL-ER	-	+	+	+	+	+	+
016009	CONCOHATPUSZTA	CONCO	-	+	-	-	-	-	-
016013	KENYERMEZO	KENYERMEZEI PATAK	-	-	+	+	+	+	+
016014	TOKOD	UNYI PATAK	-	+	+	+	+	+	+
016049	ACS	CONCO	-	-	-	-	-	-	-
016050	NAGYIGMAND	CONCO	-	-	-	-	-	-	-
016065	TATA	ATAL ER	-	-	-	-	-	+	-
016066	TATA	TATAI - TO	-	-	-	-	-	-	-
022010	LETKES	IPOLY	-	-	-	-	-	-	-
022011	IPOLTOLGYES	IPOLY	-	+	+	+	+	+	+
024001	DUNABOGDANY	SZENTENDREI DUNA	-	+	+	+	+	+	+
024002	SZENTENDRE	SZENTENDREI DUNA	-	+	+	+	+	+	+
100042	DUNAKILITI	DUNA	-	-	-	+	-	-	-
022008	VAMOSMIKOLA	IPOLY	-	-	-	-	-	-	-

JELÖLÉSEK: + = van adatsor  
 - = nincs adatsor  
 \* = az adatsor kétszer is megvan

ÉVES JELLEMZŐ VÍZÁLLÁSOK VÁLTOZÁSA  
A DUNA RAJKA BUDAPEST KÖZÖTTI SZAKASZÁN

ÁLLOMÁS	ADATSOR HOSSZA	Változás [cm/év]		
		$H_{\max}$	$H_{\text{köz}}$	$H_{\min}$
RAJKA	1950-1991	0.5	-3.3	-3.5
DUNAREMETE	1901-1991	2.0	1.2	0.4
MEDVE	1926-1992	0.8	-0.4	-0.5
KOMÁROM	1901-1992	-0.2	-0.7	-0.6
DUNAALMÁS	1901-1992	0.00	-0.6	-0.5
NAGYMAROS	1901-1992	-0.4	-1.1	-1.2
BUDAPEST	1901-1992	-0.5	-1.0	-0.9



4.táblázat

ÉVES JELLEMZŐ VÍZÁLLÁSOK VÁLTOZÁSA  
A DUNA DUNAREMETEI SZELVÉNYÉBEN  
KÜLÖNBÖZŐ HOSSZÚSÁGÚ ADATSOROK ESETÉN

ÁLLOMÁS	ADATSOR HOSSZA	Változások [cm/év]		
		$H_{\max}$	$H_{\text{köz}}$	$H_{\min}$
DUNAREMETE	1901-1991	2.0	1.2	0.4
	1926-1991	2.2	0.7	-0.5
	1950-1991	1.4	-0.2	-0.5

5. táblázat

## JELLEMZŐ VÍZÁLLÁSOK A DUNÁN

ÁLLOMÁS	ÉSZLELÉS KEZDETE	Jellemző vízállások [cm]					
		Nagyvíz		Középvíz		Kisvíz	
		NV <sub>86-92</sub>	LNV	KÖV <sub>86-92</sub>	KÖV	KV <sub>86-92</sub>	LKV
RAJKA	1950	616	639	147	215	-314 -75*	-75
DUNAREMETE	1901	720	720	363	341	-10 188*	142
MEDVE	1926	754	781	217	246	23	0
KOMÁROM	1901	745	782	213	272	36	22
DUNAALMÁS	1901	719	744	214	265	40	40
NAGYMAROS	1901	634	682	137	217	-27	-27
BUDAPEST	1901	783	845	259	316	69	51

Megjegyzés: A \*-gal jelölt értékek a dunacsunyi zárás előtti időszakra vonatkoznak

## VÍZÁLLÁS TARTÓSSÁGOK A DUNÁN

TARTÓSSÁG		ÁLLOMÁS					
%	NAP	RAJKA	REMETE	KOMAROM	D. ALMAS	N. MAROS	B. PEST
0.	1	472	580	530	504	430	584
0.	1	472	580	530	504	430	584
1.	2	467	572	511	490	422	572
1.	3	453	565	496	475	409	563
1.	4	437	549	476	458	392	546
2.	5	424	545	465	445	377	535
2.	7	401	532	442	422	351	511
3.	11	380	515	408	389	325	476
4.	15	363	509	396	379	308	459
5.	18	350	504	389	374	300	449
7.	26	331	493	371	357	280	430
10.	37	301	478	346	335	260	405
13.	47	283	467	331	322	247	386
15.	55	270	459	321	312	237	377
18.	66	253	449	308	300	225	361
20.	73	245	444	300	294	216	352
22.	80	237	438	293	286	211	346
25.	91	223	428	283	278	199	332
27.	99	215	421	275	272	193	325
30.	110	202	413	266	263	185	315
33.	120	191	405	258	256	178	306
35.	128	179	396	249	247	169	296
38.	139	167	386	238	238	158	282
40.	146	158	380	230	230	150	276
45.	164	139	366	216	217	136	258
50.	183	121	350	201	203	123	244
55.	201	104	337	188	193	112	229
60.	219	90	324	174	180	99	214
65.	237	75	311	160	166	87	201
70.	256	56	296	147	154	74	187
75.	274	41	282	134	143	64	174
80.	292	25	267	122	130	52	159
85.	310	10	252	106	115	40	144
88.	321	0	244	98	107	32	135
90.	329	-17	228	93	103	27	131
93.	339	-33	214	84	94	22	123
95.	347	-39	209	77	87	17	118
96.	350	-44	206	74	86	15	115
97.	354	-50	202	71	81	11	110
98.	358	-55	194	67	76	6	106
99.	361	-60	188	62	74	3	101
100.	363	-66	184	60	69	-1	98
100.	365	-82	174	52	65	-5	94

## VÍZÁLLÁS TARTÓSSÁGOK A DUNÁN DUNAREMETÉNÉL

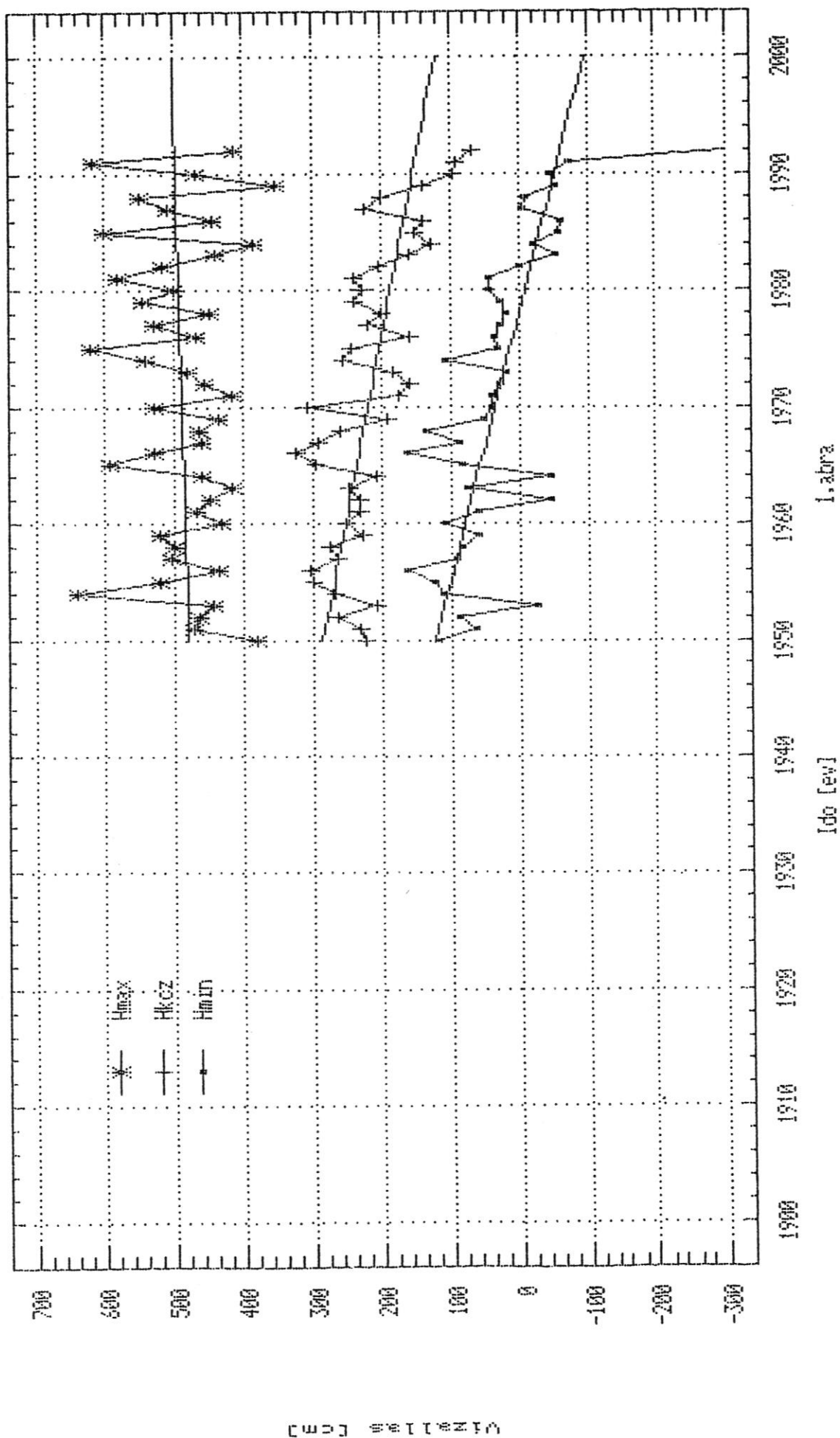
H [cm]	TARTÓSSÁG [nap]			
	1961-70	1971-80	1981-90	1961-90
700	0.0	0.0	0.0	0.0
690	0.0	0.0	0.0	0.0
680	0.0	0.1	0.0	0.0
670	0.0	0.2	0.0	0.1
660	0.0	0.2	0.0	0.1
650	0.2	0.3	0.2	0.2
640	0.4	0.3	0.2	0.3
630	0.5	0.4	0.5	0.5
620	0.8	0.5	0.8	0.7
610	0.9	0.7	0.8	0.8
600	1.0	0.8	1.1	1.0
590	1.4	1.0	1.5	1.3
580	2.2	1.3	2.3	1.9
570	3.1	1.6	2.7	2.5
560	3.8	2.1	4.0	3.3
550	5.5	2.4	5.3	4.4
540	6.6	3.0	7.7	5.8
530	8.6	4.4	11.2	8.1
520	10.7	6.9	14.8	10.8
510	14.3	10.3	18.7	14.4
500	19.4	13.9	24.3	19.2
490	25.0	18.7	31.9	25.2
480	34.0	27.0	43.4	34.8
470	44.7	36.0	55.6	45.4
460	59.6	46.6	68.3	58.1
450	74.4	60.0	80.7	71.7
440	93.6	75.9	93.3	87.6
430	114.2	91.1	107.5	104.2
420	135.2	109.8	121.5	122.1
410	154.1	126.6	137.0	139.2
400	172.4	143.9	153.1	156.4
390	187.9	158.4	168.6	171.6
380	204.0	173.6	182.6	186.7
370	215.4	189.3	197.5	200.7
360	226.3	202.3	213.5	214.0
350	237.1	213.8	223.7	224.8
340	246.7	223.7	233.4	234.6
330	255.8	234.8	245.0	245.2
320	263.6	247.0	255.2	255.2
310	273.1	260.6	266.4	266.7
300	279.8	276.8	278.7	278.4
290	288.7	290.1	290.2	289.6
280	296.2	304.3	300.4	300.3
270	302.4	316.9	311.7	310.3
260	311.9	329.1	323.0	321.3
250	322.8	344.2	331.9	332.9
240	334.1	355.0	339.7	342.9
230	344.8	360.7	348.6	351.3
220	356.6	363.9	356.8	359.1
210	363.0	365.1	362.0	363.3
200	364.4	365.2	364.7	364.8
190	365.2	365.2	365.1	365.2
180	365.2	365.2	365.2	365.2

## ÁBRÁK

1. ábra:	DUNA - RAJKA	Éves jellemző vízállások
2. ábra:	DUNA - DUNAREMETE	Éves jellemző vízállások
3. ábra:	DUNA - MEDVE	Éves jellemző vízállások
4. ábra:	DUNA - KOMÁROM	Éves jellemző vízállások
5. ábra:	DUNA - DUNAALMÁS	Éves jellemző vízállások
6. ábra:	DUNA - NAGYMAROS	Éves jellemző vízállások
7. ábra:	DUNA - BUDAPEST	Éves jellemző vízállások
8. ábra:	DUNA - DUNAREMETE	Éves nagyvízállások trendje
9. ábra:	DUNA - DUNAREMETE	Éves középvízállások trendje
10. ábra:	DUNA - DUNAREMETE	Éves kisvízállások trendje
11. ábra:	DUNA - RAJKA	Vízállás tartósságok, 1986-92
12. ábra:	DUNA - DUNAREMETE	Vízállás tartósságok, 1986-92
13. ábra:	DUNA - KOMÁROM	Vízállás tartósságok, 1986-92
14. ábra:	DUNA - DUNAALMÁS	Vízállás tartósságok, 1986-92
15. ábra:	DUNA - NAGYMAROS	Vízállás tartósságok, 1986-92
16. ábra:	DUNA - BUDAPEST	Vízállás tartósságok, 1986-92

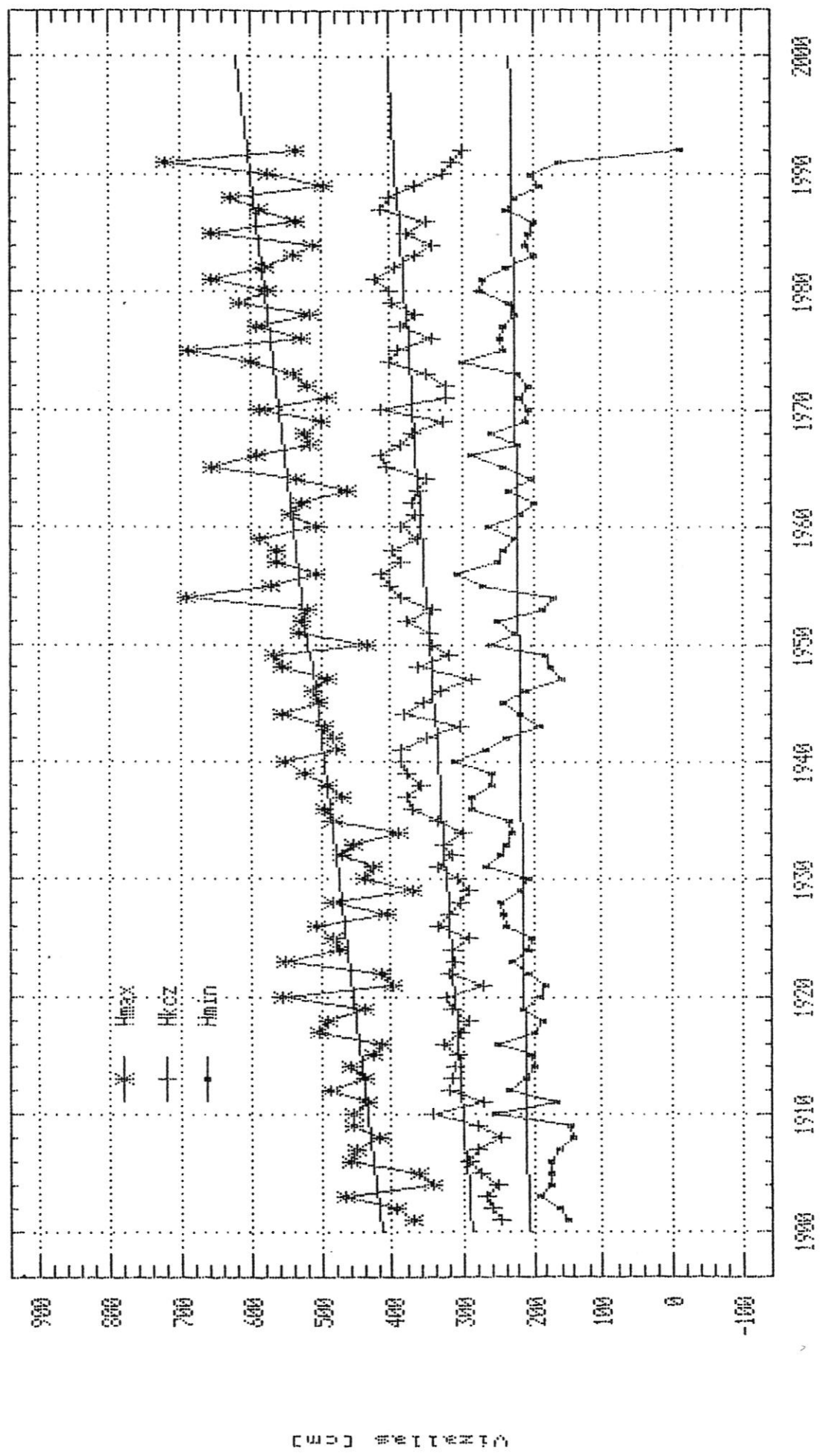
JUNNA - RAJKA

Eves jellemzo vizallások



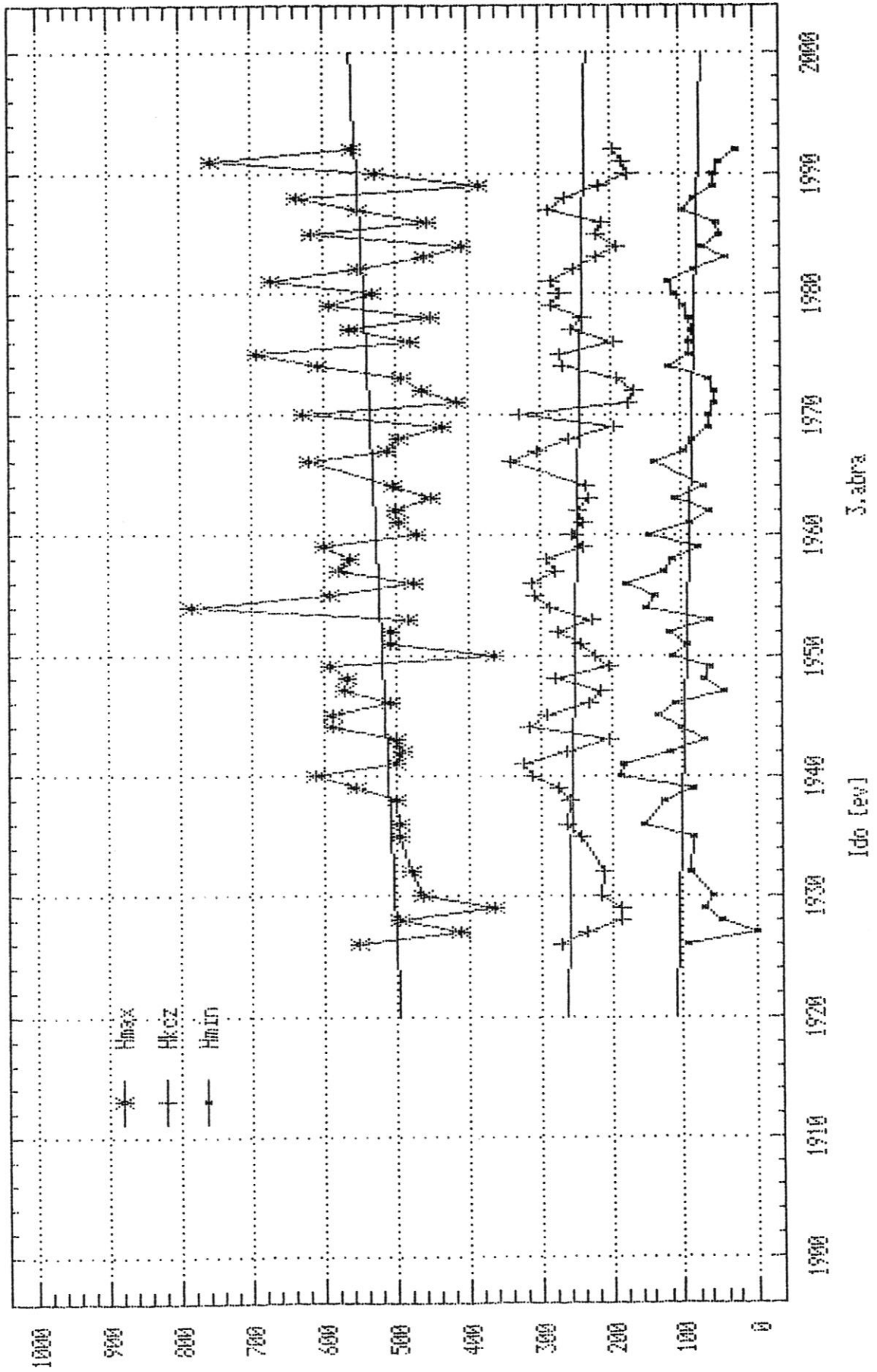
1. abra

DUNA - DUNARENETE  
 Éves jellemző vízállások



DUNA - MEDVE

Eves jellemzo vizallasok

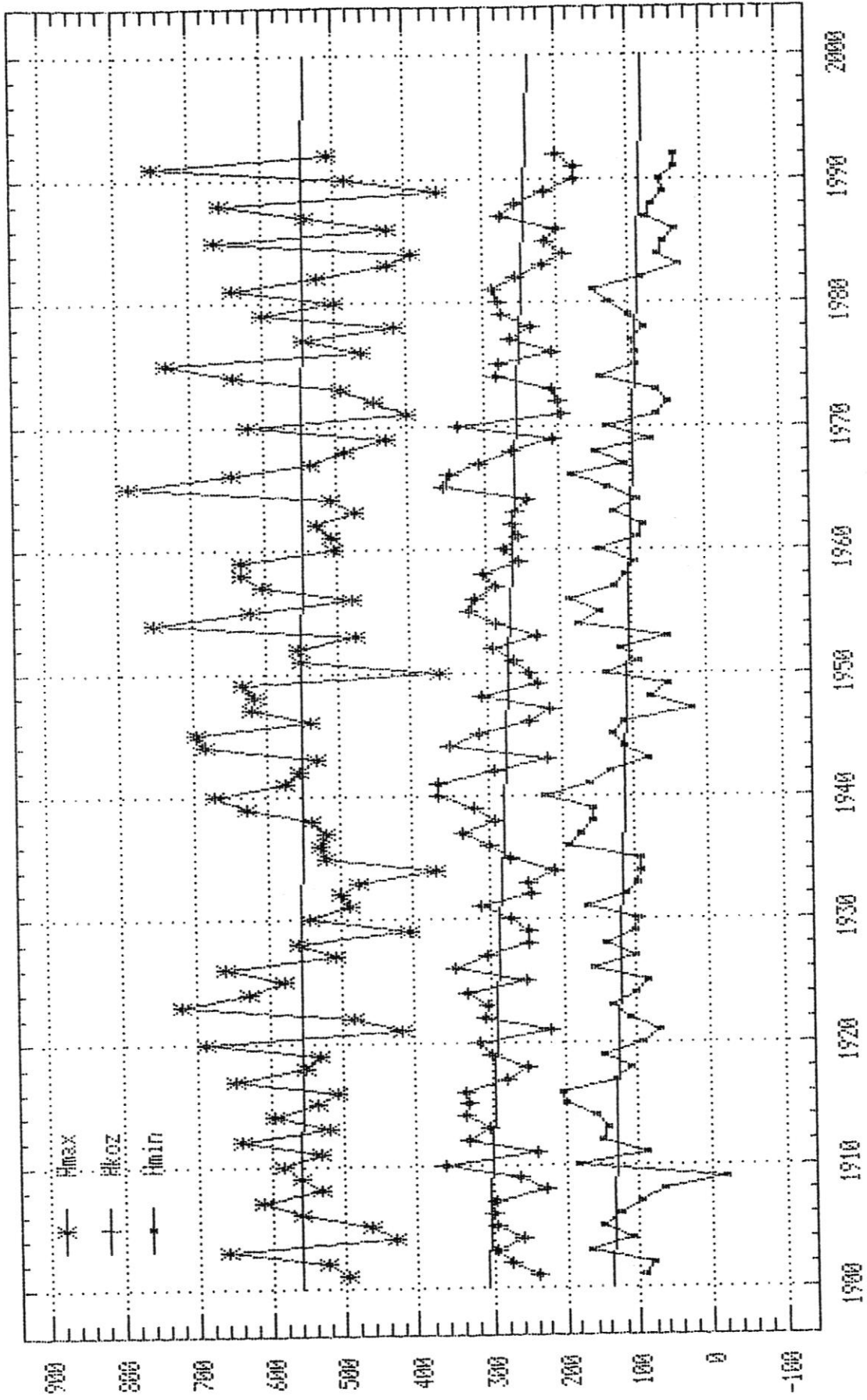


3. abra



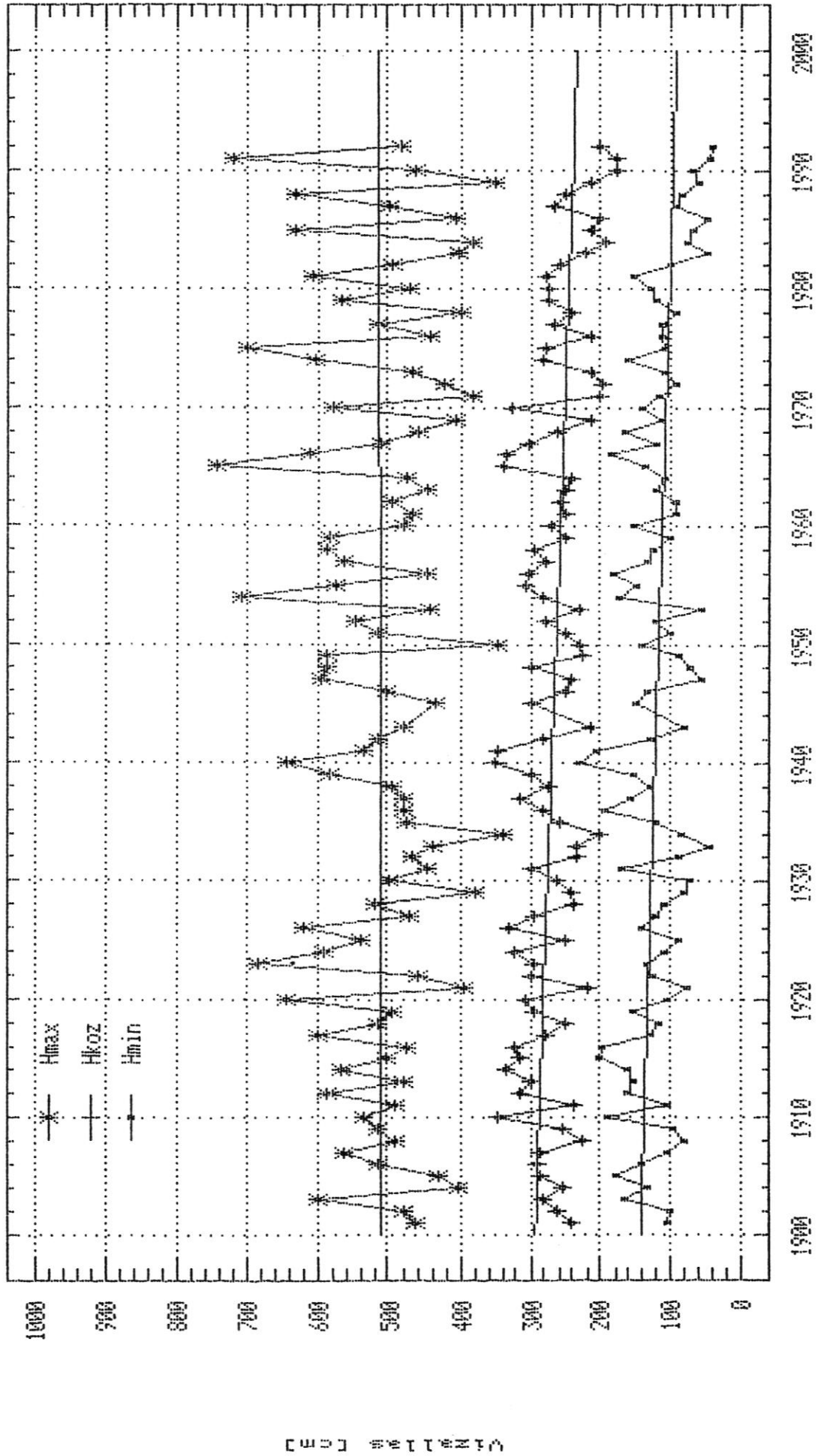
JUNA - KOMAROM

Eves jellemzo vizallások



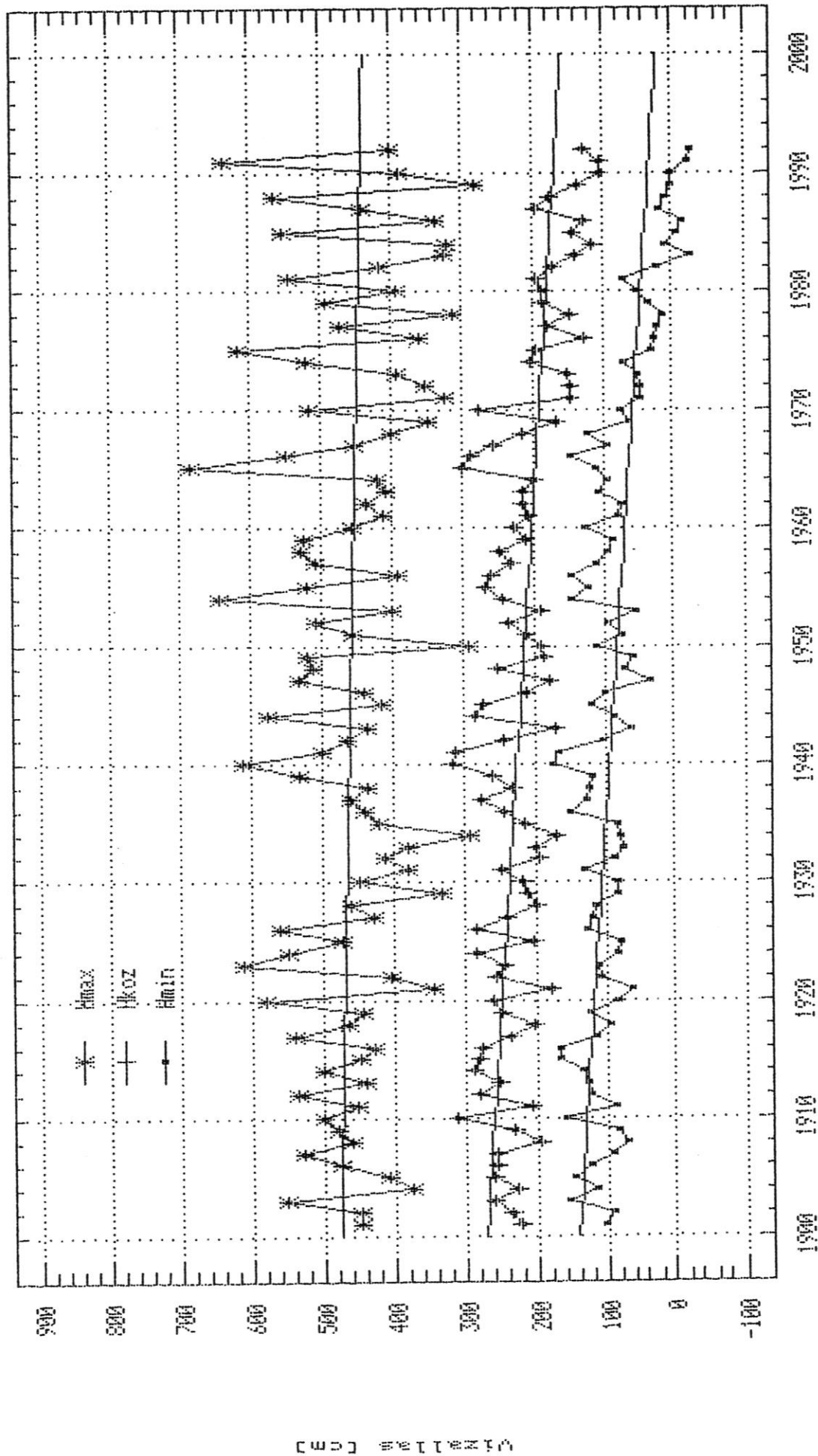
DUNA - DUNAALMAS

Eves jellemzo vizallasok



# ZUBJA - MASYMÁROS

Eves jellemző vizállások

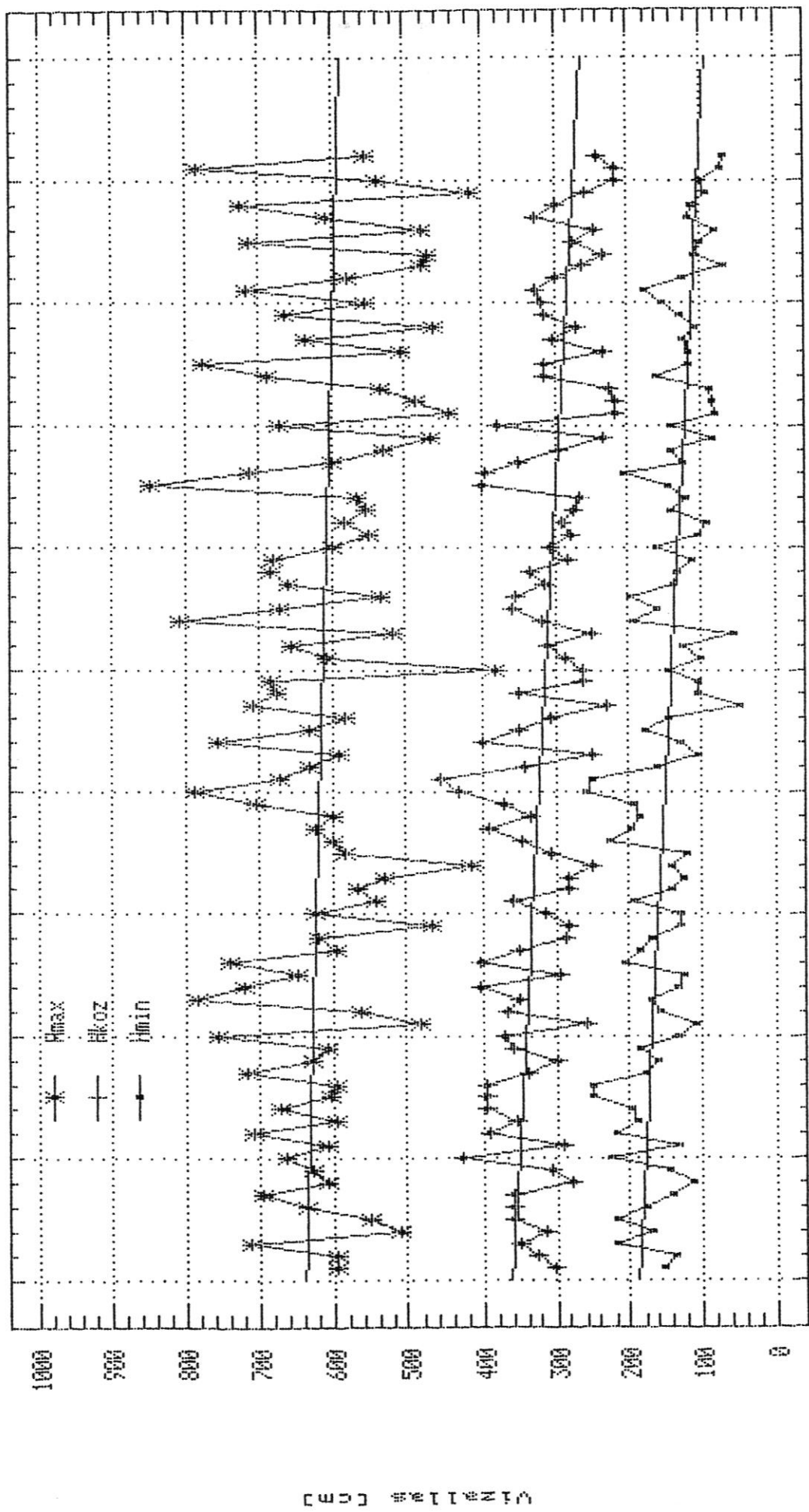


6. ábra

Ido [év]

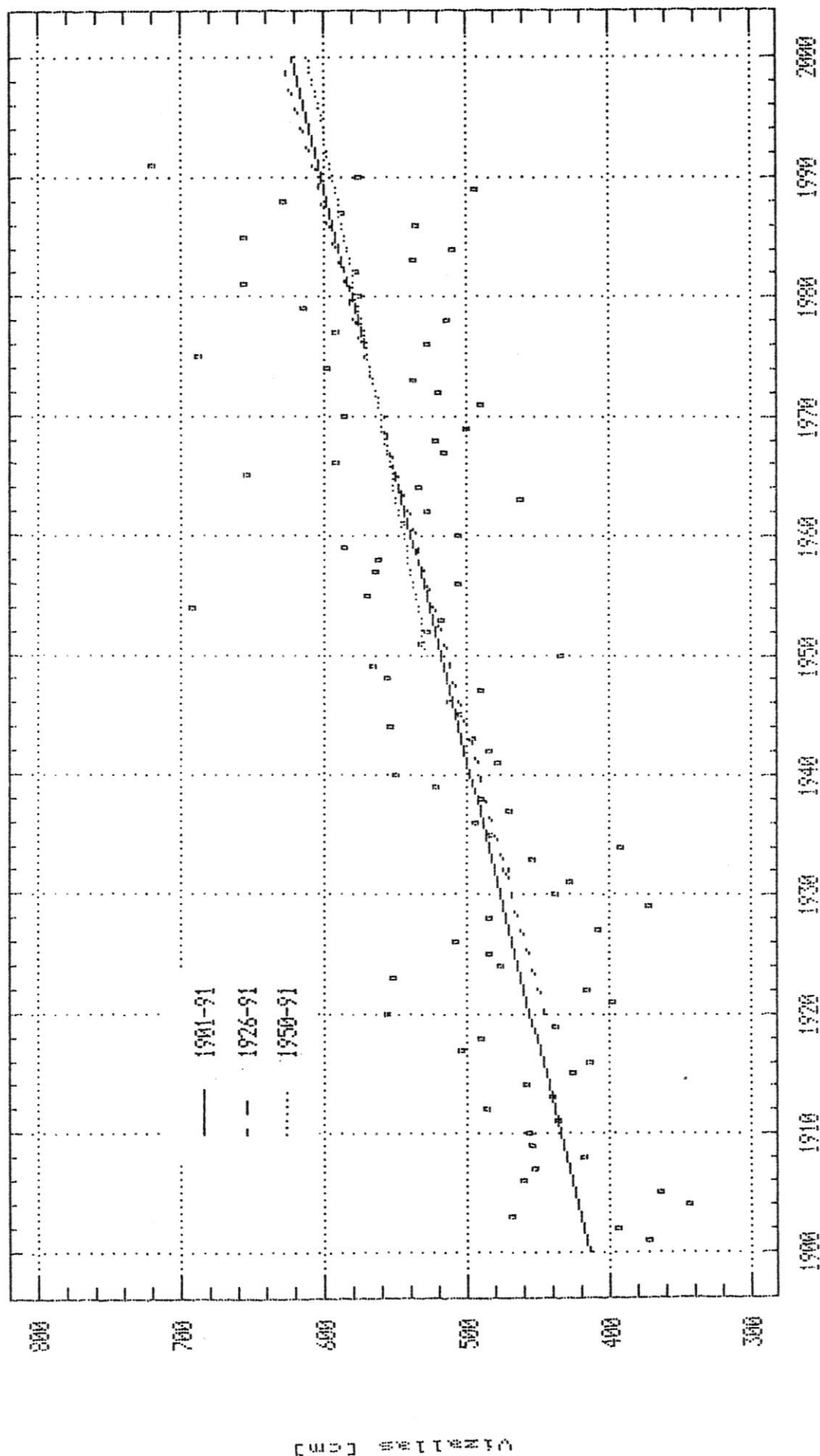
VIZMÉRTÉS [cm]

DUNA - BUDAPEST  
 Éves jellemző vízállások



# DUNA - DUNARENETE

Eves nagyvizállások trendje



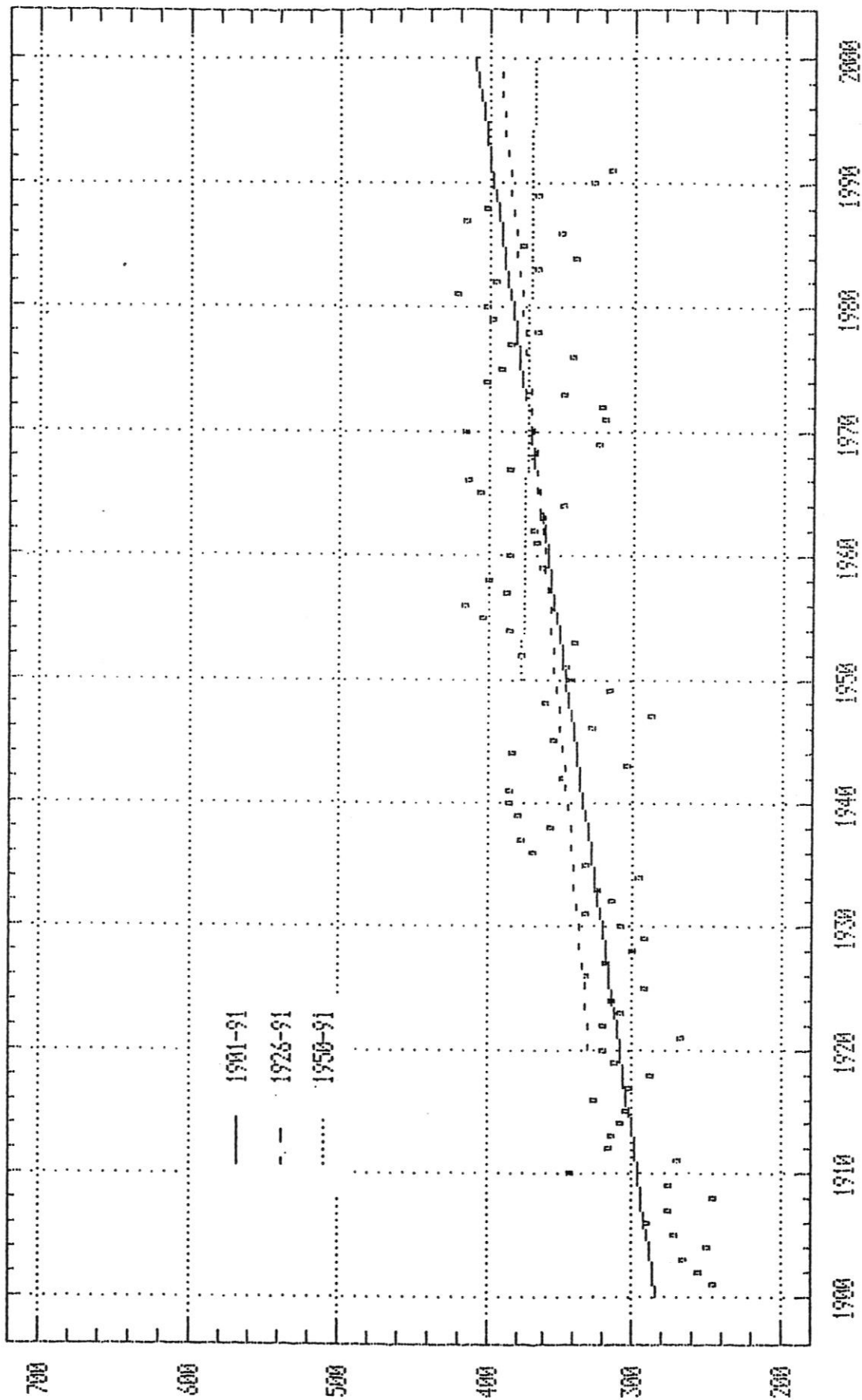
8. abra

Ido [ev]

Vízszint [cm]

# DUNA - DUNAFERMEETE

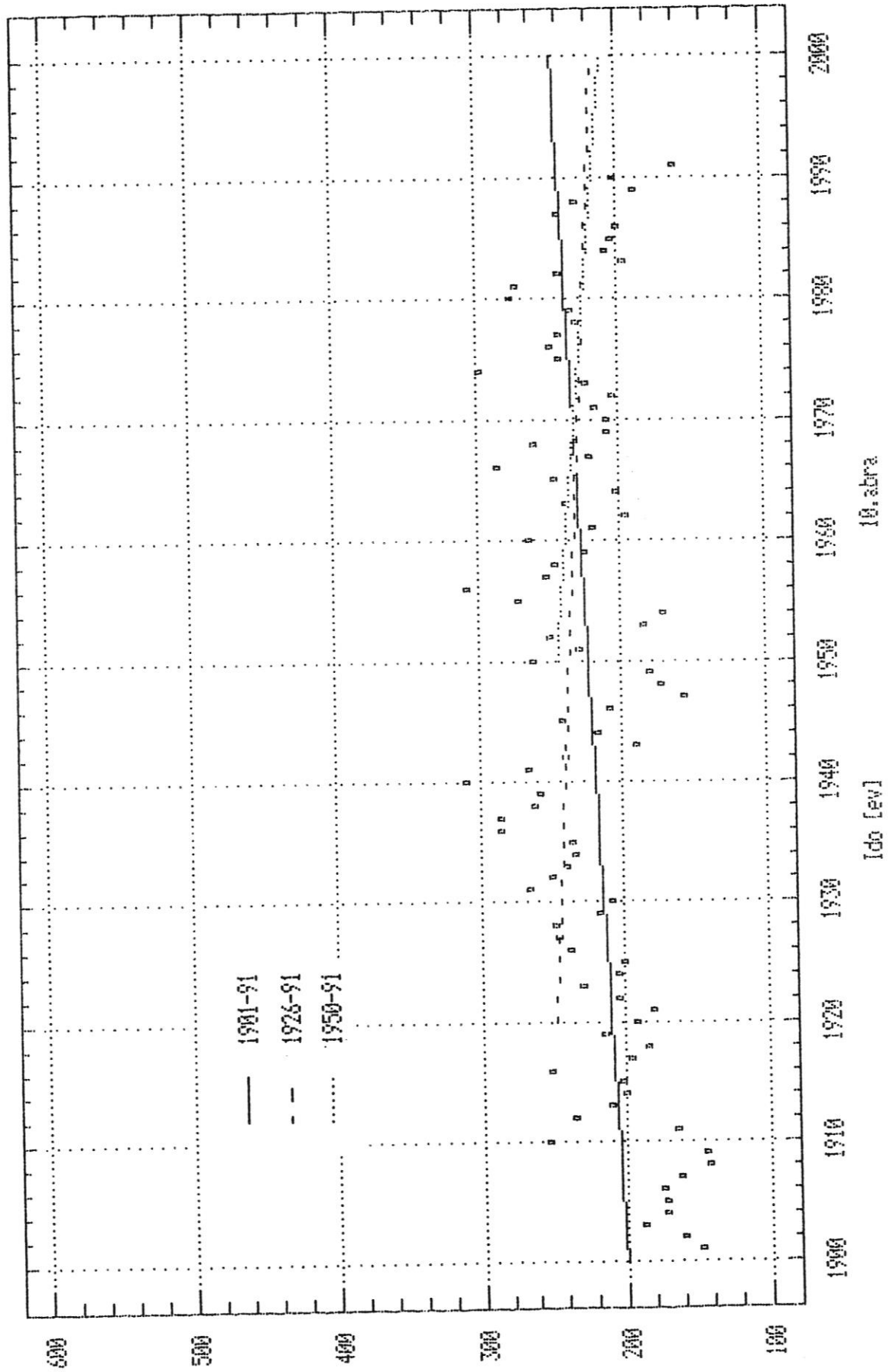
Eves kozepvizallasok trendje



9. abra

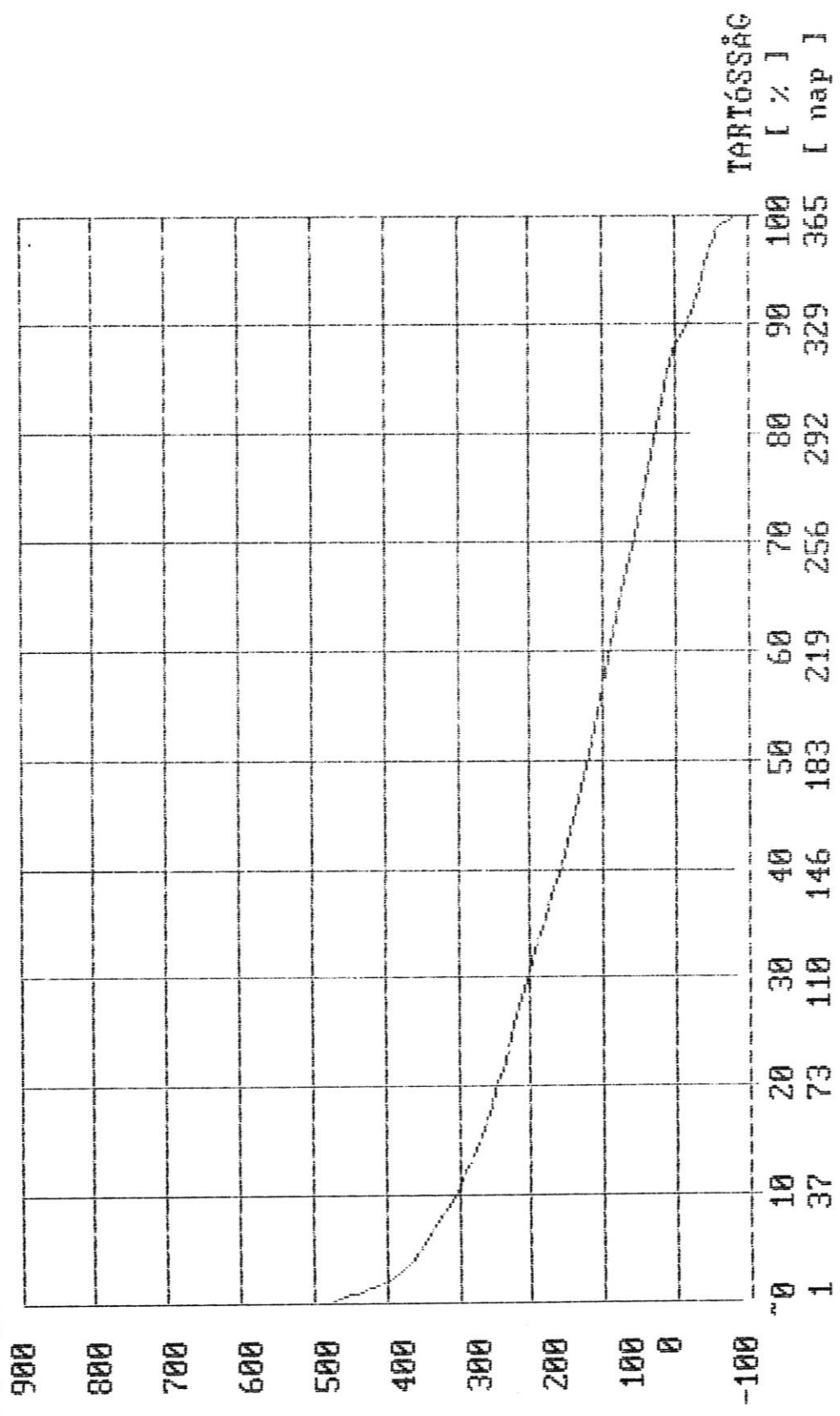
[do [ev]

DUNA - DUNAKÖRLETE  
Éves kisvízállások trendje



Időlépcső: 1440 perc DUNA  
 H [ cm ] 0000001 RAJKA

Időszak: 1986-1992 év 7 év  
 Észlelt vízállás

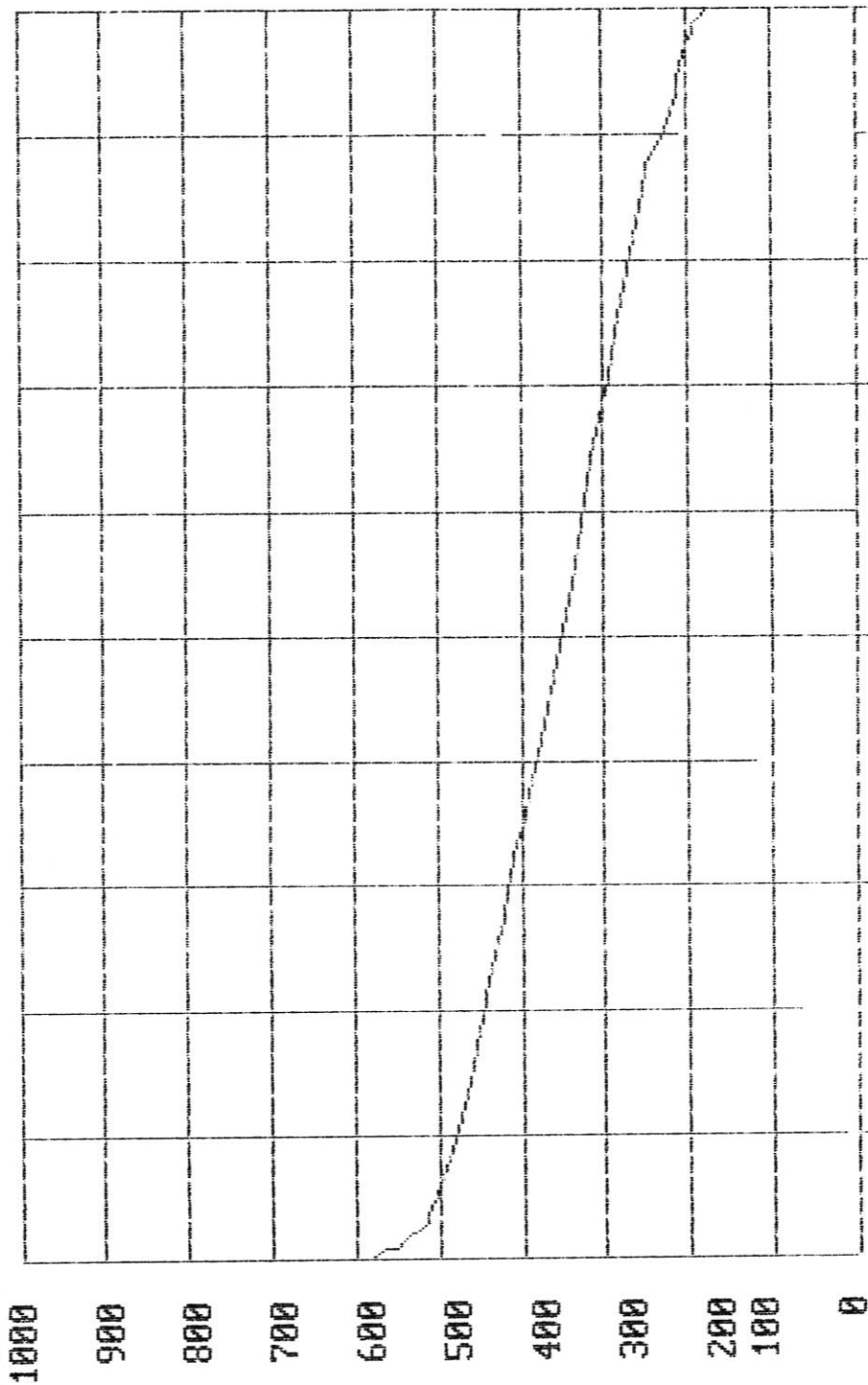


11. ábra: DUNA - RAJKA Vízállás tartósságok, 1986-92



Időszak: 1986-1992 év 7 év  
Észlelt vízállás

Időlépcső: 1440 perc DUNA  
H [ cm ] 000002 DUNAREMETE

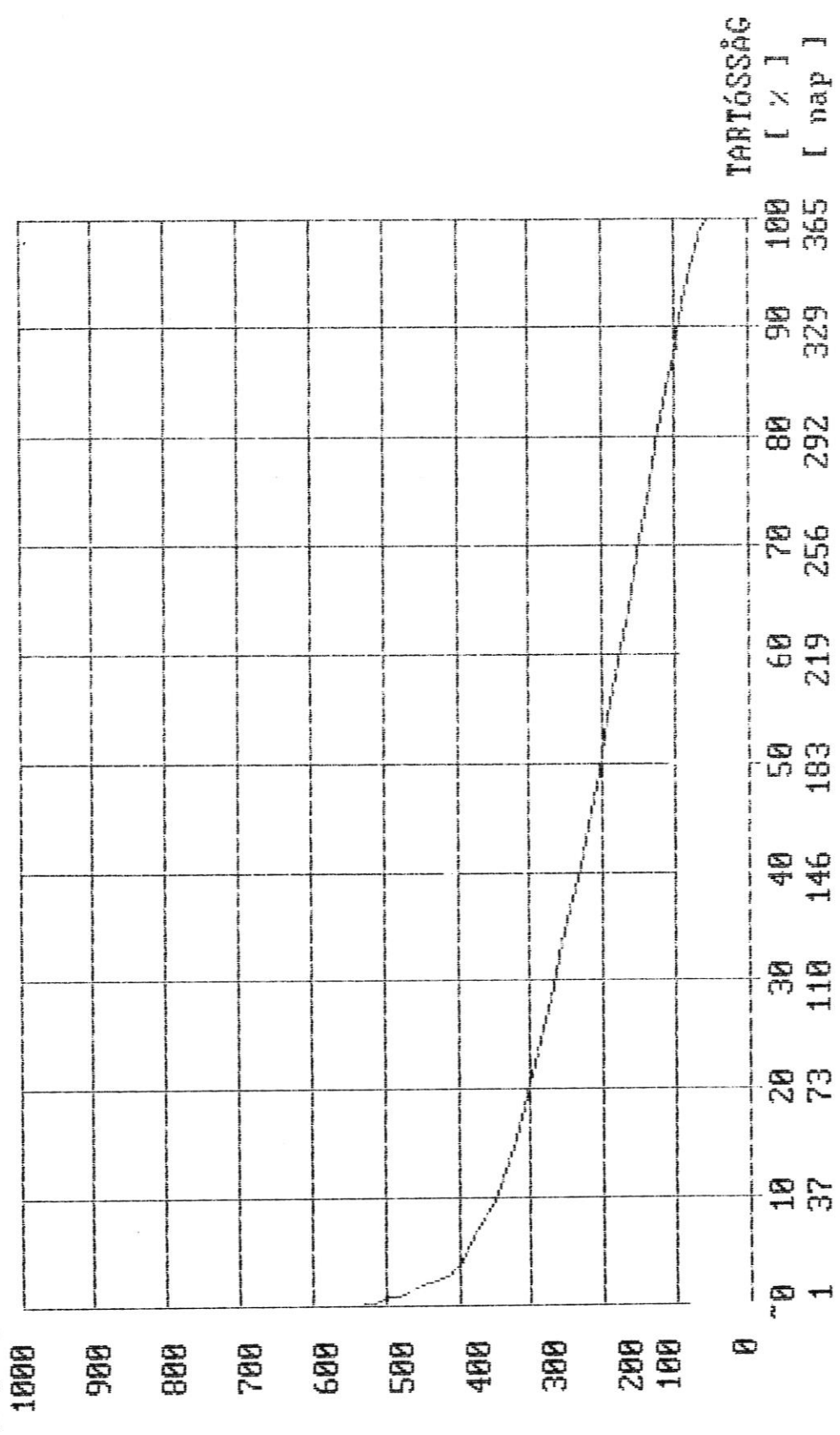


TARTÓSSÁG  
[ % ]  
[ nap ]

TARTÓSSÁG [ % ]	TARTÓSSÁG [ nap ]
0	100
10	90
20	80
30	70
40	60
50	50
60	40
70	30
80	20
90	10
100	0

12. ábra: DUNA - DUNAREMETE Vízállás tartósságok, 1986-92

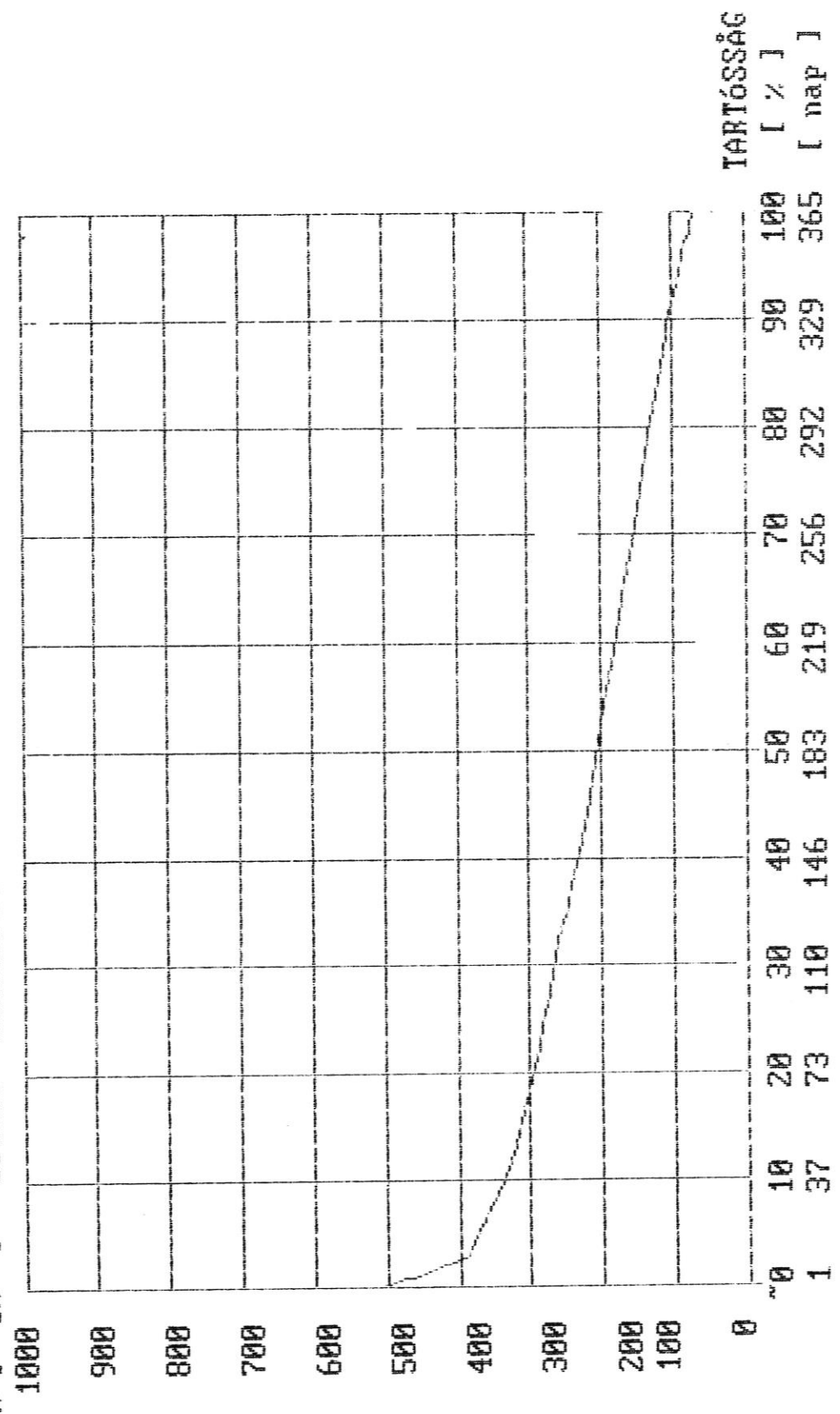
Időlépcső: 1440 perc DUNA  
 H [ cm ] 000005 KOMÁROM  
 Időszak: 1986-1992 év 7 év  
 Észlelt vízállás



13. ábra: DUNA - KOMÁROM Vízállás tartósságok, 1986-92

Időszak: 1986-1992 év 7 év  
Észlelt vízállás

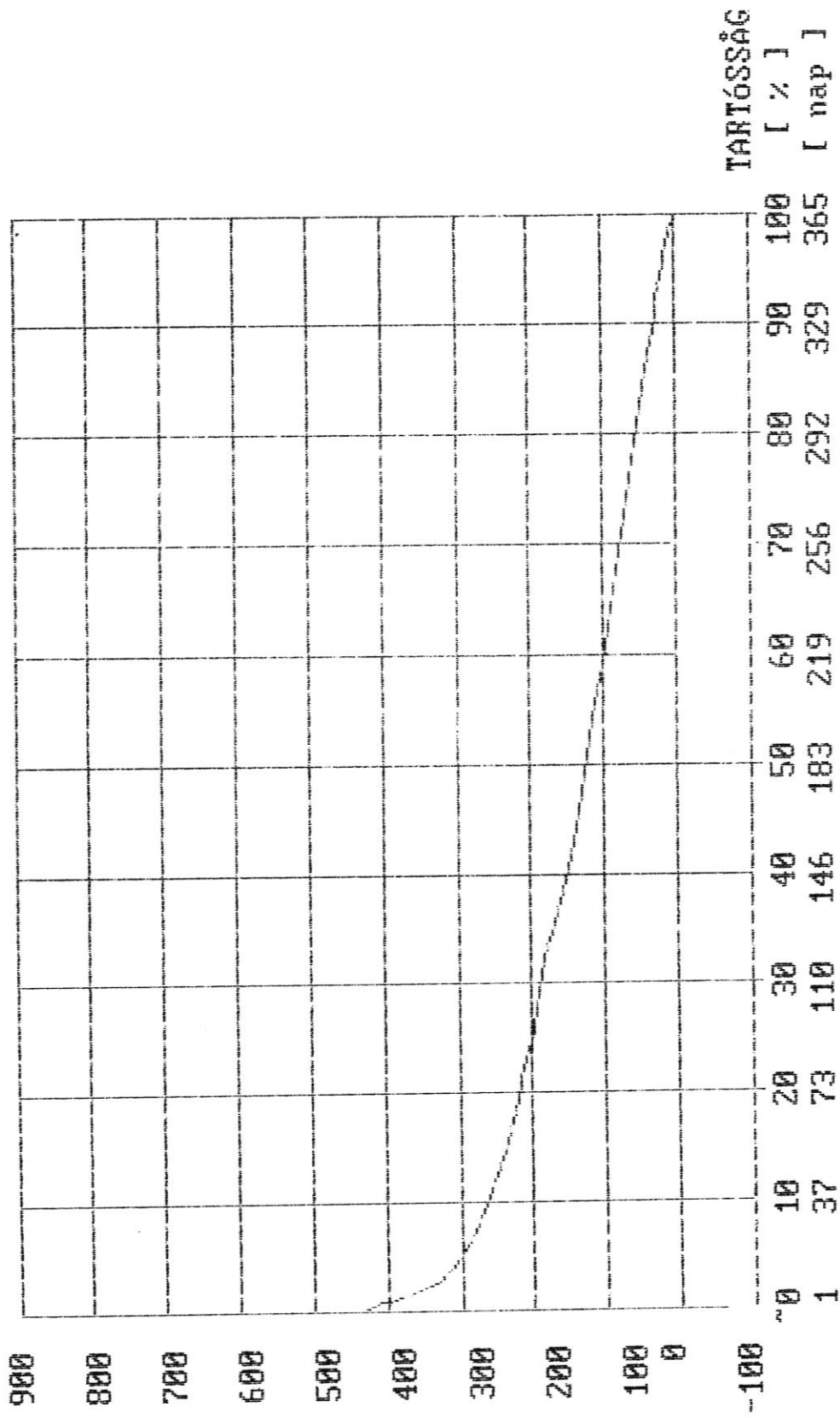
Időlépcső: 1440 perc DUNA  
H [ cm ] 000006 DUNAALMÁS



14. ábra: DUNA - DUNAALMÁS Vízállás tartósságok, 1986-92

Időszak: 1986-1992 év 7 év  
Észlelt vízállás

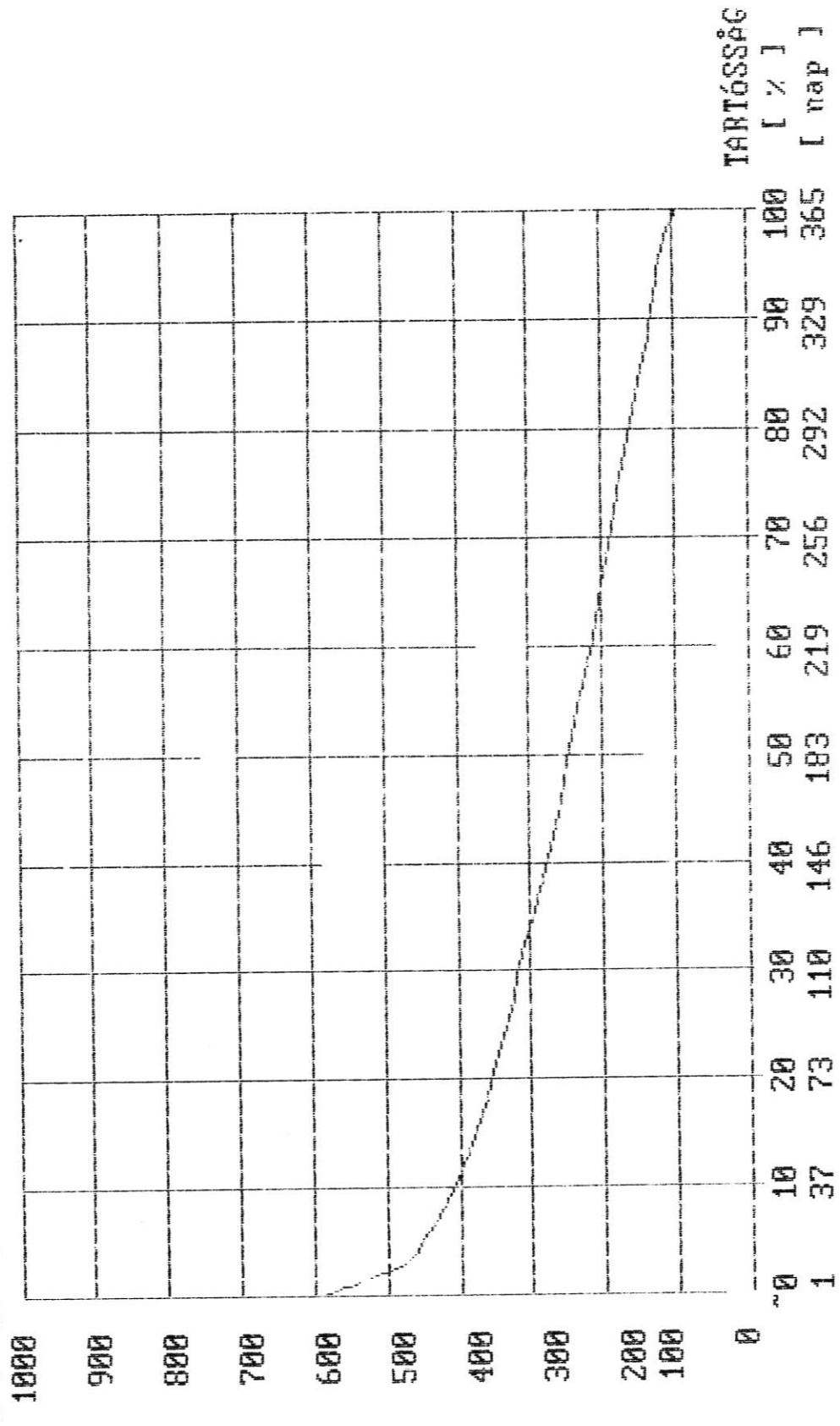
Időlépcső: 1440 perc DUNA  
H [ cm ] 001020 MAGYMAROS



15. ábra: DUNA - MAGYMAROS Vízállás tartósságok, 1986-92

Időszak: 1986-1992 év 7 év  
Észlelt vízállás

Időlépcső: 1440 perc DUNA  
H [ cm ] 001026 BUDAPEST



16. ábra: DUNA - BUDAPEST Vízállás tartósságok, 1986-92

## **II. VÍZHOZAM**

**(Összeállította: Dr.Szekeres János)**

- 1. Intézmény:** VITUKI Hidrológiai Intézet
- 2. Szakterület:** Felszíni vizek hidrológiája
- 3. A monitoring pontok földrajzi megjelölése**

A vizsgálatokat a Duna rajkai, dunaremetei, medvei, komáromi, dunaalmási, nagymarosi és budapesti vízmérce állomásának adatai alapján végeztük.

- 4. Vizsgált jelenségek, természeti elemek:** Vízhozam
- 5. Vizsgálati módszer (mérés, megfigyelés módszere)**

A vízhozam az adott folyó kiválasztott szelvényén időegység alatt áthaladó víz mennyisége. Egysége folyók esetében  $m^3/s$ , kis vízfolyásoknál  $l/s$ . A természetes vízfolyások vízhozama állandóan változik a vízgyűjtő felszínén és felszín alatti rétegeiben lejátszódó hidrológiai folyamatoknak megfelelően. A pillanatnyi vízhozam meghatározására a vízfolyás nagyságától és sebességi viszonyaitól függően több féle módszer létezik, de ezek közül a Felső-Dunai Környezeti Monitoring Rendszer mérőhelyein főként a sebesség-terület módszert alkalmazzák. Ennek lényege, hogy egy kiválasztott kereszt-szelvény mentén felméri a szelvény alakját, majd a szelvényalak ismeretében kijelölt függélyekben 5-10 pontban megméri a vízsebességet. Ezt követően a számítás során minden mérési függélyben kiszámítják a mért sebességek súlyozott átlagaként a függély-középssebességet, majd ezek között interpolálva meghatározzák a függély-középssebességek szelvénymenti eloszlását mutató görbét. Ezt követően a szelvényt mintegy 20-50 függőleges sávra bontják és sávonként meghatározzák

a területet, valamint a sáv középvonalához tartozó függély-középsebességet. E kettő szorzataként adódik az elemi sáv által szállított részvízhozam, amelyeket a szelvény mentén összegezve, meghatározható a vízhozam.

Az azonos szelvényben mért vízhozamokat a méréskor észlelt vízállás függvényében grafikusán ábrázolva, megszerkeszthető a vízhozamgörbe. Ez fejezi ki a mindenkori vízállás és a vízhozam közötti kapcsolatot. Segítségével, a naponta leolvasott vízállásokból meghatározhatók a naponkénti vízhozamok.

A vízállás és a vízhozam közötti, rendszerint igen szoros kapcsolat megváltozik, ha a szelvény környezetében mederváltozás következik be. Ugyancsak befolyásolja a vízhozamgörbe használhatóságát a vízfelszín esésének jelentős megváltozása is. Az előbbi esetben új görbét kell szerkeszteni, az utóbbiban a felszínesést is figyelembe vevő ún. többváltozós vízhozamgörbét kell készíteni.

**6. A szakterületi szabályozó szabványok, műszaki-, környezet- és természetvédelmi előírások (ha vannak) stb. A mérések, megfigyelések eredményeinek eltérése a szabványoktól, irányelvektől, egyéb előírásoktól.**

A vízhozam adatok mérésére, számítására, illetve az adatok feldolgozására vonatkozó műszaki előírások:

MI-10-231/4-86	HIDROLÓGIAI MÉRÉSEK, Felszíni vizek vízhozama
MI-10-251/4-85	HIDROLÓGIAI MÉRÉSI ADATOK ELSŐDLEGES FELDOLGOZÁSA, Felszíni vizek vízhozamadatai
MI-10-251/4-85	HIDROLÓGIAI MÉRÉSI ADATOK ELSŐDLEGES FELDOLGOZÁSA, Felszíni vizek vízhozamadat-sorainak összehasonlítása

## **7. A mérések, megfigyelések és vizsgálatok megbízhatósága**

A vízhozammérési adatok megbízhatósága  $\pm 5$  %-ra tehető. Ezt az értéket azonban nagyban befolyásolják a mérési körülmények és az áramlási viszonyok. Egy-egy kedvezőtlen időjárási vagy vízjárési helyzetben végzett mérés hibája ennél nagyobb is lehet, azonban ennek ellenőrzése és értékelése az adatfeldolgozás során megtörténik és mérési hiba gyanuja esetén az adat a feldolgozásból kimarad.

A vízhozamgörbe - tekintve, hogy nagy számú mérésből szerkesztik - mentes a véletlen hibák hatásától, azonban alkalmazása során, a vízállásokból származtatott vízhozam adatsort a vízállás leolvasás hibáján kívül a jelenség időbeli változásából - nem permanens voltából - adódó hiba is terheli. Ez az említett felszínesítés változásából ered és nagysága igen változó. Abban a szelvényben amelyben ennek hatása meghaladja a  $\pm 5$  %-ot javasolt többváltozós összefüggés alkalmazása.

## **8. A mért/gyűjtött alap adatállomány tárolási helyei/módjai**

Az országos törzshálózatban gyűjtött vízhozam adatok a VITUKI Központi Vízrajzi Adattárában érhetők el. Az üzemi állomások adatait az üzemeltetők tárolják, így a Monitoring Rendszer hatásterületén lévő nem törzshálózati állomások vízhozam adatai az Északdunántúli, illetve a Középdunavölgyi Vízügyi Igazgatóságon találhatóak. Az Observator Kft-től vízhozam adatokat nem kaptunk.

## **9. A környezeti elem jellemző paraméterei hét év adatsora alapján, a vizsgált környezeti elem változásai**

A vízhozamgörbék érvényessége -mint már korábban említettük - a mederállapotok, illetve az esésviszonyok változásától függ. A vízhozammérési eredményeket a méréskor észlelt vízállás függvényében ábrázolva és a különböző időszakokban végzett méréseket eltérő jellel felrakva kimutatható a meder-, illetve



az esésváltozás hatása. Ezeket a grafikonokat tartalmazzák az 1-7. ábrák.

A rajkai görbéről (1. ábra) leolvasható a folyamatos medermélyülés, ugyanis az ábra tanúsága szerint azonos vízálláshoz az idő múlásával egyre nagyobb vízhozamok tartoznak. A 200 cm-es vízállásnál ez például azt jelenti, hogy ekkora vízálláshoz az 1986 előtti időszakban 1600, jelenleg 2400 m<sup>3</sup>/s a vízhozam tartozik. Az 1986 után végzett mérések is mutatják ezt a folyamatos változást, ugyanis a "+"-el jelölt pontok jellegzetesen a ponthalmaz bal oldalán, a "\*" -gal jelöltek viszont a jobb oldalán helyezkednek el.

A dunaremete-i vízmérceszelvény vízhozamgörbéjéről (2. ábra) nem olvasható le jelentős mederváltozás, mivel ez az állomás annak ellenére, hogy a hosszú, 92 éves adatsor mindhárom jellemzőjének bizonyossága szerint emelkedést mutat, az utolsó, mintegy negyven év adatai szerint a kis és középvizek nem változnak jelentősen (I. fejezet 9-10. ábra). Tekintve, hogy a vízhozammérési eredmények döntő többsége az 1950 utáni időszakból áll rendelkezésünkre, nem is várható jelentős változás. A mérési pontok ennek megfelelően elég szűk sávban szóródnak a vízhozamgörbe körül és a görbe mindkét oldalán egyaránt található mérési pontok a korábbi időszakokból is. A görbe 400 - 500 cm közötti szakaszán tapasztalható aránylag nagyobb szórás annak tudható be, hogy ennél a vízállásnál kezdenek a hullámtéri mellékágak is vizet szállítani, ezért a csak a főmederben végzett mérések a valóságnál kisebb vízhozamokat eredményeznek.

A medvei szelvényre szerkesztett vízhozamgörbe (3. ábra), a vízállásnál tett megállapításoknak megfelelően a kis- és középvizek tartományában enyhe medersüllyedést, a nagyvizeknél pedig meder emelkedést mutat. Jól látható azonban az is, hogy a medersüllyedés mértéke lényegesen kisebb mint Rajkánál, mivel a 300 cm-es magasságban, ahol a legnagyobb a szóródási sáv szélessége, a változás mindössze 700 m<sup>3</sup>/s. Ugyanez Rajkánál az 1000 m<sup>3</sup>/s-ot is meghaladta.

Komáromnál (4. ábra) a kis- és középvizek tartományában a mérések által lefedett utóbbi 30 év alatt jelentős változás nem tapasztalható, legfeljebb a nagyvizek tartományában mutatkozik némi medermélyülésre utaló változás. A 600 - 700 cm körül végzett 1965-ből származó mérések eredményeit azonban óvatosan kell kezelni, ugyanis ezeket mind az árhullám apadó ágán mérték, ezért mind szükségszerűen a vízhozamgörbe bal oldalára esnek. Ez abból is látszik, hogy az 1965-ös árhullám tetőző vízhozama, ami ezen a szakaszon 8000 - 8200 m<sup>3</sup>/s körül volt sokkal nagyobb, mint az itt mért nem egészen 7000 m<sup>3</sup>/s-os maximum.

A dunaalmási görbéről (5. ábra) a kis- és középvizek tartományában kismértékű medersüllyedés olvasható le, ez a változás azonban alig haladja meg a megengedhető hiba mértékét, így ez szinte csak a vízállás feldolgozásból származó információkkal együtt értékelve állapítható meg egyértelműen. A szelvény nagyvízi mérésekre alkalmatlan, ezért itt csak a szomszéd állomásokon végzett mérések alapján lehet a görbe felső szakaszát megszerkeszteni.

A legnagyobb változást a nagymarosi szelvény vízhozamgörbéjén (6. ábra) tapasztaljuk. Itt ugyanis a görbe teljes szakaszán egyértelmű és igen jelentős jobbra tolódás tapasztalható, ami a vízállás feldolgozásnál is hasonlóképpen jelentkezett. A meder ismeretében azonban ez korántsem jelenthet mederváltozást, hiszen itt a sziklamederben ez elképzelhetetlen. Ezt a hatást egyértelműen a vízfelszín esésének jelentős megnövekedése idézte elő. Azt, hogy az 500 - 700 cm között a legutóbbi időben végzett mérések miért mutatnak további jelentős jobbra tolódást, még vizsgálni kell, azonban a tényt, hogy szikla meder esetén is bekövetkezhet jelentős vízhozamgörbe változás, már az előzőekben végzett mérések is meggyőzően bizonyították. A vízállás feldolgozásból (I. fejezet 6. ábra) megállapítható a változások kezdő időpontja is,

mivel szemmel is jól látható, hogy 1965 körül változik meg a vízjárás és az addig kismértékű csökkenés hirtelen meredekebbé válik.

A budapesti vízhozamgörbe (7. ábra) kis mértékű jobbra tolódást mutat a teljes mérési tartományban, ami összhangban van a vízállás feldolgozás során tett megállapításokkal. Ebben a szelvényben mintegy 1 cm/év mértékű beágyazódás figyelhető meg, ami indokolja a mintegy 300 - 400 m<sup>3</sup>/s széles szórási sáv kialakulását. Három mérés jelentős mértékben jobbra esik a görbétől, olyan nagy mértékben, hogy azt már nem indokolja a heves áradás sem, így ezek feltehetően hibás mérések. A 300 - 400 cm körüli tartományban bal felé kieső mérések nem hibás mérések eredményei, hanem jeges időszakban mért vízhozamok. Ezeket a görbék szerkesztésekor nem szabad figyelembe venni, csak a jeges időszakok vízhozam korrekciójának meghatározásakor kell értékelni.

Az előzőekben bemutatott vízhozamgörbék és a vízhozam adatsorok felhasználásával előállíthatók a napi vízhozam idősorok.

Az idősorok statisztikai jellemzésére minimum 30 éves, de legtöbbször annál is hosszabb - 70, esetleg 100 éves - adatsorokat használunk. A 8-14. ábrán tüntettük fel a kiválasztott hét állomás 1900 után észlelt évi kis-, közép- és nagyvízhozamát. Az egyes években mérhető, például éves nagyvízhozam valószínűségi változó, értéke az év során lehullott csapadék nagyságától és éven belüli eloszlásától függ. Hosszabb időszak éves nagyvízhozam adatai viszont - változatlan klimatikus viszonyokat feltételezve - azonos középérték körül ingadoznak. Abban az esetben, ha az éves jellemzők trend jellegű változást mutatnak, a klimatikus viszonyok megváltozására, vagy emberi beavatkozás hatására következtethetünk. Az 1950 előtt kezdődő vízhozam idősorral rendelkező állomások ábráira felraktuk az adatsorok kiegyenlítő egyeneseit is, így a változás iránya és nagysága jól szemléltethető. (A rövid adatsorral rendelkező állomások adataira nem szerkesztettük fel a kiegyenlítő egyeneseket, mivel azok csak az utóbbi néhány év, vagy évtized csapadékosabb, vagy szárazabb voltára, illetve az azok közötti átmeneti időszakok jellegére engednének következtetni.)

Az 1.táblázat a vizsgált három állomás éves vízhozam jellemzőinek változási tendenciáját mutatja. A feltüntetett értékek az illető vízhozam jellemzők kiegyenlítő egyeneseinek meredekségét adják  $\text{m}^3/\text{s}/\text{év}$  dimenzióban.

Az adatokból kitűnik, hogy a középértékek változása igen kicsi,  $2-2.9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{év}$ , tehát kb. 1 ezrelék nagyságú csökkenést mutat. A nagyvízhozamok csökkenése  $1.5$  és  $19.3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{év}$  között változik és nagysága az adatsor hosszával fordítottan arányos. Ez is mutatja, hogy minél rövidebb az adatsor, annál inkább érzékeny a rövid idejű időjárási periódusok hatására, azaz nem alkalmas a hosszúidejű trendek kimutatására.

A kisvízhozamok emelkedése sokkal kisebb,  $0.7$  és  $4.9$  között változik és az adatsor hosszával fordítottan arányos ez a jellemző is.

Ezekből az eredményekből - de különösen a leghosszabb adatsorral rendelkező nagymarosi állomásnál kapott adatokból - megállapítható, hogy klímaváltozásról a dunai vízhozamok jellemzőinek alakulásával kapcsolatban nem beszélhetünk. A vízállás feldolgozás során tapasztalt eltérések tehát valóban, elsősorban a mederváltozásból, illetve az emberi tevékenység hatásából adódtak és csak igen kis mértékben mutatják a vízhozamváltozás hatását.

Annak érdekében, hogy a vízállásoknál, illetve a vízhozamoknál kapott eltéréseket együtt lehessen értékelni, tehát becsülhető legyen a tapasztalt vízhozam változásból adódó vízállás változás, meghatároztuk az  $1 \text{ cm}$ -es vízállás változáshoz tartozó átlagos vízhozam lépcső nagyságát a különböző jellemzőknél. Így azt kaptuk, hogy Rajkánál, illetve Budapestnél, a kisvízhozamoknál  $4-7$ , a közepeseknél  $7-10$  és a nagyvízhozamoknál  $26-14 \text{ m}^3/\text{s}$  változás jut egy  $\text{cm}$  vízállásváltozásra. A megadott két érték között a változás közelítőleg lineárisnak tekinthető Rajka és Budapest között.

Fentiek alapján tehát megállapítható például az, hogy a nagymarosi középvízhozamok  $-2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{év}$  nagyságú változása csak mintegy hatod része az  $1.1 \text{ cm}/\text{év}$  nagyságú, és így kb.  $12 \text{ m}^3/\text{s}/\text{év}$  vízhozam változásnak megfelelő  $(1.1 \cdot 11 = 12.1)$  vízállás változásnak. Másként fogalmazva az  $1.1 \text{ cm}/\text{év}$  nagyságú vízállásváltozásból egy hatod részt a vízhozam csökkenése, öt hatod részt a mederváltozás eredményezett.

Külön kell megemlékeznünk az 1992-es esztendőről, melynek éves jellemzőit a rajkai és a dunaremetei feldolgozásból ki kellett hagyni. Ebben az évben ugyanis a dunacsunyi mederelzárás megépítése az éves kis- és középvízhozam adatokat olyan nagy mértékben csökkentette, hogy ez a mesterséges hatás többszöröse volt a természetes változásoknak, így figyelembe vételük az eredményeket nagy mértékben eltorzította volna.

Az 1986-92 közötti és az azt megelőző időszak vízjárásának összehasonlítása érdekében az 2. táblázatban összegyűjtöttük a vizsgált időszakban, illetve az észlelés kezdete óta észlelt vízhozam jellemzőket.

A táblázat adatai azt mutatják, hogy a Duna szigetközi szakaszán a nagyvízhozamok az 1986-92 közötti időszakban, a Komárom alatti szakaszon viszont azt megelőzően következtek be. A kisvízhozamok szinte minden állomáson kisebbek voltak a korábbi években, mint 1986-92 között. A középvízhozamok az utóbbi években némileg kisebbek voltak, mint a megelőző időszakban.

A vízhozamok esetén az LNQ, KÖQ és az LKQ jelentése hasonló, mint a vízállás szélsőértékeké, azonban ezeket a gyakorlatban nem tartják ilyen formában számon, mivel a rendszerint igen eltérő hosszúságú adatsorok miatt a különböző állomásokon a jellemzők nem azonos eseményhez tartoznak, hanem az adatsor hosszától függően egy, az észlelési periódusba eső árhullámhoz vagy völgyeléshez. Így a 2. táblázatban szereplő szélsőértékeket külön ennek a munkának a kedvéért kerestük ki.

A 3. táblázat, illetve a 15-20. ábra az 1986-92 közötti évek napi vízállás adatainak tartósság feldolgozását tartalmazza. (A feldolgozásból a medvei állomás adatait kénytelenek voltunk kihagyni, mivel az külföldi állomás és a napi adatai még nem szerepelnek a gépi adattárunkban.) Ezeknek az adatoknak a segítségével lehet a későbbiekben eldönteni egy kiválasztott szelvényben például azt, hogy nem süllyedt-e a megengedhetőnél hosszabb időre a vízhozam egy adott érték alá. Hasonlóan ezeknek az adatoknak a birtokában lehet majd a későbbiekben különböző időszakok nedves, vagy száraz voltát értékelni, összehasonlítani.

Abban az esetben, ha nem egy-egy szelvény vízhozamát vizsgáljuk, hanem az egymást követő szelvények azonos időszakban mért jellemzőit hasonlítjuk össze, vízhozam hossz-szelvényt kapunk. Azt vizsgáljuk ilyenkor, hogy a folyó mentén egymást követő állomások havi, vagy éves jellemző vízhozamadatai a folyó vízhálózatának felépítéséből, medermorfológiai tulajdonságaiból és egyéb, például hullámtéri növényborítottságából adódó hatásoknak megfelelően alakulnak-e.

Általános esetben, ha folyásirányban lefelé haladva összehasonlítjuk a különböző állomásokra meghatározott havi és évi jellemzőket, azt tapasztaljuk, hogy mellékágak nélküli szakaszon a kis- és középvizek a hossz mentén növekszenek, a nagyvizek viszont csökkennek. A kis- és középvízhozamok növekedését a felszíni és felszín alatti hozzáfolyás, a nagyvízhozamok csökkenését az árhullámok ellapulása okozza. Mellékfolyó betorkolása, illetve mellékág kiágazása pedig pozitív, illetve negatív - a mellékág vízhozamának megfelelő nagyságú - lépcsőt okoz a vízhozam hossz-szelvényében. Ezt az általános esetet mutatja be a 21. ábra egy három mellékvízfolyást felvevő folyó példáján.

A Felső-Duna esetében azonban a vízhozam hossz-szelvény nem teljesen a fent említetteknek megfelelően alakul. A Dunának ezen a szakaszán Pozsonytól Medvéig a középvízhozamok jelentős csökkenése tapasztalható, majd a Medve-Dunaalmás közötti

szakaszon ismét növekszenek a vízhozamok olyannyira, hogy Nagymarosig teljesen visszapotlódik a Medvéig bekövetkezett hiány. Az említett csökkenés lényegesen nagyobb mértékű annál, mint amit a Mosoni-Dunán, illetve a balparti Kis-Dunán kieresztett - éves átlagban mintegy 30-40 m<sup>3</sup>/s-ra tehető - vízhozam indokolna. A Medve alatti vízhozam növekedés is nagyobb mértékű, mint ami a közben visszatérő mellékágak és becsatlakozó mellékfolyók vízhozamából (100-120 m<sup>3</sup>/s) adódna.

A 22. ábra az 1990-es év vízhozam hossz-szelvényét mutatja be a Pozsony, Rajka, Dunaremete, Medve, Komárom, Dunaalmás és Nagymaros állomások havi középvízhozam adatainak felhasználásával. Az ábrából a korábbiakon túlmenően az is kitűnik, hogy a vízhozamcsökkenés a kisvizes hónapokban nem mutatkozik olyan markánsan, mint a nagyvizekben.

A jelenség magyarázata, hogy a Pozsony-Medve közötti szakaszon az év nagyobb részében igen jelentős a folyóból a környező talajvíz felé az elszivárgás, a Medve alatti szakaszon viszont fordított irányban, a folyó felé áramlik a víz. Kissé leegyszerűsítve a folyamatot azt is mondhatjuk, hogy a Duna vízhozamának egy nem elhanyagolható része a meder alatt és mellett áramlik. A folyó és a talajvíz közötti vízcserének a mértéke a Duna mindenkori vízhozamának függvényében az egyes szakaszokon kisebb, illetve nagyobb, de mindenképpen figyelmet érdemlő. Az ilyen módon, a felszín alatt áramló vízhozamnak a nagyságát a 23. ábrán kíséreltük meg számszerűsíteni. A felrakott pontok az egyes állomások 1990. évi középvízhozamait, a folyamatos vonal pedig a pozsonyi adatból kiindulva, a mellékágak vízhozamait figyelembe vevő számított (becsült) vízhozam hossz-szelvény. A szaggatott vonal mutatja azt, hogy a valóságban hogyan alakultak a Szigetközben a vízhozamok. A kettő közötti különbség a medren kívüli vízhozam. Ennek nagysága példánkban mintegy 60 m<sup>3</sup>/s-ra tehető, tehát nagyobb, mint a Kis-Dunában és a Mosoni-Dunában elvezetett vízhozamok összege.

## **10. A változások összefüggései az emberi beavatkozásokkal és/vagy egyéb jelenségekkel**

A vízhozamok alakulását elsősorban a meteorológiai körülmények változása, másodsorban az emberi beavatkozás hatása tudja befolyásolni. A klímaváltozás hatása az előző pontban végzett vizsgálataink eredményeképpen kizárható, ilyen hatás az 1901 óta észlelt adatokból nem mutatható ki. A vízhozam adatsorokban tapasztalt tendencia jellegű változások igen kis mértékűek, illetve rövid adatsorra vonatkoznak, így nem trendre, legfeljebb periodicitásra utalnak.

A mesterséges beavatkozások között elsősorban a Duna osztrák szakaszának belépcsőzését, ezáltal a vízhozam bizonyos mértékű szabályozottabb lebecsajtását kell megemlíteni, valamint a vizsgált folyószakasz több pontján koncentráltan és nagy mértékben folytatott mederkotrési tevékenységet. Ennek az utóbbinak a hatása jelentkezik például a nagymarosi szelvényben, ahol a vízhozamgörbe jelentős jobbra tolódását egyértelműen a Vác térségében végzett kavicskitermelés okozta.

Tekintve, hogy a víz- és hordalékjárás változását kiváltó okok azonosak, ezek részletes elemzésére a hordalékjárással foglalkozó fejezetben térünk vissza.

### **11. A változások megjelenési módozatai:**

- verbális,
- táblázatos,
- rajzos

A változásokat szöveges, táblázatos és grafikus formában a 9. pontban jelenítettük meg.



## **12. A vizsgált környezeti elem változásainak minősítése (kedvező/kedvezőtlen tendenciák)**

A vízjárás változása - a vízhozam jellemzők növekedése, vagy csökkenése - a vizsgált szakaszon nem volt kimutatható. Az, hogy adott vízhozam milyen vízszint mellett vonul le a meder változásától, alakulásától függ. A mederváltozások hatásának elemzésére, kedvező, vagy kedvezőtlen tendenciák megállapítására a III. fejezetben térünk ki.

## **13. Az alkalmazott módszer további használhatósága, várható eredményessége a Felső-Duna monitoring rendszerében**

A Felső-Duna Környezeti Monitoring Rendszere keretében, a vízhozam viszonyok folyamatos nyomonkövetése érdekében igen nagyszámú vízhozam nyilvántartó állomást kell létesíteni, illetve rendszeresen mérni. Különösen fontos ez azokon a helyeken, ahol a Rendszer beindítása előtt nem folyt rendszeres adatgyűjtés. Térben és időben megfelelő sűrűségű adatsorok esetén a bemutatott módszerek alkalmasak lehetnek a monitoring feladatok ellátására.

Ennek megfelelően a vízhozamok rendszeres mérését, nyilvántartását esetleg regisztrálását mind a főmeder fontosabb szelvényeiben, mind a hullámtéri, illetve mentettoldali vízpótló rendszer műtárgyainál biztosítani kell. Külön szükségesnek tartjuk hangsúlyozni a Mosoni-Duna rendszeres mérésének szükségességét, ugyanis ennek vízhozamát a korábbiakban nem vizsgálták különösebb részletességgel, azonban a szigetközi vízpótlás megoldásához nélkülözhetetlenek az adatok.

A különböző mérési helyekhez ki kell dolgozni azokat az alsó és felső korlát értékeket, melyek bizonyos túrési időtartamon túli, vagy bizonyos gyakorisággal való el nem érése, illetve meghaladása valamely érdek sérelmét okozza. Ezek figyelembe vételével kell kidolgozni a műszaki megoldásokat és az üzemrendet.

**14. Javaslatok szakterületenként:**

- a káros tendenciák megváltoztatására,
- a kedvező tendenciák fenntartására,
- a monitoring tevékenység folytatására/változtatására.

A hosszú, Nagymarosnál több mint 90 éves vízhozam adatsorok vizsgálata alapján megállapítható volt, hogy jelentős, trend jellegű változás a vizsgált szakasz vízhozamaiban nem volt. A tapasztalt vízhozamgörbe változások elsősorban a mederváltozással hozhatók összefüggésbe. Ezek részletes vizsgálatával részben az előző, de főképp a következő fejezetben foglalkozunk.

## TÁBLÁZATOK

- 1.táblázat: ÉVES JELLEMZŐ VÍZHOZAMOK VÁLTOZÁSA A  
DUNA DUNAALMÁS - BUDAPEST KÖZÖTTI  
SZAKASZÁN
- 2.táblázat: JELLEMZŐ VÍZHOZAMOK A DUNÁN
- 3.táblázat: VÍZHOZAM TARTÓSSÁGOK A DUNÁN

ÉVES JELLEMZŐ VÍZHOZAMOK VÁLTOZÁSA  
A DUNA DUNAALMÁS - BUDAPEST KÖZÖTTI SZAKASZÁN

ÁLLOMÁS	ADATSOR HOSSZA	Változás [m <sup>3</sup> /s/év]		
		Q <sub>max</sub>	Q <sub>köz</sub>	Q <sub>min</sub>
DUNAALMÁS	1901-1992	-19.3	-2.6	4.9
NAGYMAROS	1901-1992	-1.5	-2.0	0.7
BUDAPEST	1901-1992	-7.1	-2.9	2.2

## JELLEMZŐ VÍZHOZAMOK A DUNÁN

ÁLLOMÁS	ADATSOR KEZDETE	Jellemző vízhozamok[cm]					
		Nagy-		Közép-		Kis-	
		NQ <sub>86-92</sub>	LNQ	KÖQ <sub>86-92</sub>	KÖQ	KQ <sub>86-92</sub>	LKQ
RAJKA	1975	8890	8890	1930	1937	82.5 799*	737
DUNAREMETE	1975	8800	8800	1900	1947	185 787*	772
MEDVE	1960	8460	8460	1923	1940	717	473
KOMÁROM	1985	8110	8110	2051	2039	860	860
DUNAALMÁS	1948	7900	8380	2207	2227	883	515
NAGYMAROS	1901	8070	8390	2266	2334	930	586
BUDAPEST	1924	7560	8999	2267	2314	967	580

Megjegyzés: - A \*-gal jelölt értékek a dunacsunyi zárás előtti időszakra vonatkoznak  
- a medvei adatsor hiányos

## VÍZHOZAM TARTÓSSÁGOK A DUNÁN

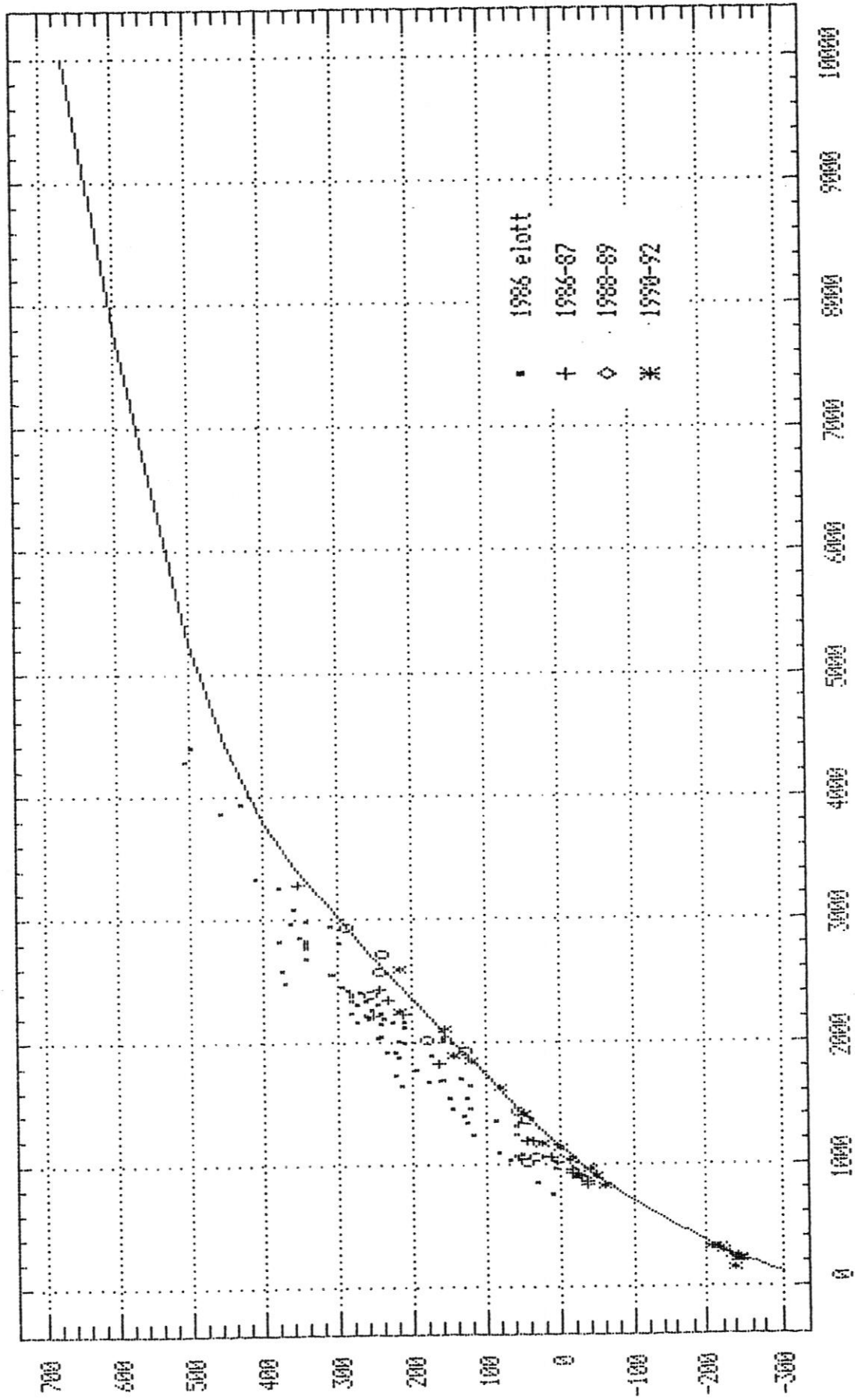
TARTÓSSÁG		ÁLLOMÁS					
%	NAP	RAJKA	REMETE	KOMAROM	D. ALMAS	N. MAROS	B. PEST
0.	1	5060	4960	5160	5270	5280	5270
0.	1	5060	4960	5160	5270	5280	5270
1.	2	4990	4720	4920	5090	5170	5140
1.	3	4730	4570	4740	4900	5020	5040
1.	4	4410	4190	4490	4730	4810	4850
2.	5	4200	4080	4340	4560	4640	4730
2.	7	3930	3780	4070	4300	4340	4470
3.	11	3660	3430	3730	3920	4060	4110
4.	15	3450	3310	3600	3810	3880	3940
5.	18	3310	3230	3530	3750	3800	3850
7.	26	3140	3040	3360	3570	3600	3660
10.	37	2910	2810	3130	3330	3380	3430
13.	47	2780	2680	2980	3200	3260	3270
15.	55	2670	2580	2900	3100	3160	3180
18.	66	2550	2480	2790	2980	3050	3040
20.	73	2490	2420	2720	2910	2960	2970
22.	80	2440	2370	2660	2840	2910	2910
25.	91	2350	2290	2570	2750	2800	2810
27.	99	2300	2230	2510	2690	2740	2740
30.	110	2210	2160	2430	2600	2670	2660
33.	120	2140	2090	2360	2540	2590	2590
35.	128	2060	2030	2280	2450	2520	2500
38.	139	1980	1950	2200	2370	2420	2400
40.	146	1930	1920	2140	2300	2350	2350
45.	164	1820	1810	2020	2180	2220	2210
50.	183	1710	1700	1910	2050	2100	2100
55.	201	1610	1610	1810	1960	2010	1990
60.	219	1530	1530	1710	1850	1900	1890
65.	237	1440	1440	1600	1740	1780	1790
70.	256	1350	1350	1510	1640	1690	1690
75.	274	1270	1270	1420	1550	1590	1600
80.	292	1200	1190	1330	1450	1500	1500
85.	310	1140	1110	1230	1350	1410	1410
88.	321	1090	1070	1190	1290	1350	1350
90.	329	1020	1000	1160	1260	1310	1320
93.	339	958	954	1110	1200	1270	1280
95.	347	932	926	1070	1160	1230	1240
96.	350	913	916	1050	1140	1210	1220
97.	354	890	898	1030	1120	1180	1200
98.	358	868	865	1010	1090	1150	1170
99.	361	849	840	985	1070	1130	1150
100.	363	822	824	971	1050	1100	1130
100.	365	776	789	928	1020	1080	1100

## ÁBRÁK

1. ábra: DUNA-RAJKA Vízhozammérési eredmények, Q-H görbék
2. ábra: DUNA-DUNAREMETE Vízhozammérési eredmények, Q-H görbék
3. ábra: DUNA-MEDVE Vízhozammérési eredmények, Q-H görbék
4. ábra: DUNA-KOMÁROM Vízhozammérési eredmények, Q-H görbék
5. ábra: DUNA-DUNAALMÁS Vízhozammérési eredmények, Q-H görbék
6. ábra: DUNA-NAGYMAROS Vízhozammérési eredmények, Q-H görbék
7. ábra: DUNA-BUDAPEST Vízhozammérési eredmények, Q-H görbék
8. ábra: DUNA-RAJKA Éves jellemző vízhozamok
9. ábra: DUNA-DUNAREMETE Éves jellemző vízhozamok
10. ábra: DUNA-MEDVE Éves jellemző vízhozamok
11. ábra: DUNA-KOMÁROM Éves jellemző vízhozamok
12. ábra: DUNA-DUNAALMÁS Éves jellemző vízhozamok
13. ábra: DUNA-NAGYMAROS Éves jellemző vízhozamok
14. ábra: DUNA-BUDAPEST Éves jellemző vízhozamok
15. ábra: DUNA-RAJKA Vízhozam tartósságok, 1986-92
16. ábra: DUNA-DUNAREMETE Vízhozam tartósságok, 1986-92
17. ábra: DUNA-KOMÁROM Vízhozam tartósságok, 1986-92
18. ábra: DUNA-DUNAALMÁS Vízhozam tartósságok, 1986-92
19. ábra: DUNA-NAGYMAROS Vízhozam tartósságok, 1986-92
20. ábra: DUNA-BUDAPEST Vízhozam tartósságok, 1986-92
21. ábra: Jellemző vízhozamok alakulása a folyó hossza mentén (elvi vázlat)
22. ábra: Havi középvízhozamok alakulása a Dunán Pozsony és Nagymaros között 1990-ben
23. ábra: Évi középvízhozamok alakulása a Dunán Pozsony és Nagymaros között 1990-ben

DUNA - RAJKA

Vízhozameresi eredmények és Q-H görbe



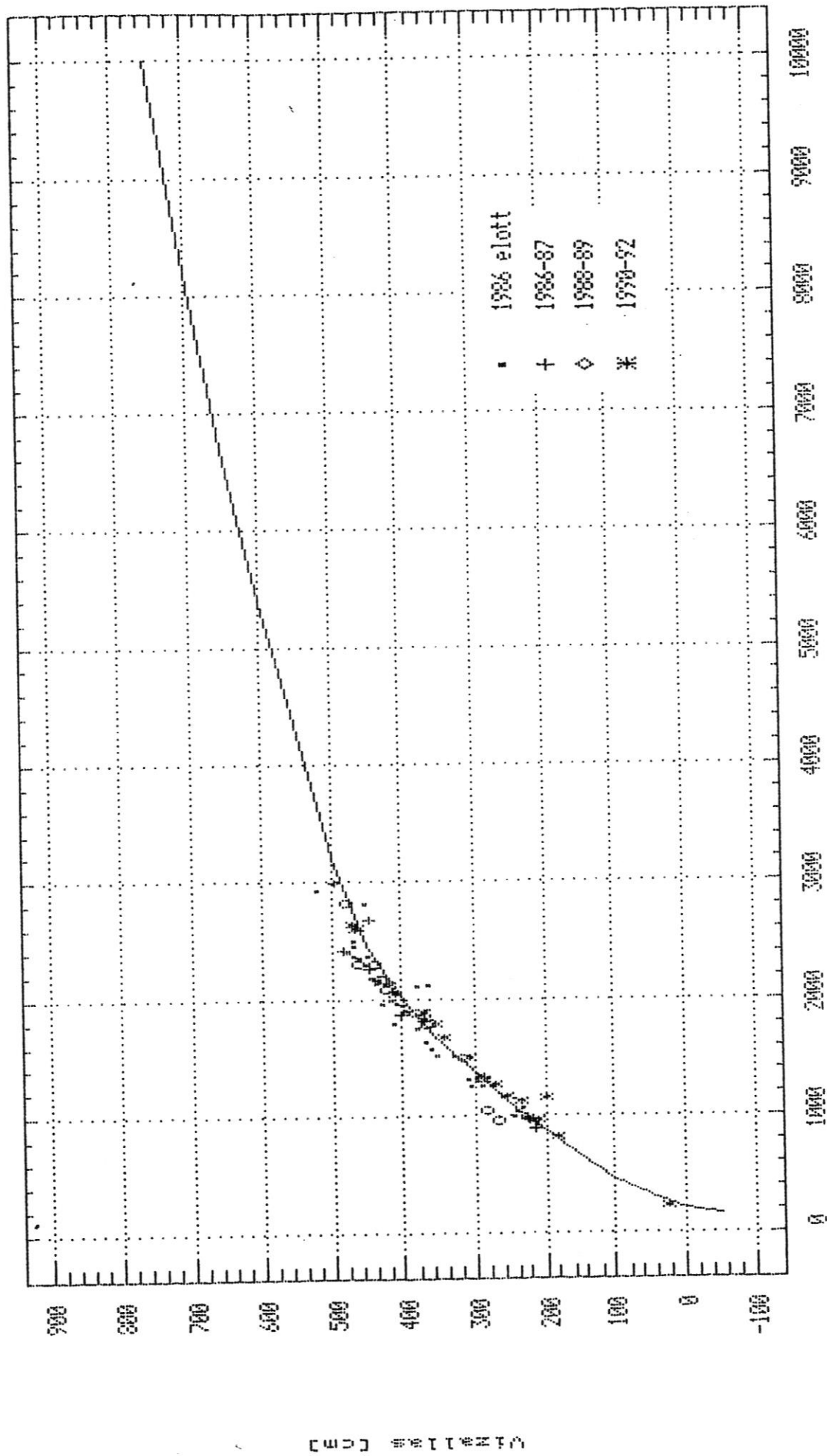
Vízhozam [m<sup>3</sup>/s]

1. ábra.



# DUNA - DUNARENEMETE

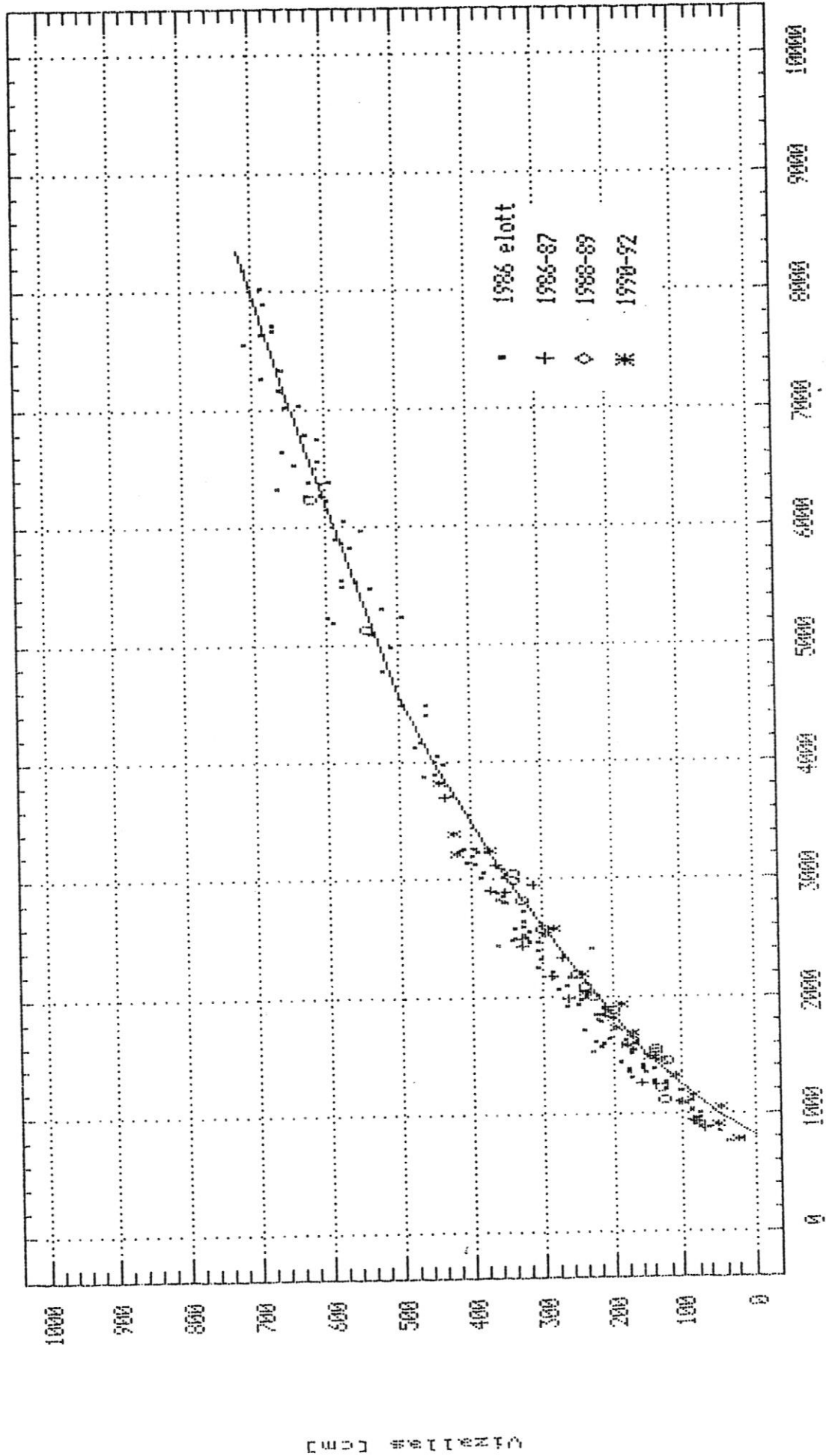
Vízhozameresi eredmények és Q-H görbe



Vízhozam [m³/s] 2. ábra.

DUNA - MEDVE

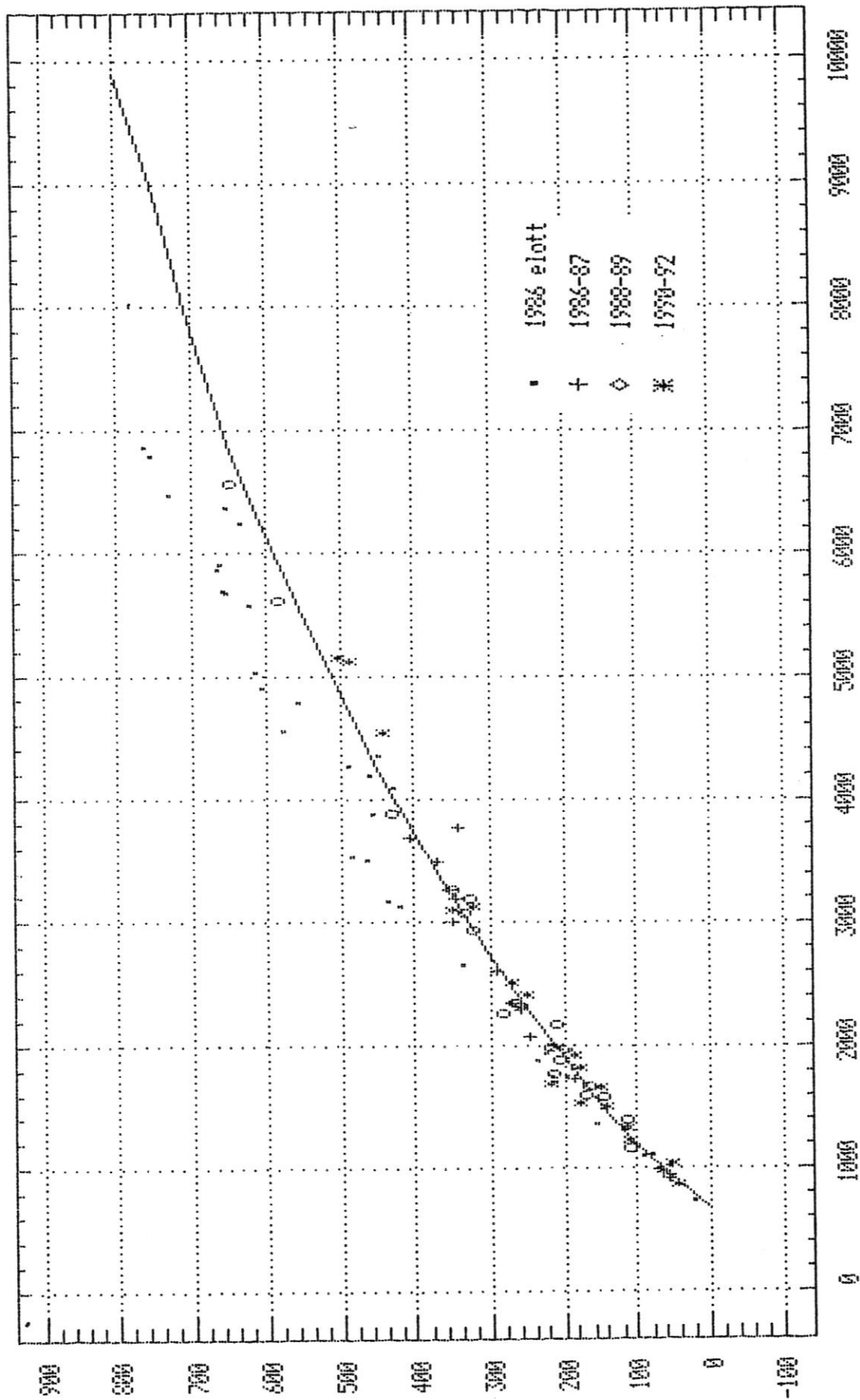
Vízhozameresi eredmények és Q-H görbe



Vízhozam [m³/s] 3. ábra.

DUNA - KOMAROM

Vízhozameresi eredmények és Q-H görbe

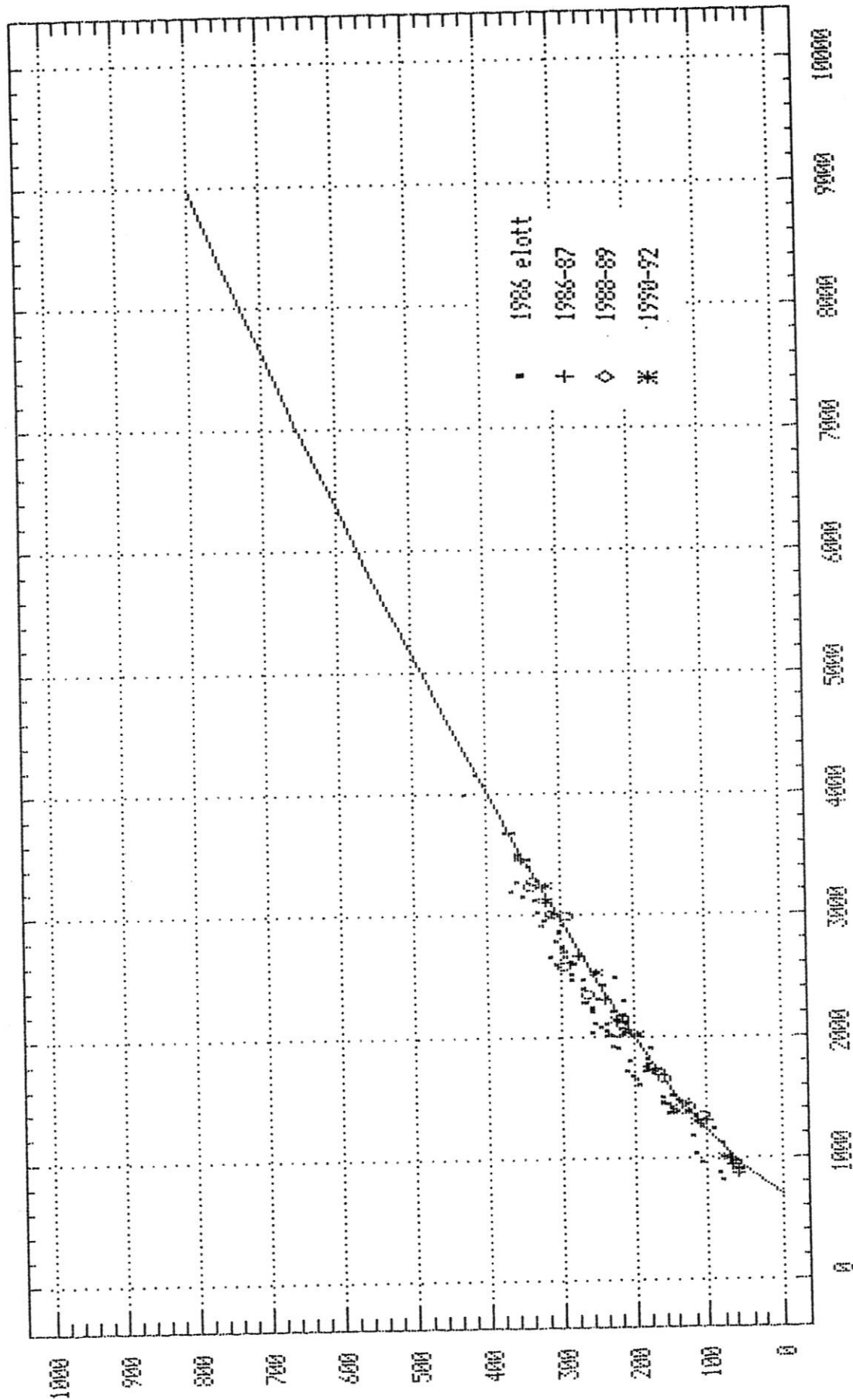


Vízhozam [m³/s]

4. ábra.

DUNA - DUNAFALMAS

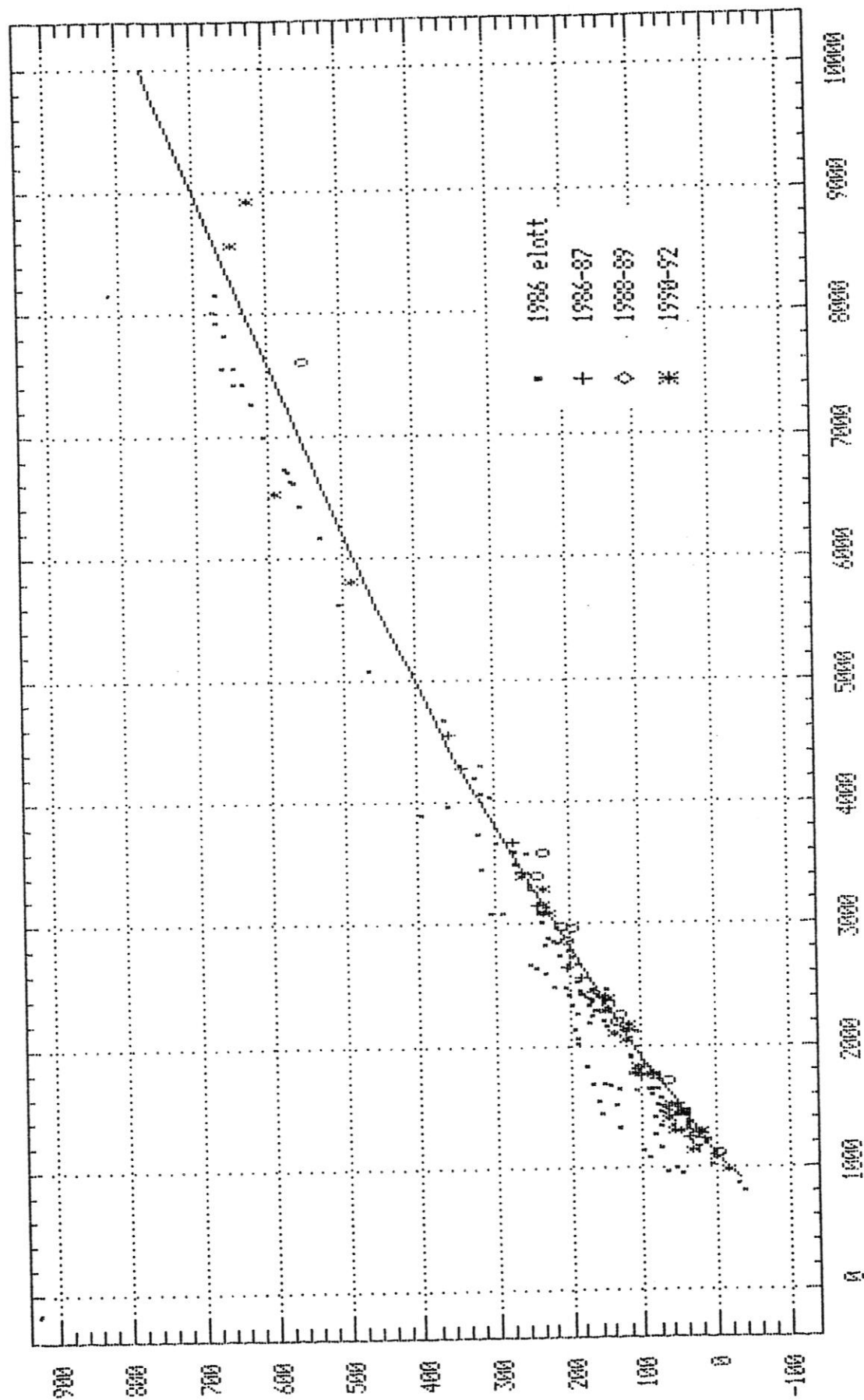
Vízhozameresi eredmények és Q-H görbe



5. ábra.

DUNA - NAGYVÁROS

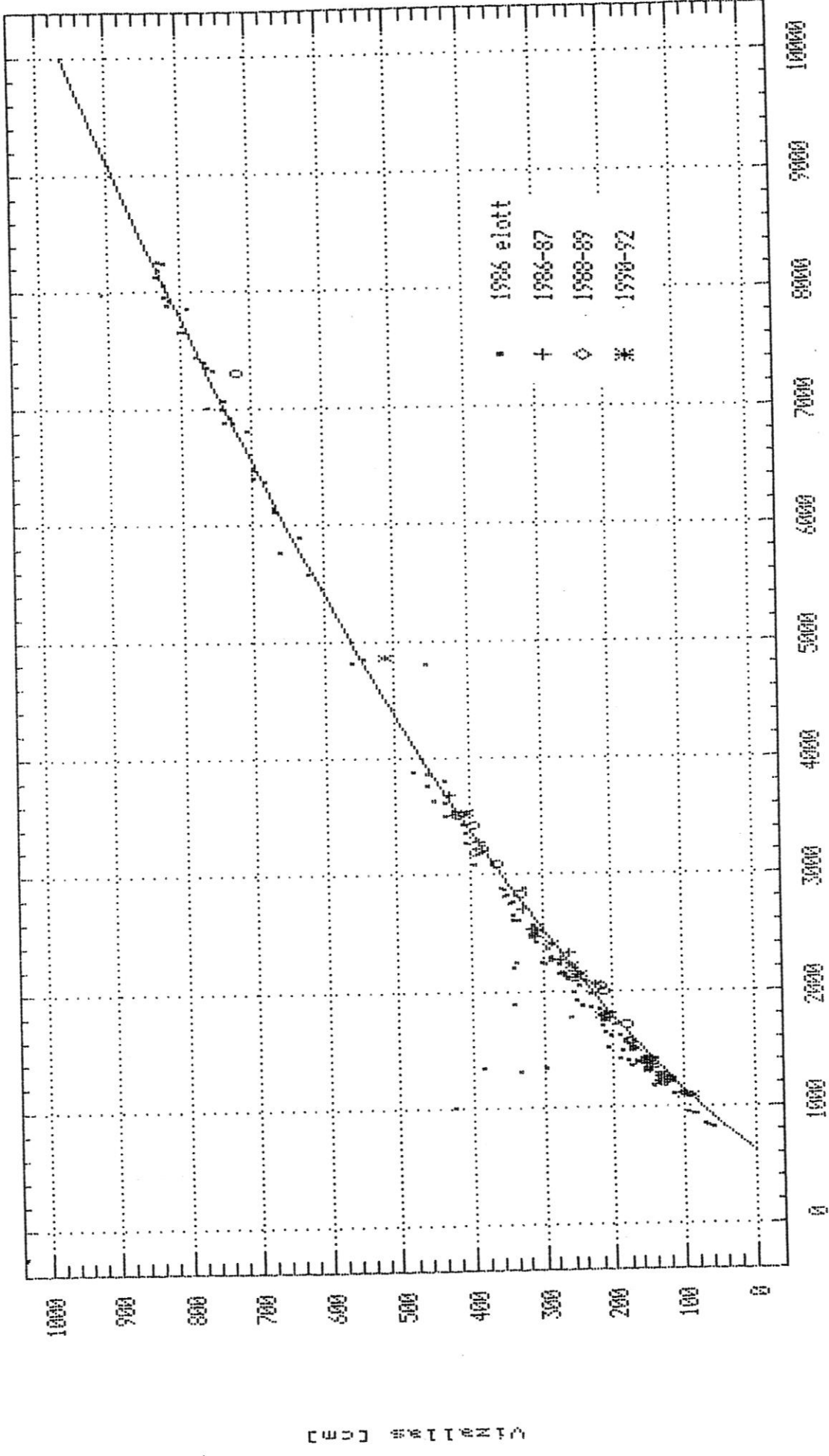
Vízhozameresi eredmények és Q-H görbe



Vízhozam [m³/s] 6. ábra:

DUNA - BUDAPEST

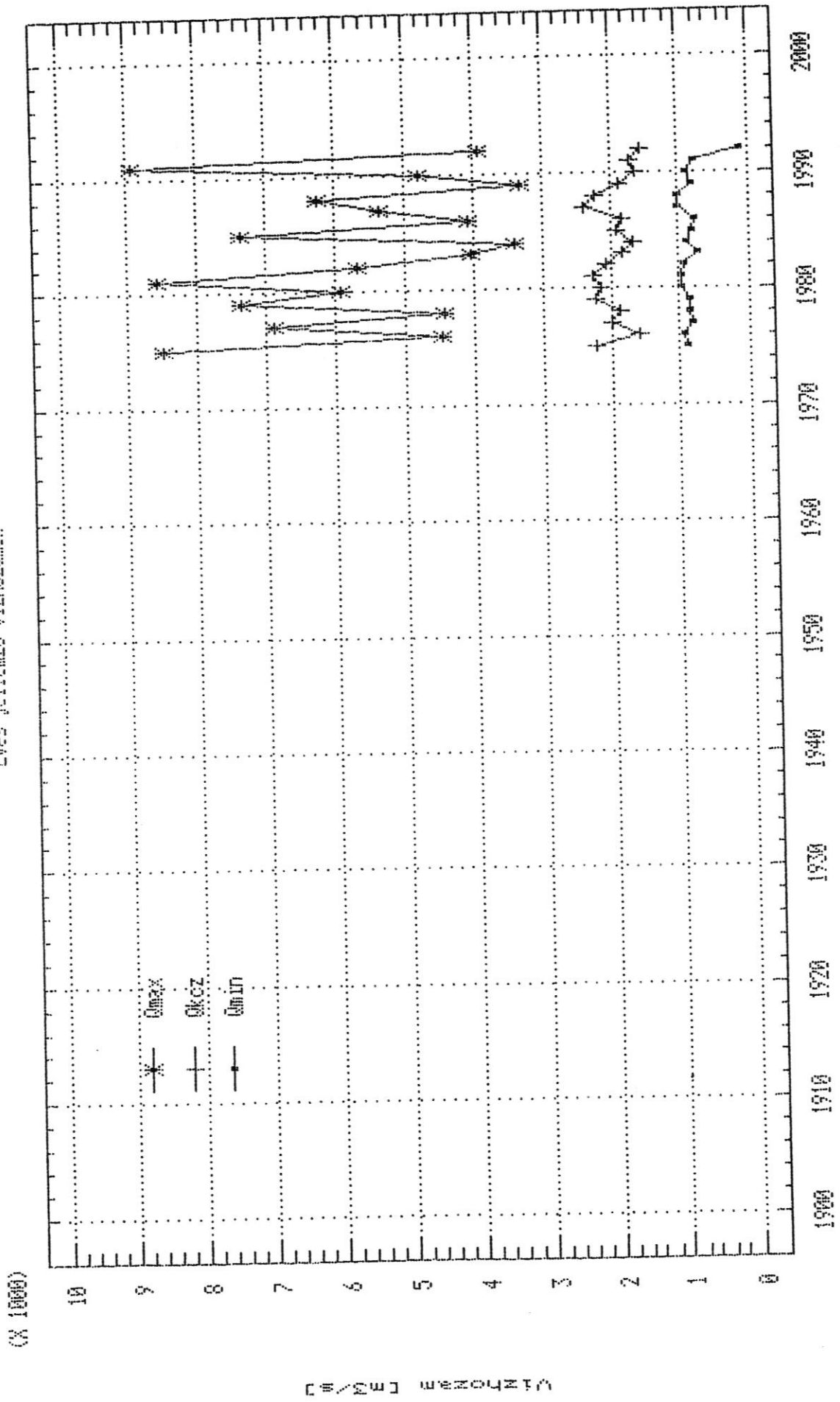
Vízhozameresi eredmények és 0-H görbe



7. ábra.

DUNA - RAJKA

Eves jellenzo vizhozamok

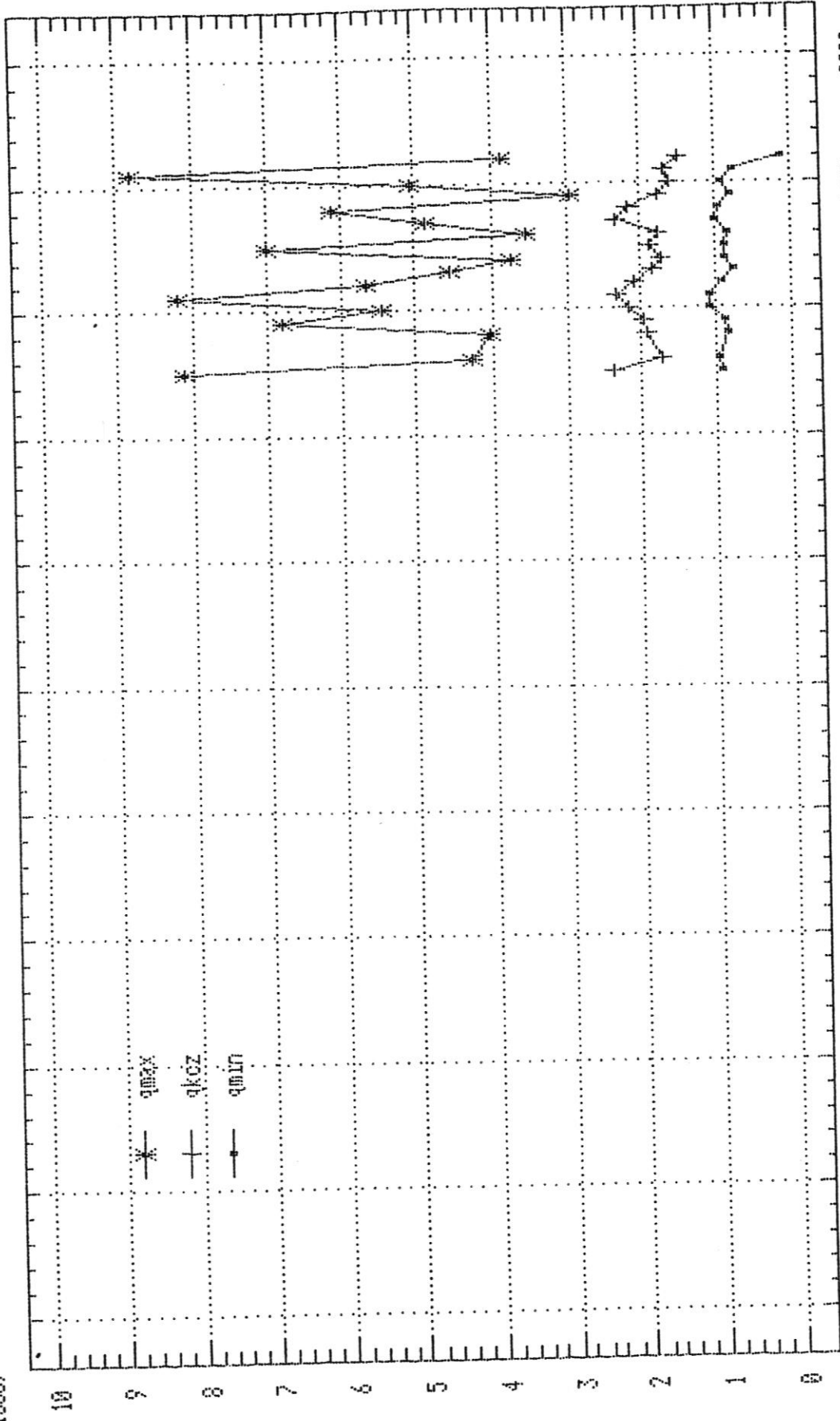


8. ábra.

DUNA - DUNAREMETE

Eves jellenzo vizhozamok

(X 1000)



9. ábra:

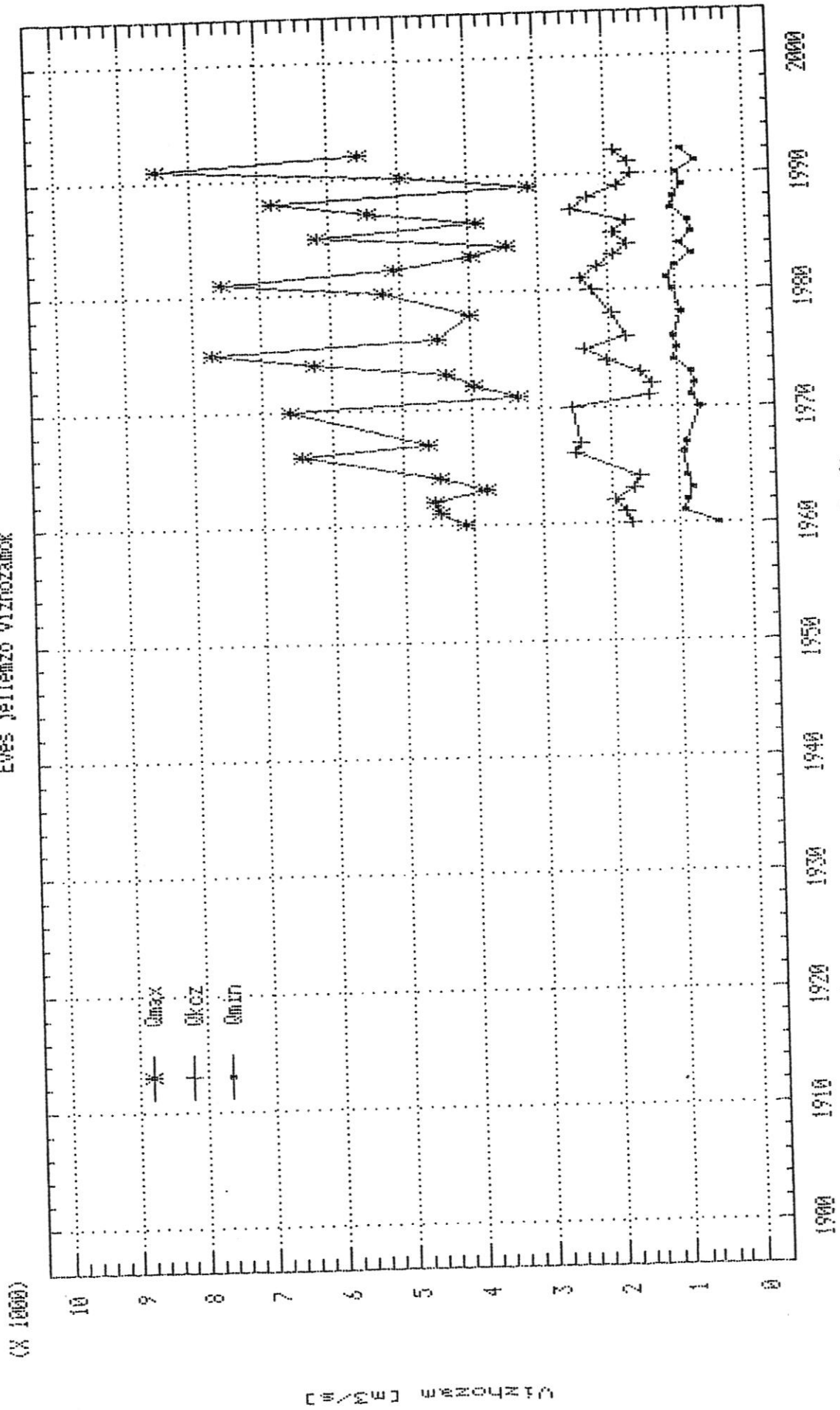
Ido [ev]

[# / MED ERNOLN T2]



DUNA - MEDVE

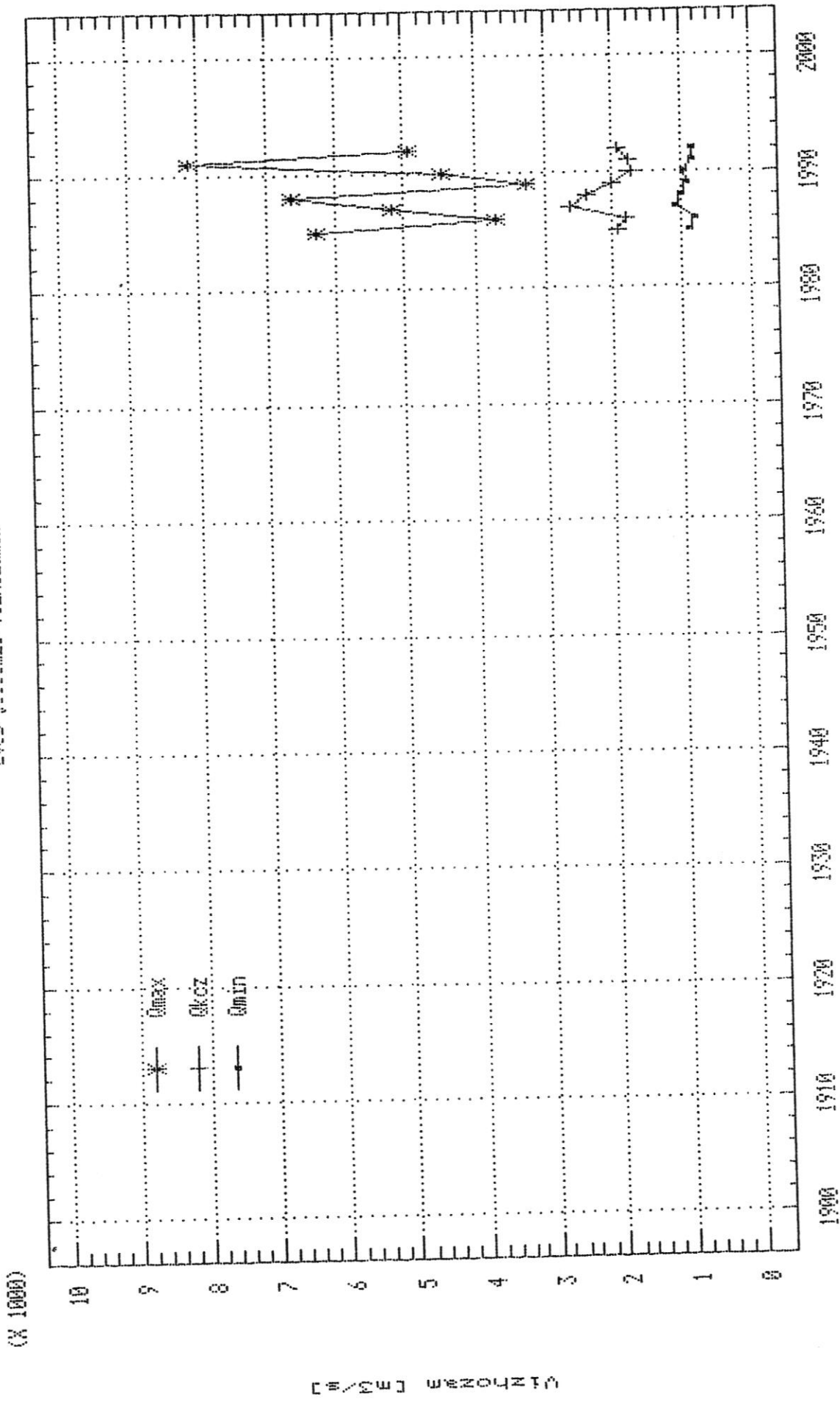
Eves jellemzo vizhozamok



10. ábra.

Ido [ev]

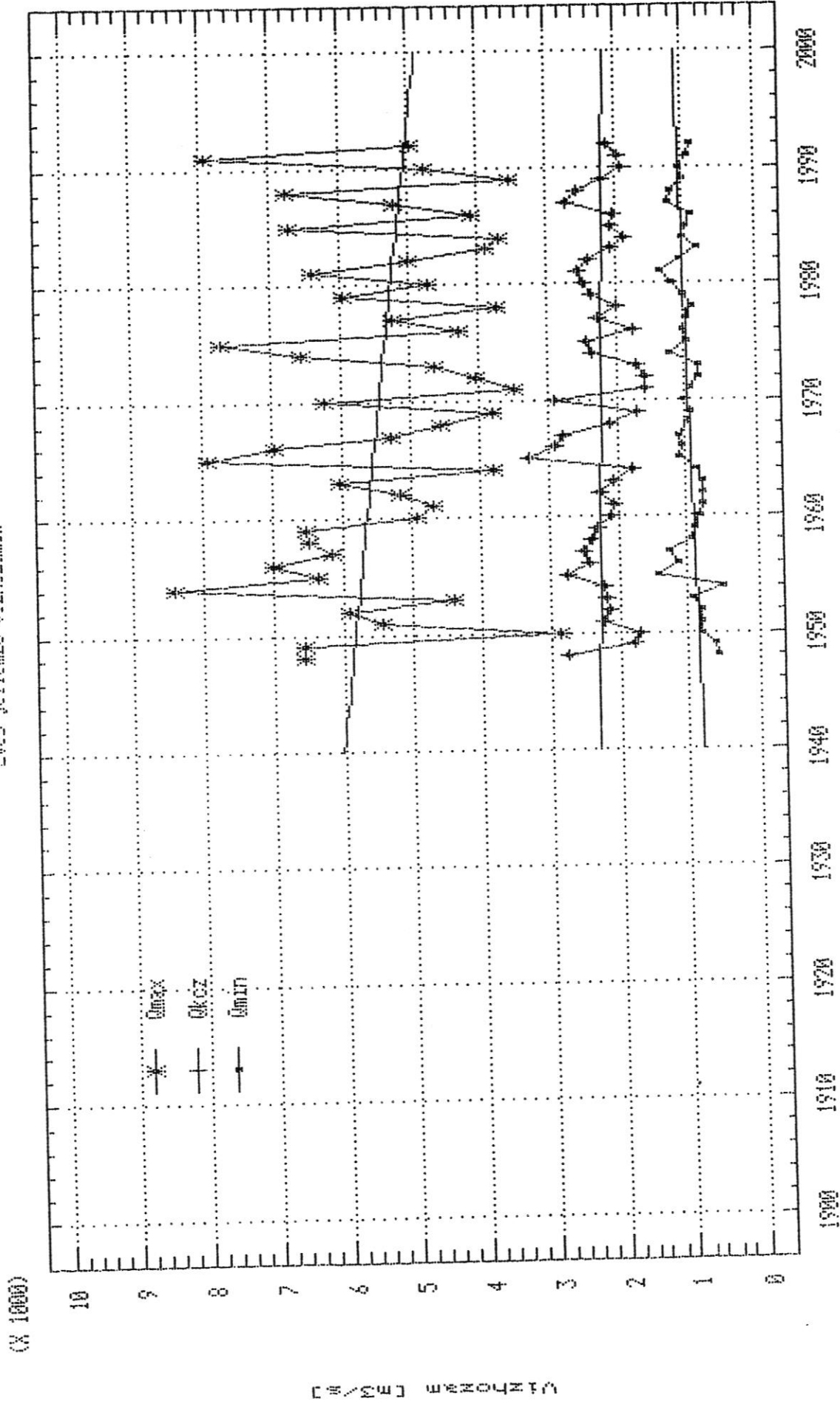
DUNA - KOMAROM  
Eves jellenzo vízhozamok



11. ábra.

DUNA - DUNAALMAS

Eves jellemzo vizhozamok

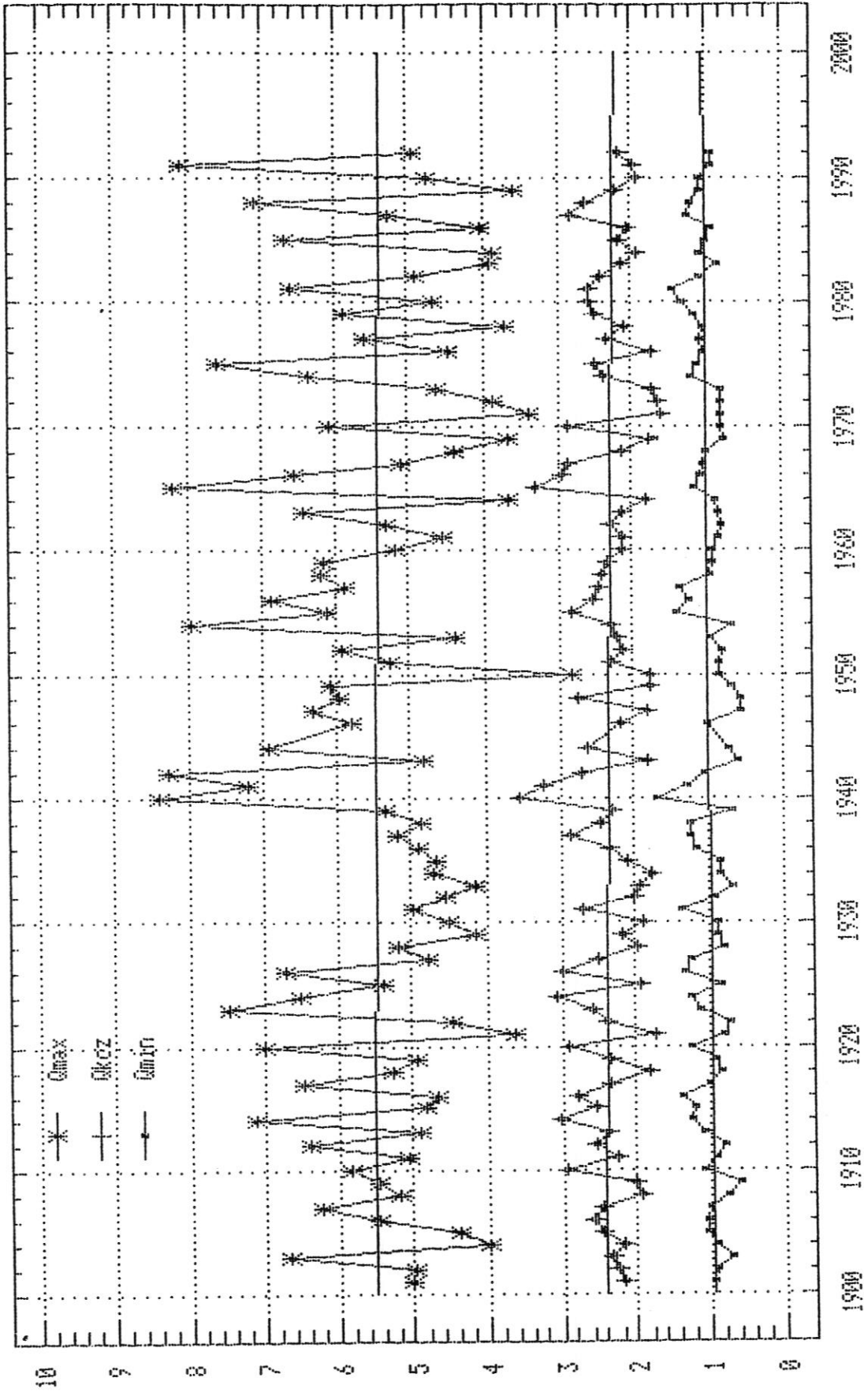


12. ábra.

DUNA - NAGYHAROS

Eves jellemzo vizhozam

(X 1000)

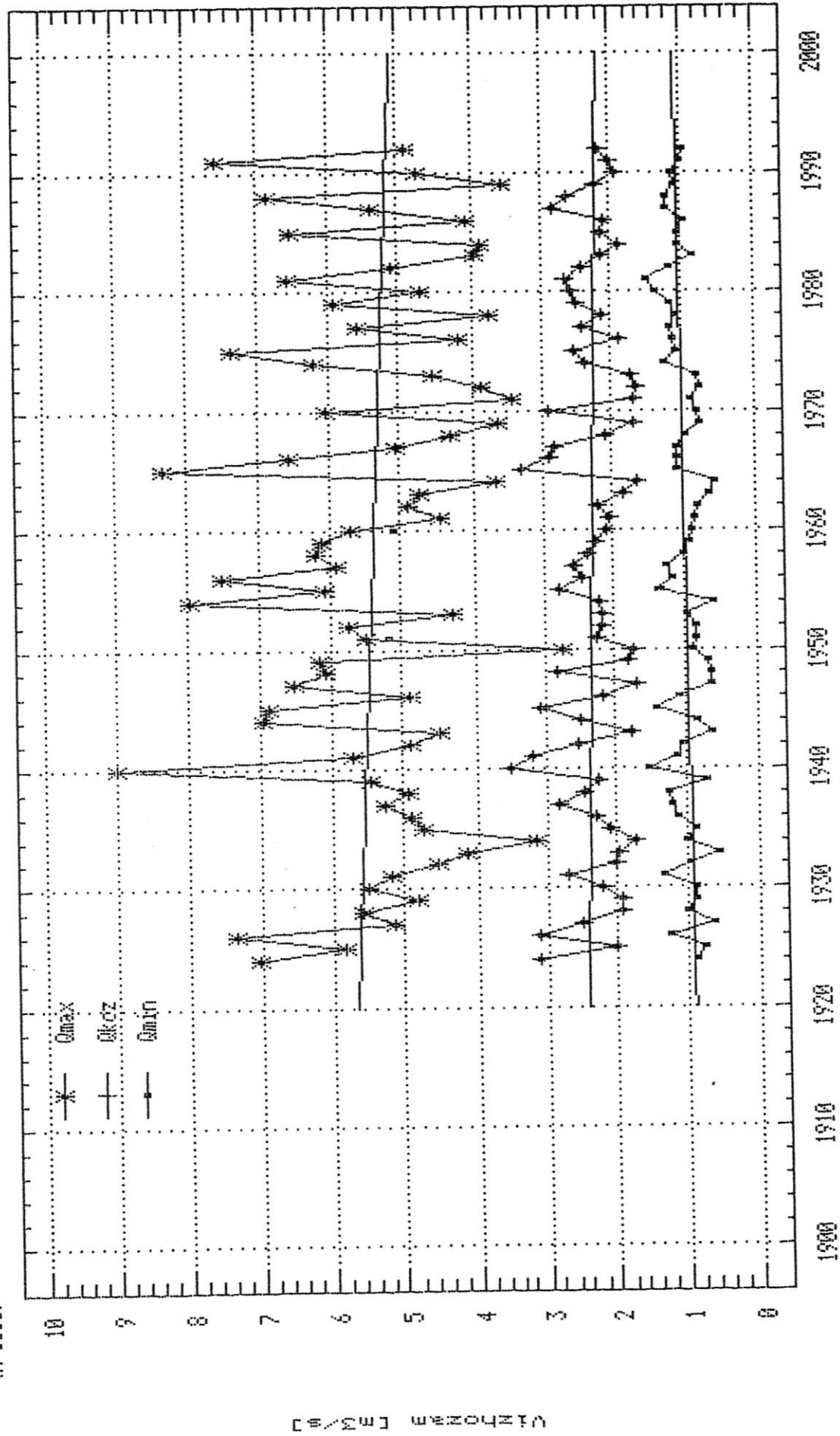


Idő [év] 13. ábra.

DUNA - BUDAPEST

Eves jellemzo vizhozamok

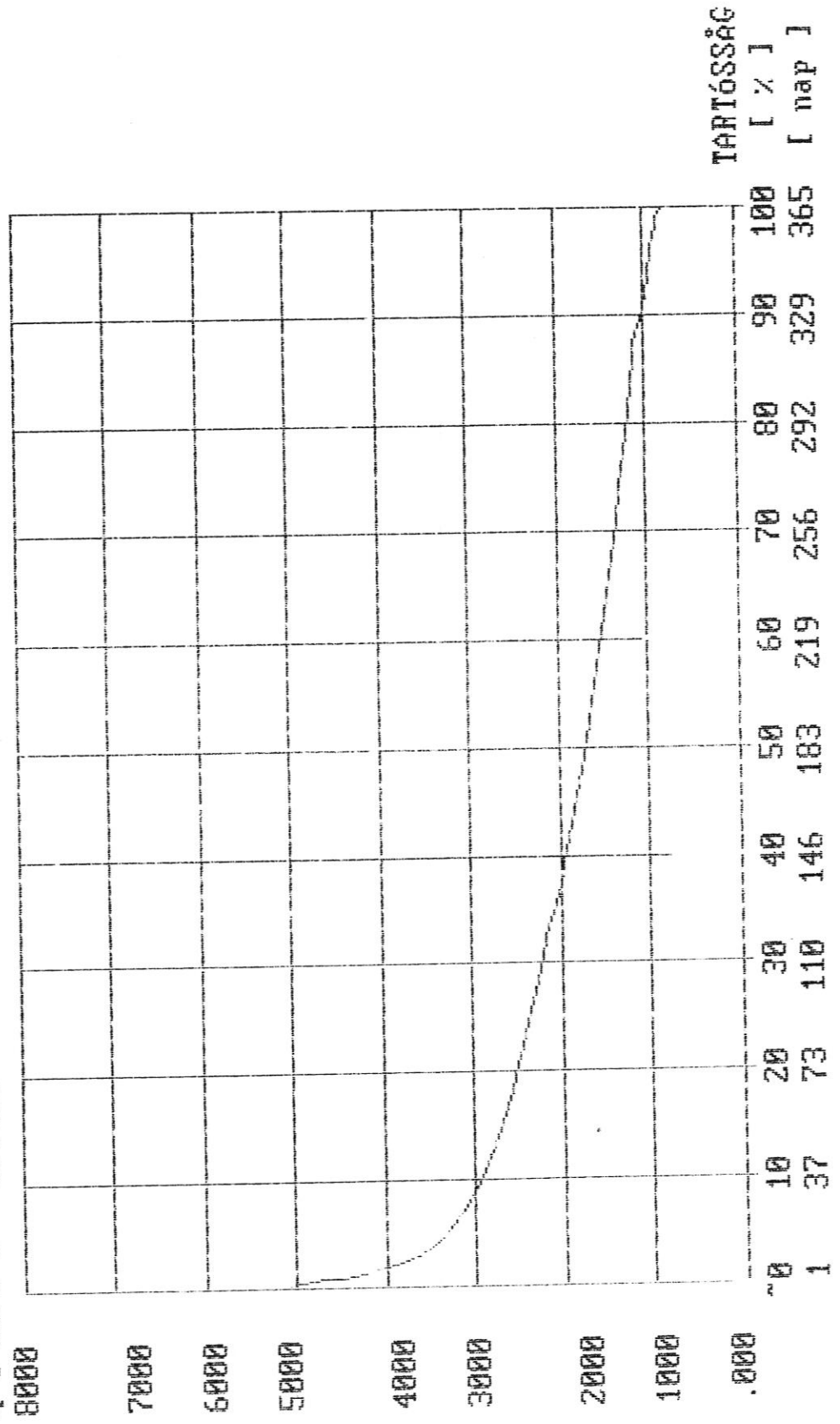
(x 1000)



14. ábra.

Időszak: 1986-1992 év 7 év  
 észleltből Számított vízhozam

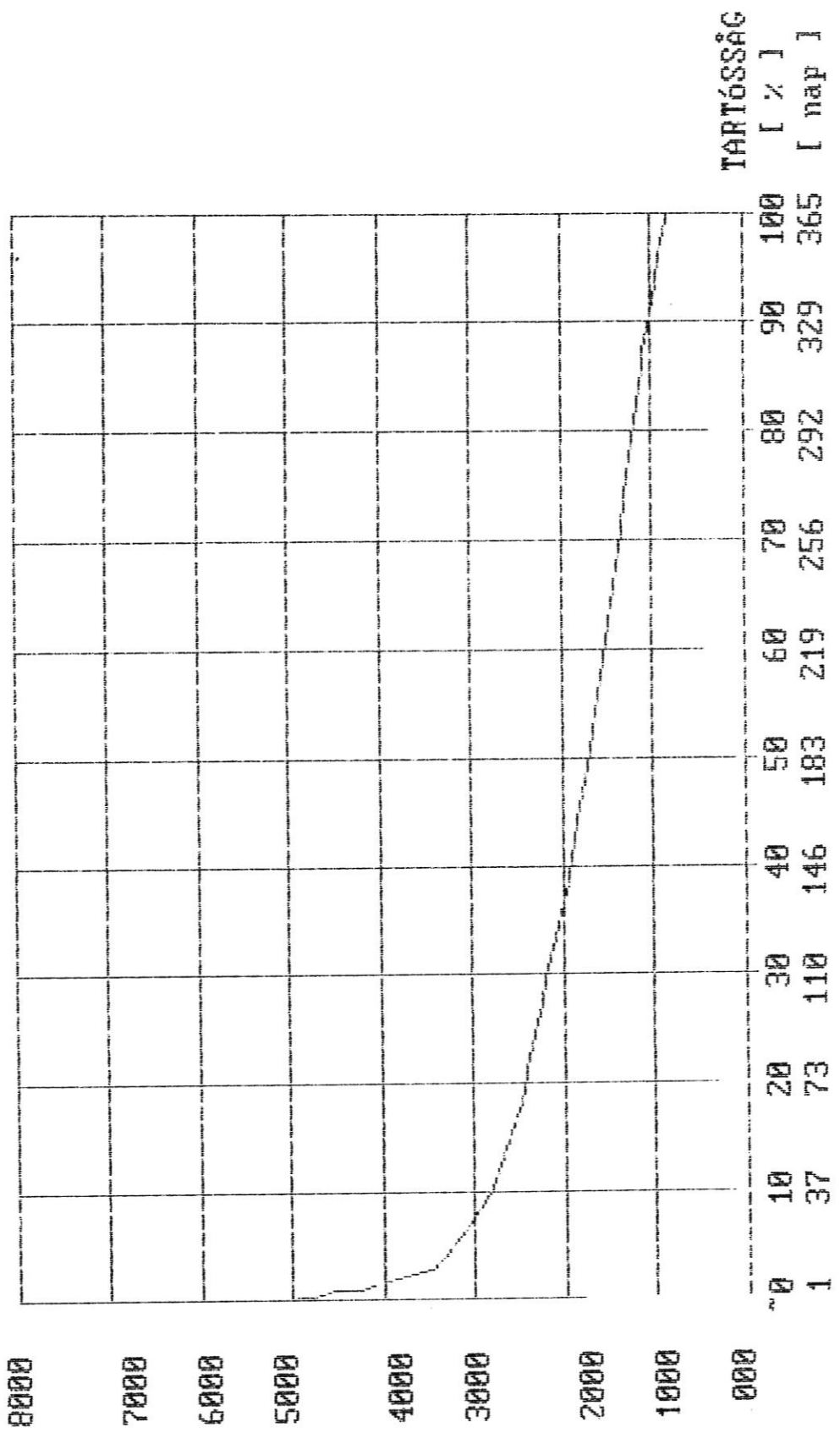
Időlépcső: 1440 perc DUNA  
 Q [ m<sup>3</sup>/s ] 0000001 RAJKA



15. ábra: DUNA-RAJKA Vízhozam tartósságok, 1986-92

Időszak: 1986-1992 év 7 év  
Észleltből Számított vízhozam

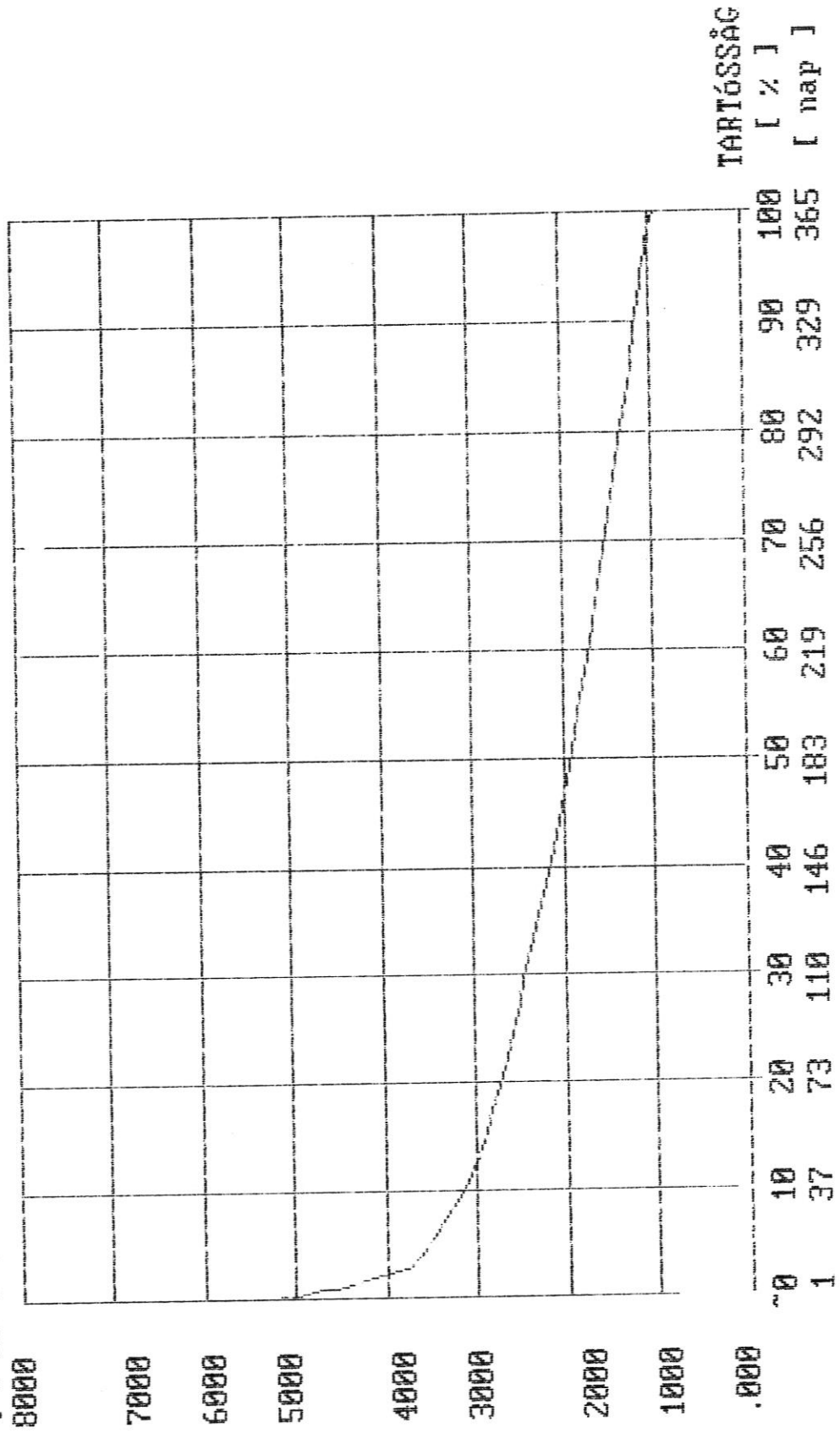
Időlépcső: 1440 perc DUNA  
Q [ m<sup>3</sup>/s ] 000002 DUNAREMETE



16. ábra: DUNA-DUNAREMETE Vízhozam tartósságok, 1986-92

Időszak: 1986-1992 év 7 év  
Észleltből Számított vízhozam

Időlépcső: 1440 perc DUNA  
Q [ m<sup>3</sup>/s ] KOMÁROM

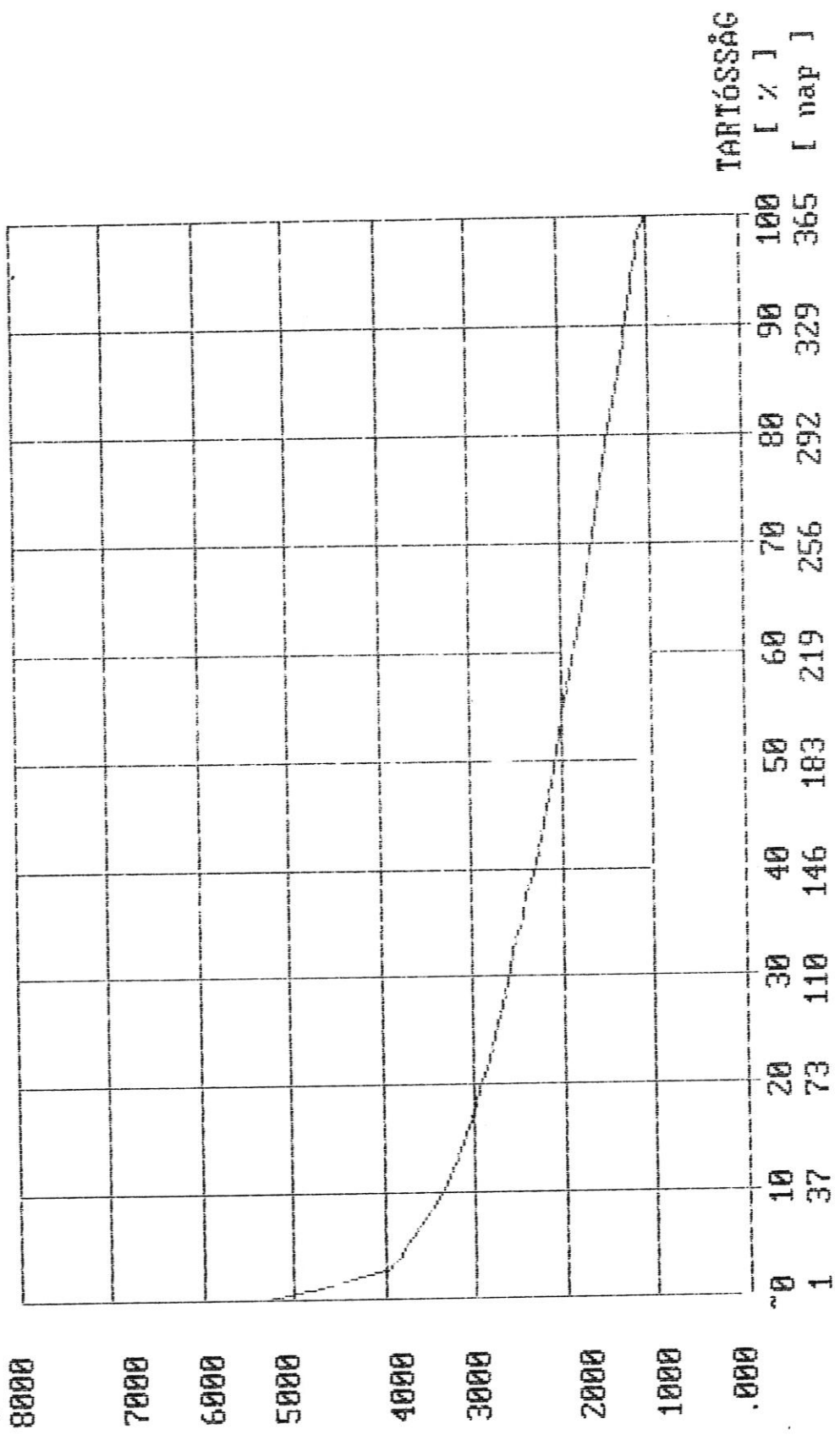


17. ábra: DUNA-KOMÁROM Vízhozam tartósságok, 1986-92



Időszak: 1986-1992 év 7 év  
 észleltből Számított vízhozam

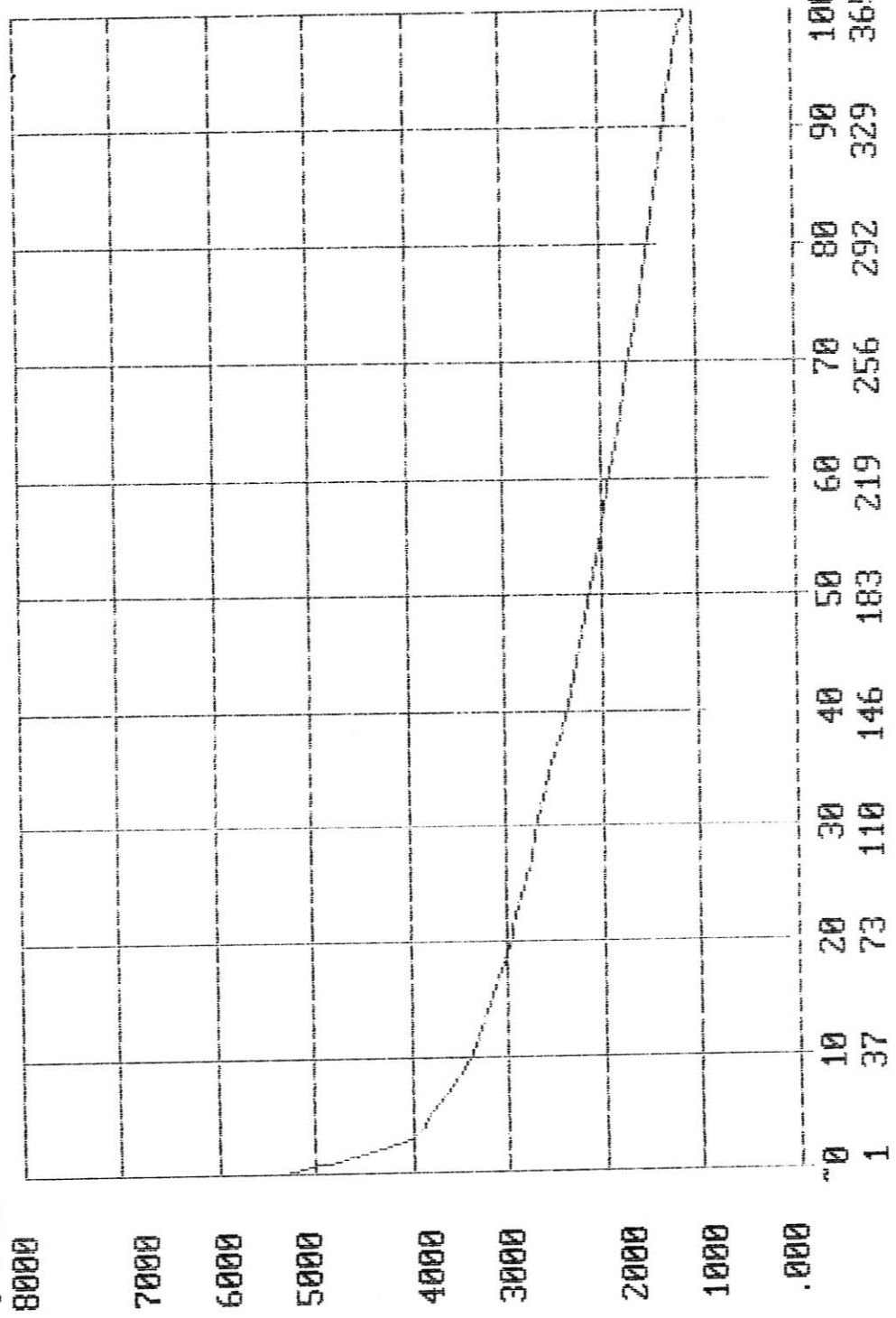
Időlépcső: 1440 perc DUNA  
 Q [ m<sup>3</sup>/s ] 0000006 DUNAALMAS



18. ábra: DUNA-DUNAALMAS vízhozam tartósságok, 1986-92

Időszak: 1986-1992 év 7 év  
Észleltből Számított vízhozam

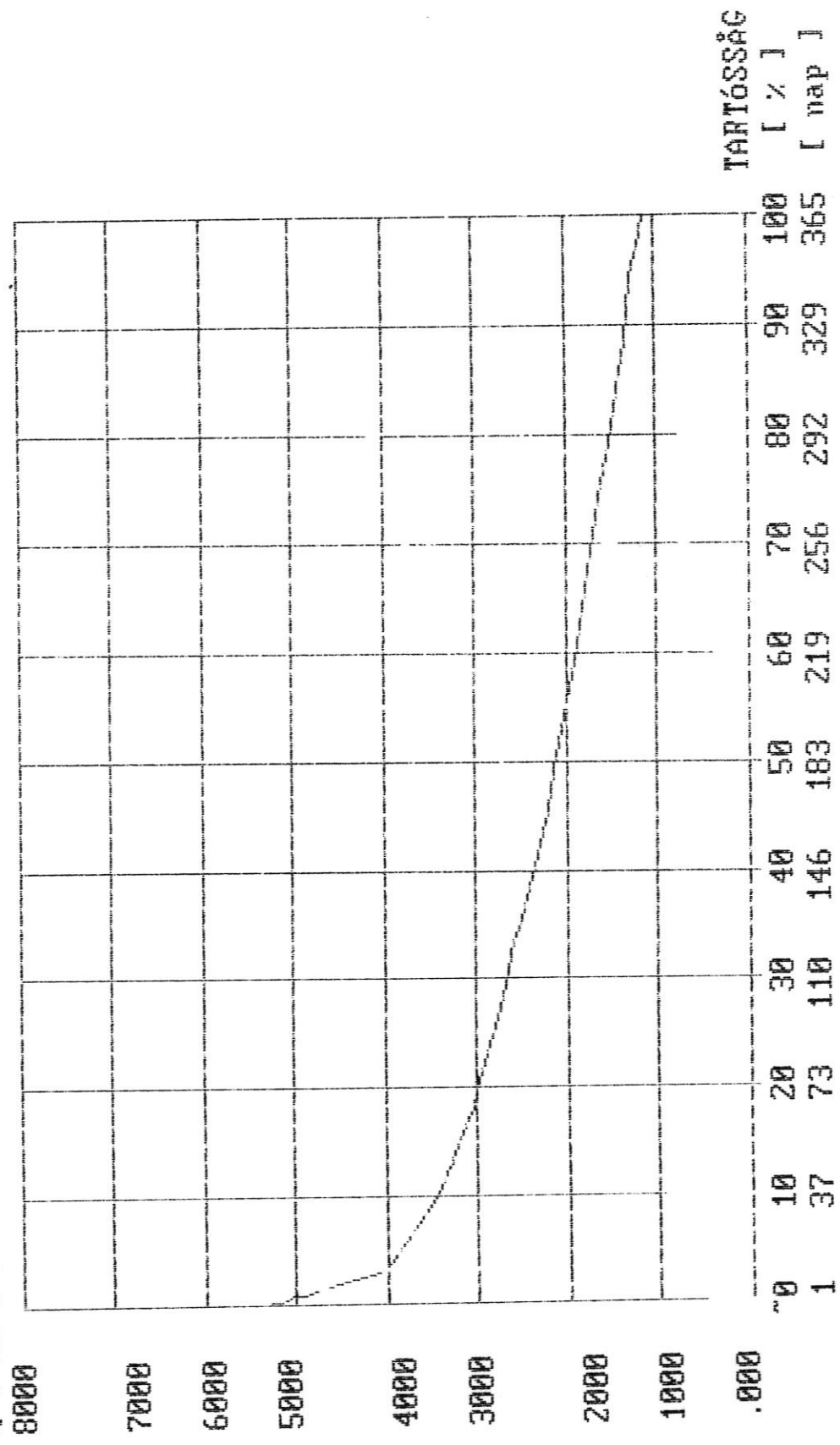
Időlépcső: 1440 perc DUNA  
Q [ m<sup>3</sup>/s ] 001020 NAGYMAROS



19. ábra: DUNA-NAGYMAROS Vízhozam tartósságok, 1986-92

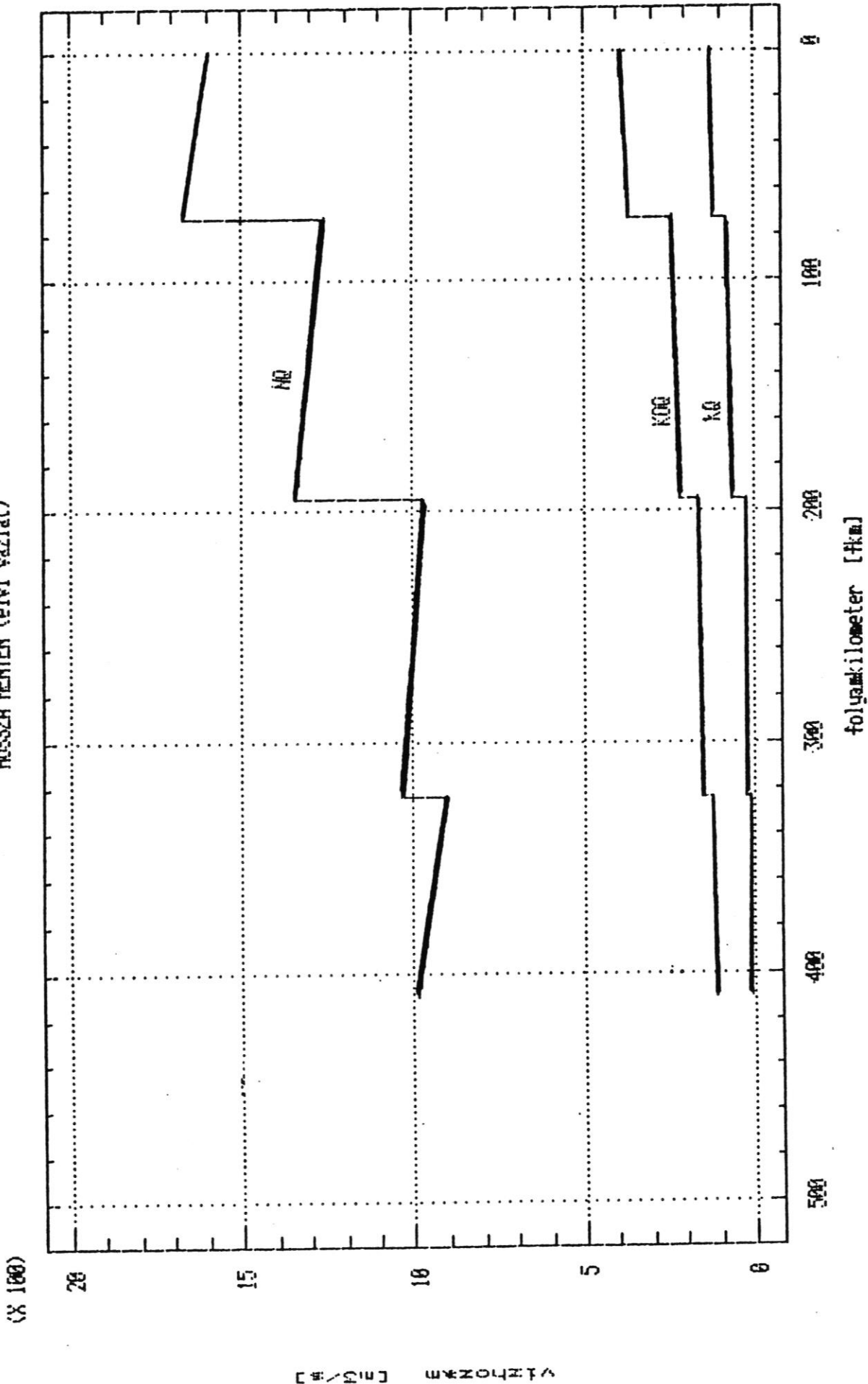
Időszak: 1986-1992 év 7 év  
 észleltből Számított vízhozam

Időlépcső: 1440 perc DUNA  
 Q [ m<sup>3</sup>/s ] 001026 BUDAPEST



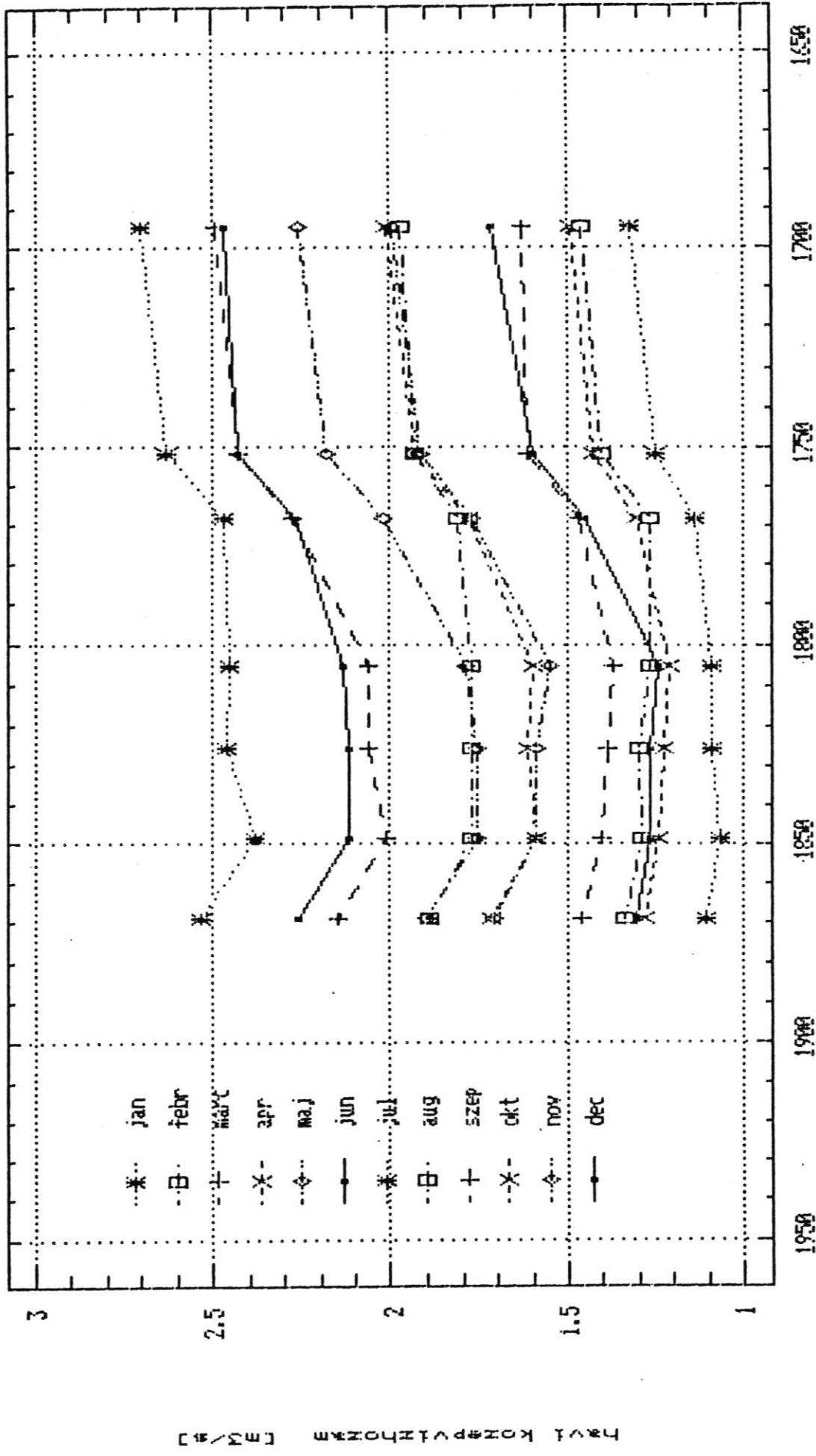
20. ábra: DUNA-BUDAPEST Vízhozam tartósságok, 1986-92

JELLERZO VIZHŐZÁRÓK ALAKULÁSA A FOLYÓ  
HOSSZA MENTEN (elvi vezrlat)



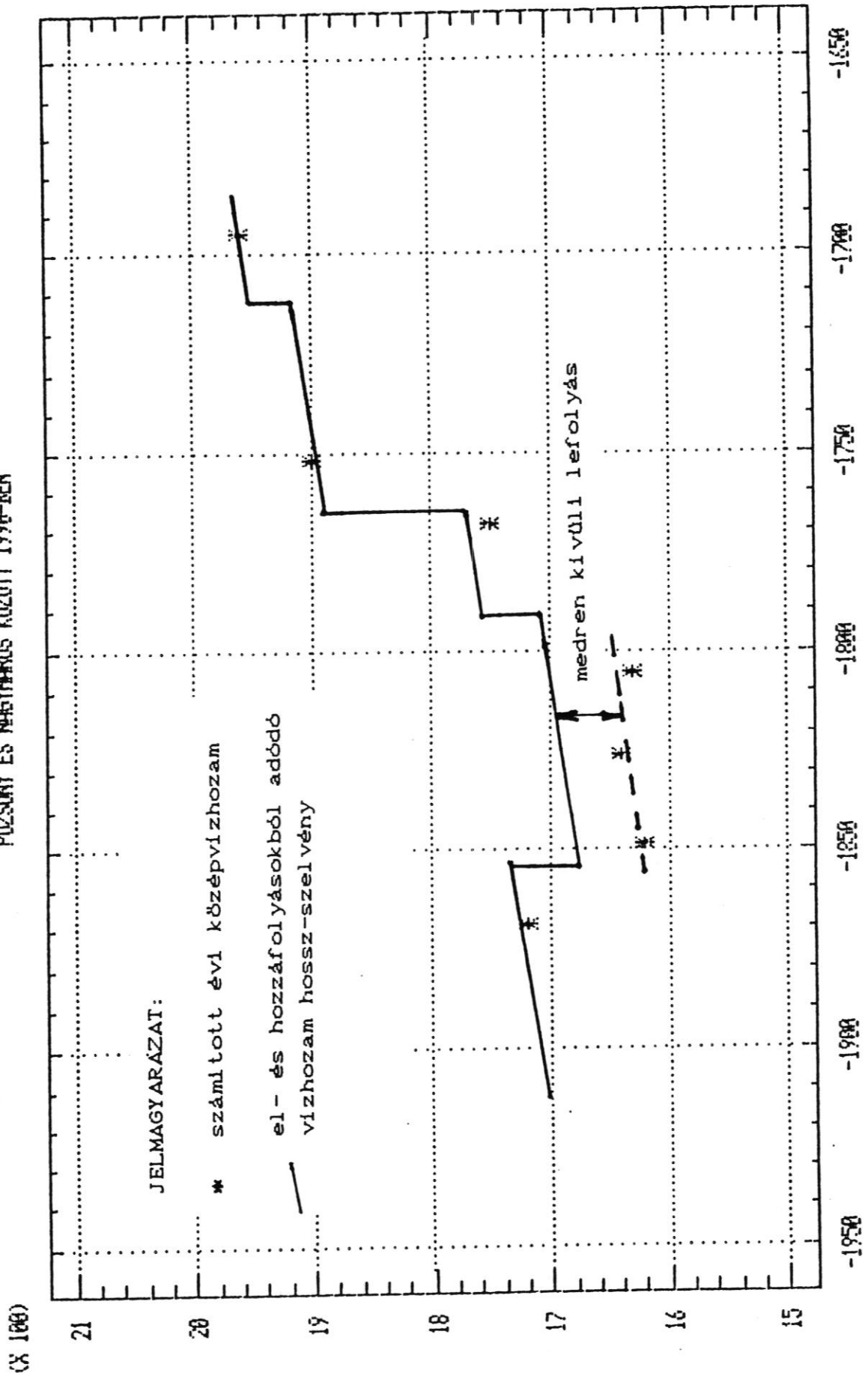
HAVI KOZEPVIZHŐZÁRÓK ALAKULÁSA A JÚNIUSI  
 POZÍCIÓNY ES MEGTÁRÁSOK KÖZÖTT 1950-1959-BEN

(X 1000)



folymankilometer [fkm]

EVI KÖZÉPVÍZHOZAMOK ALAKULÁSA A JÓNNAH  
 PÓZSONY ÉS MAGYHAROS KÖZÖTT 1990-BEN



folvankilometer [tkm]

### **III. LEBEGTETETT ÉS GÖRGETETT HORDALÉK** (Összeállította: Dr. Rákóczi László)

- 1. Intézmény:** VITUKI Hidrológiai Intézet.
- 2. Szakterület:** Felszíni vizek hidrológiája.
- 3. A monitoring pontok földrajzi megjelölése**

A vizsgálatánál a Duna Rajka, Dunaremete, Medve, Dunaalmás, Nagymaros, Budapest vízmérő állomásait használtuk.

#### **4. Vizsgált jelenségek, természeti elemek**

Lebegtetett és görgetett hordalék.

#### **5. Vizsgálati módszer (mérés, megfigyelés módszere)**

A lebegtetett hordalék töménységét a folyóvízből vett minták szárazanyagtartalmának mérésével határozzák meg. A hordalékhozam ezen hordaléktöménységek és a hozzájuk tartozó vízhozamok szorzata. A hordalékmintákat 1 literes üveg segítségével, vagy szivattyúzással veszik a keresztaszelvény különböző függélyeiből és azok különböző mélységeiből. A palackos mintavétel esetén az egy-egy függélyből vett minták száma 10 és az ezek egybeöntésével kapott 10 literes minta szárazanyagtartalma adja a függély középtöménységét.

Szivattyúzással is vehető 10 db 1 literes minta függélyenként, de folyamatos szivattyúzással és a szivócsanak folyamatos süllyesztésével is kapható felvilágosítás a függély átlagos hordaléktöménységéről.

A görgetett hordalékból a Károlyi-féle mintavevő módosított változatával vesznek mintát úgy, hogy a belépő nyílásával a vízfolyás irányával szembe fordítva a mederfenékre engedik, majd 5-10 perc múlva kiemelik a vízből. A fogott anyag tömegének és

a mintavevő méreteinek ismeretében a keresztmetszélvényen időegység alatt átvonuló görgetett hordalék tömege számítható.

**6. A szakterületi szabályozó szabványok, műszaki-, környezet- és természetvédelmi előírások (ha vannak) stb. A mérések, megfigyelések eredményeinek eltérése a szabványoktól, irányelvektől, egyéb előírásoktól.**

A hordalékmérésre és adatfeldolgozásra vonatkozó műszaki előírások:

VMS 231/8-82 Lebegtetett hordalék (módosítva a KVM körlevelével)

VMS 251/8-81. A lebegtetett hordalék adatai

MI-10-458-1989. A vízrajzi állomások törzsadatai

**7. A mérések, megfigyelések és vizsgálatok megbízhatósága**

A fent említett két hordalékfajta közül a lebegtetett hozam mérhető pontosabban. Ennek ellenére a mérési eredmények relatív hibája 20-25 % körül mozog. Ebben benne van a vízhozammérés 5 %-ra tehető hibája is. A pontosság nagyobb a magasabb töménységeknél, de csökken a hazánkban igen gyakori 100 g/m<sup>3</sup> alatti töménységeknél. A kis töménységeknél jobban érvényesül a mintavevő alaki és működésbeli hibája, de nő a kicsiny szárazanyagtartalom laboratóriumi kezelési vesztesége és súlymérési hibája is. A mérési eredmények megbízhatósága nem egyedül a mérési és feldolgozási pontosságtól függ. Mivel a hordaléktöménység az árhullámok kezdeti szakaszán igen hirtelen nőhet, alapvető fontosságú, hogy ezekben a kritikus időszakokban történjen elegendő számú mérés. A folyók évi lebegtetett hordalékszállításának zöme az árhullámok alatt folyik le, így nagyszámú, de csak kis-, és középvízi mérés eredményeiből nem lehet megbízhatóan következtetni az évi hordalékszállításra.



A görgetett hordalék mintavevő működésének sokkal több és jelentősebb hibaforrása lehet, mint a lebegtetett hordalékénak. Ezek egy része független a mintavevő rendszerétől, kialakításától és magából a görgetett hordalék mozgásmechanizmusának sajátosságaiból ered, elsősorban az ún. mederpáncélozódásból. Amennyiben a mérendő folyószakasz medrének felszínén időnként, de rendszeresen ellenálló természetes burkolat alakul ki, a burkolat pillanatnyi állapotától függően jelentősen túl-, vagy alábecsülhető a hosszúidejű (éves) görgetett hordalékszállítás. Ez a nehézség csak többéves, a vízjáráshoz igazodó időközökben és sűrűséggel végzett mintavételekkel, az önburkolat jelenlétében és anélkül vett minták eredményeinek gondos elemzésével csökkenthető. A mérési pontosság számszerűleg igen nehezen becsülhető. Nagyságrendi tájékoztatásul megemlítjük, hogy a kedvezőtlen esetben többszáz százalékot is elérő hiba gondos mérés, ugyanazon mintavevő és begyakorlott mérőszemélyzet esetén 40-50 %-ra csökkenthető.

#### **8. A mért/gyűjtött alap adatállomány tárolási helyei/módjai**

A magyarországi lebegtetett és görgetett hordalékmérések eredményeit a VITUKI Vízirajzi Adattára gyűjti és raktározza. Az eredeti lebegtetett hordalék mérési jegyzőkönyvek a Rajka-Szob közötti Duna-szakaszra vonatkozóan a méréseket végző Északdunántúli Vízügyi Igazgatóságnál, a Szob-Dunaújváros szakaszra vonatkozóan a Középdunavölgyi Vízügyi Igazgatóságnál található. Ritkábban, főleg tanulmányi célból a VITUKI Hidrológiai Intézete is végez hordalékméréseket. Ezek mérési jegyzőkönyve az utóbbi szervnél található. Megjegyezzük, hogy görgetett hordalékmintákat jelenleg csak a VITUKI Hidrológiai Intézete vesz hazánkban.

#### **9. A környezeti elem jellemző paraméterei hét év adatsora alapján, a vizsgált környezeti elem változásai**

Szórványos korábbi próbálkozások után a lebegtetett hordalék mintavételek az 1940-es évek elején, a görgetett hordalék

mintavételek pedig a 40-es évek végén indultak meg. A VITUKI megállapítása (1950) számottevő fejlődést hozott a mérőhálózat fejlesztésében és a mérések rendszeressé tételében. A 3. alatt említett hordalékmérő állomások közül Dunaremete, Nagymaros és Budapest a legnagyobb múltú. A mérések azonban mindegyik állomáson elég régen megindultak ahhoz, hogy az 1986-1992 közötti években kapott eredményeket össze lehessen vetni a megelőző időszakéival. Az 1. táblázat az 1986-92 között 6 dunai állomáson végzett hordalékmérések számát tünteti fel.

A lebegtetett hordalék jellemzői közül a legfontosabb a már többször említett töménység, azaz a térfogategységnyi vízben foglalt szilárd (ásványi) hordalékszemek tömege ( $\text{g}/\text{m}^3$ ). A hosszabb időszak alatt gyűjtött töménységadatokat a hozzájuk tartozó vízállás, vagy vízhozam függvényében ábrázolva állíthatjuk elő azt a grafikus kapcsolatot, amely a fenti hidrológiai jellemzők között fennáll. Ez a kapcsolat azért alapvető, mert a tetszőleges napi középvízhozamhoz kiolvashatjuk azt a hordaléktöménységet, amivel a vízhozamot megszorozva az adott keresztszelvényen aznap áthaladt lebegtetett hordaléktömeget kapjuk.

A fenti grafikus kapcsolatok közül a vízállás-hordaléktöménység összefüggés csak akkor alkalmazható célszerűen, ha az adott mérési keresztszelvény nem változtatja az alakját számottevően. Ellenkező esetben célszerűbb a vízhozam-lebegtetett hordaléktöménység kapcsolat használata, emellett az eredmény is közvetlenebbül megkapható, mert már a vízhozamokból indulunk ki. A ma már általánossá vált számítógép alkalmazása esetén ezen utóbbi kapcsolat matematikai egyenlete táplálendő a számítógépbe és ennek alapján az év minden napjára kiszámítható a napi hordaléktömeg.

Az ábrára felvitt adatok szórása és így az egyenlet relatív hibája természetesen minden mérőállomás esetében más és más lesz. A 7. alatt a pontosságról elmondottak alapján nem is várható, hogy a szórás kicsiny, illetve a vízhozam és a hordaléktöménység

közötti korreláció igen szoros lesz. A néha meglepően nagy adatszóródás oka a mérőberendezés tökéletlenségein és a laboratóriumi feldolgozás hibáin kívül az is, hogy a lebegtetve levonuló hordalék töménysége számos természeti, fizikai, topográfiai, geológiai, stb. tényezőtől is függ. A Duna esetében például más (kisebb) a hordaléktöménység egy adott vízhozam esetében, ha a vízhozam főleg hóolvadásból táplálkozik és nagyobb, ha heves zivatarokból. A vízgyűjtőterület eróziós viszonyai évszakonként is változhatnak, így a fagy és a növénytakaró pillanatnyi állapota is befolyásolhatja a folyóba mosódó lebegtetett hordalék mennyiségét.

A vízfolyás szerint legfelső Rajka állomás vízhozam - lebegtetett hordaléktöménység kapcsolatát az 1. ábra tünteti fel. A "\*" jelek az 1986-1992 között mért adatokat jelentik, "o" jelűek a korábbi mérési eredmények. A két hidrológiai paraméter közötti korreláció tényezője: 0,787 a kiegyenlítő görbe relatív hibája: 23,3 %. Látható, hogy az adatok szórása a 10 és 100 g/m<sup>3</sup> közötti töménységtartományban a legnagyobb. Ez a tartomány egyébként a 900 és a 3000 m<sup>3</sup>/s vízhozamértékek közé esik, tehát a kis- és középvizek tartományába. 1000 m<sup>3</sup>/s-nál a töménység-ingadozás 4 és 18 g/m<sup>3</sup> közötti, azaz 4,5-szeres. 2000 m<sup>3</sup>/s-nál a töménység 15 és 35 g/m<sup>3</sup> között változik, azaz alig több, mint kétszeresen. 3000 m<sup>3</sup>/s-nál az újabb adatok szórása minimális, de a régebben mértek 19 és 80 g/m<sup>3</sup> közötti ingadozást mutatnak (csaknem 4-szeres). A kiegyenlítő vonal felett viszonylag nagy távolságban elhelyezkedő "o" jelek arra mutatnak, hogy a múltban voltak időszakok, amikor a kis- és középvízhozamok hordalékszegényebbek voltak, mint mostanában.

Az újabb mérési eredményeket feltüntető "\*" jelek többsége a kiegyenlítő vonal alatt található, ami a lebegtetett hordaléktartalom növekedésére utal. Ennek oka az említett természeti körülmények mellett emberi beavatkozás is lehet. A különböző befolyásoló tényezők hatásának elválasztása, kiszűrése csaknem lehetetlen. A felrakott pontoknak a kiegyenlítő vonalhoz

képest elfoglalt helyzete ezek összhatását tükrözi. A következő fejezetben az emberi beavatkozások hatására még visszatérünk.

A Rajkánál évente lebegtetve szállított hordalék tömege 1 és 10 millió t között ingadozik, elsősorban a vízjárás függvényében. A Duna hordalékjárásának monográfiájából (Rákóczi 1993) vett 2. ábra az évi lebegtetett hordaléktömegek változását mutatja be 1956 és 85 között. A 60-as és 70-es években előfordult kiugróan nagy árvizek ellenére a lebegtetett hordalékszállítás határozottan csökkenő irányzatot mutat, akár csak az ábrába behúzott trendvonal. Ennek egyenletében  $M_t$  az évi lebegtetett hordaléktömeg  $10^3$  t-ban,  $T$  pedig egy tetszőleges év 56 és 85 között (tehát az 19 elhagyásával). A második tag negatív előjele is mutatja az időben csökkenő tendenciát.

Meghosszabbítottuk az ábrát 1992-ig és ebből látható, hogy a csökkenő irányzat továbbra is fennáll, sőt 1990. és 1992. években 1 millió t alá csökkent az évi lebegtetett hordaléktömeg. Egyetlen számértékkel tehát sem Rajka, sem a többi mérőállomás esetében nem jellemezhető az évi lebegtetett hordalékszállítás. Rajkánál csak azt mondhatjuk, hogy több évtized távlatában az évente levonuló lebegtetett hordaléktömeg középértéke  $2,9 \times 10^6$  t, ingadozási tartománya pedig kb.  $1 \times 10^6$  és  $10 \times 10^6$  t közötti, jelentősen csökkenő irányzattal.

A Dunaremete állomásnál mért lebegtetett hordaléktöménységek korrelációja a vízhozamokkal valamivel szorosabb, mint Rajka esetében (0,815). Ennek megfelelően a kiegyenlítő görbe hibája is kisebb (18,14 %). A grafikus kapcsolatot a 3. ábra tünteti fel. Bár az utóbbi 7 év értékei közül valamivel több esik a kiegyenlítő vonal alá, mint fölé, megállapítható, hogy azok bennmaradnak a korábbi adatok által kialakított szóródási képben és sem a csökkenés, sem az emelkedés irányába nem tolják el számottevően a hordaléktöménység - vízhozam összefüggést.

Egy korábbi tanulmányban (Rákóczi 1993) alkalmunk volt a kapcsolat összevetésére a részben még korábbi adatokat használó

Bogárdi féle (1971) összefüggéssel. Megállapítottuk, hogy a jelenlegi kiegyenlítő vonal kissé meredekebb, mint a régi, azaz ugyanakkora vízhozamnövekedés ma valamivel kisebb hordaléktöménység növekedéssel jár, mint az 1950-es, 60-as években. Ez a körülmény is arra mutat, hogy a Duna vize hordalékszegényebb lett az utóbbi évtizedekben. Mivel a kiváltók itt is az emberi beavatkozás, erre a következő fejezetben szintén visszatérünk.

Medve állomás adatai azért érdekesek, mert ez a szelvény közvetlenül a Felső-Duna Szap-i eséstörése alatt található, egyben a bósi alvízcsatorna visszatorkollása alatt. A hordaléktöménység - vízhozam kapcsolat korrelációs tényezője: 0,77, a kiegyenlítő görbe relatív hibája pedig: 23,8 %. Maga a grafikus kapcsolat a 4. ábrán látható. A viszonylag alacsony korrelációs tényező már nagyobb adatszóródást sejtet, mint Dunaremeténél volt és az ábra tanúsága szerint ez valóban így is van. Különösen az 1986 előtti adatok szórása tágas. Az utóbbi 7 évben kapott mérési eredmények zöme eléggé jól illeszkedik a kiegyenlítő görbére, azonban a vonal alatt néhány adat csaknem annyira eltávolodik a görbétől, mint a régebbiek. Ez az eltérés azt jelenti, hogy a 800-1000 m<sup>3</sup>/s kisvíz tartományban néhány esetben meglepően nagy hordaléktöménységeket mértek. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy mindez a 6-30 g/m<sup>3</sup>, tehát igen alacsony töménységhatárok között történt, ahol a mérési és adatfeldolgozási hibák szerepe is jelentős.

A Medvétől 48 km-rel lejjebb fekvő Dunaalmás grafikus hordaléktöménység-vízhozam kapcsolata az 5. ábrán látható. A korrelációs tényező még kisebb, mint Medvénél: 0,699, ennek megfelelően a relatív hiba nagyobb: 25,6 %. Itt az adatszóródás zöme a nagyobb vízhozamtartományban jelentkezik, így az újabb adatok is az 1000-1500 m<sup>3</sup>/s között távolodnak el lefelé legjobban a kiegyenlítő görbétől és 26-66 g/m<sup>3</sup> töménységértékeket jelentenek. Megállapítható azonban, hogy néhány kiugró értéktől eltekintve az 1986-1992 közötti mérések eredményei megfelelően illeszkednek a kiegyenlítő vonalra.

Az emberi tevékenységtől az elmúlt 20 évben legjobban befolyásolt Nagymaros szelvényben érthetően a legnagyobb az adatok szórása. A korrelációs tényező értéke mindössze 0,59 és a kiegyenlítés relatív hibája 37,6 %. A grafikus kapcsolatot a 6. ábra tünteti fel. Látható, hogy mind a régebbi, mind az újabb mérések eredményei egyes esetekben jelentősen eltérnek a kiegyenlítő görbétől, mind felette, mind alatta. A legjobban szóródó adatok az 1000-1500, valamint a 6000-8000 m<sup>3</sup>/s vízhozamtartományban találhatók. Itt már a mérési hiba egyre kevésbé játszik szerepet és előtérbe kerülnek az emberi beavatkozások hatásai. Amikor az 1000 m<sup>3</sup>/s körüli vízhozamoknál mérnek akkora hordaléktöménységet, mint egyébként 2000-2500 m<sup>3</sup>/s-nál, a közeli kotrások által fellazított mederanyagból származó hordaléktöbblet valószínűsíthető. Az említett nagy vízhozamoknál mért viszonylag kicsiny hordaléktöménység vagy a Nagymaros feletti szakaszon előállt fokozott hordalék kiülepedés következménye, vagy időben hosszan elnyúló árhullám végső szakaszában érkező vízhozam hordalékszegénységének tulajdonítható.

A Budapestre érvényes hordaléktöménység-vízhozam kapcsolat Nagymaroshoz képest szorosabbá válik és a felső-dunaiakhoz válik hasonlóvá. A korrelációs tényező: 0,72 és a kiegyenlítés relatív hibája: 26,6 %. A grafikus kapcsolatot bemutató 7. ábra szerint főleg a régebbi mérési adatok szórása nagy, az újabbaké észrevehetően kisebb. Másik különbség az előző ábrákhoz képest, hogy az 1986 óta kapott eredmények inkább a kiegyenlítő vonal felett helyezkednek el, mint alatta, azaz a víz hordalékszegényebb lett.

Ami a Rajka alatti Duna-szakasz évente szállított lebegtetett hordaléktömegeit illeti, erre vonatkozóan Nagymaros és a jelen tanulmányban nem érintett Mohács állomásra nézve állnak rendelkezésre idősorok 1956 és 1985 között. Amint az ugyancsak a Duna hordalékjárásának monográfiájából vett 8. ábrán látható, a magyar Duna-szakaszon nincs lényeges változás a lebegtetett hordalékszállításban, a szakaszon előálló hordalék

leülepedések és mederanyag felkeveredések ellenére. A tájékoztatásul szintén felrakott évi víztömegek alakulása (Nagymarosnál) a 70-es évek közepétől kezdve számottevő a hordalék töménységének csökkenése is, mivel 1979-81-ben az 1975 évihez igen hasonló évi víztérfogatokhoz sokkal kisebb évi hordaléktömegek tartoznak, mint 1975-ben. Azaz csökken a hordaléktöménység. Ez a csökkenés főleg a Duna felső szakaszán és a vízgyűjtőn újabban végzett beavatkozásoknak tudható be.

A görgetett hordalék esetében a mérési eredményekből nem a töménységet, hanem a mederszélesség 1 fm-én 1 másodperc alatt áthaladó hordalék tömegét (kg/s) határozzák meg. Ennek a teljes mederszélességre való átszámításánál olyan nehézségek merülnek fel, amelyek a lebegtetett hordalék esetében nem fordulnak elő. Az egyik az, hogy a görgetett hordalékmozgás nem terjed ki egyenletesen a keresztshelvény egész szélességére, hanem a vízállástól függően annak csak kisebb-nagyobb részére. Még ideálisan szabályos mederalak mellett is olyan csekély a folyó hordalékmozgató ereje a partmenti sávokban, hogy ott nincs számottevő hordalékmozgás. Csupán a ritka, igen nagy ár hullámok levonulásának emelkedő és tetőző szakaszában áll elő általános hordalékmozgás a meder teljes szélességében, akkor is viszonylag rövid ideig (néhány napig, vagy hétig).

Amennyiben szabálytalan a meder alakja (mélyebb és sekélyebb részek követik egymást keresztirányban), a görgetett hordalék mozgása sávokban történik, amelyeket álló mederrészek választanak el egymástól. Mindez azt jelenti, hogy a keresztshelvény számos függélyében kell görgetett hordalékmintákat venni ahhoz, hogy az álló és mozgó medersávok számáról és elhelyezkedéséről legalább közelítő képet kapjunk. Ha erre nem vagyunk tekintettel, és a mozgó sávból vett minta alapján számított görgetett hordalékhozamot a meder azon részeire is feltételezzük, amelyek valójában állnak, a shelvényen áthaladó tényleges hordalékhozamot lényegesen túlbecsülhetjük. Viszont, ha az álló medersávokban eredménytelennek bizonyult mintavétel alapján arra

következtethetünk, hogy a szelvényben sehol sincs hordalékmozgás, megengedhetetlen mértékben alábecsülhetjük a hozamot.

A görgetett hordalék mintavételi eredmények kiértékelését megnehezítő másik körülmény a meder un. páncélozódása, amely kavics, illetve homokos kavics medrek esetén jelentős lehet. Tekintve, hogy a Duna Rajka-Budapest közötti szakaszának mederanyaga ilyen szemekből áll, a vízjárás pedig kedvező a mederpáncélozódás kifejlődéséhez, azaz tartós kisvizek minden évben több hónapig is fellépnek, a kérdéssel foglalkoznunk kell. Tartós kisvizek idején ugyanis még az egyébként mozgó medersávokban is olyan gyenge a hordalékmozgató erő, hogy a meder felszínén lévő szemcséknek csak egyes frakciói mozdulnak ki és haladnak a lejjebb fekvő szakaszokra. A meder felszínét így fokozatosan egyre dűrvább, az adott vízjárási viszonyok mellett nem mozgó kavicsok borítják, amelyek leárnyékolják és így védik a kimosódástól a finomabb szemcsefrakciókat. Ezt a rendszerint többhetes, egyre gyengülő hordalékmozgás mellett kialakult állapotot nevezzük páncélozódásnak, vagy önburkolatnak.

Az ilyen szerkezetű meder igen stabil, ellenáll kisebb árhullámok kimosó, erodáló hatásának is, tehát az ilyen állapotú meder felszínére bocsátott görgetett hordalék mintavevő vagy nem vesz mintát egyáltalán, vagy csak azt a hordalékot gyűjti be, ami felülről érkezik és átgurul a páncélozódott meder mozdulatlan kavicsai felett. Ilyenkor tehát jóval kisebb a mért hordalékhozam, mint amekkora a folyó hidraulikai paraméterei felhasználásával kizárólag számítás útján meghatározható. Amikor azonban akkora árhullám érkezik, amekkora már képes a kialakult mederpáncélt felszakítani, megszüntetni, nemcsak a burkolatot alkotó durva kavicszemek indulnak mozgásnak, hanem az általuk addig leárnyékolta kisebbek is és így rövid ideig rendkívül nagy hordalékhozam alakulhat ki. Ilyen vízjárási helyzetben végezve a mintavételt, az eredményül kapott nagy hordalékhozam túlbecsléshez vezethet, ha hosszabb időszakra tekintjük érvényesnek, ugyanis az árhullám tetőzése után, az apadás időszakában a meder egyes sávjaiban azonnal megindul az



újrapáncélozódás folyamata és rohamosan csökken a görgetett hordalékhozam.

Mindezek előrebocsátása után mutatjuk be Bogárdi nyomán a dunaremetei szelvényre vonatkozó vízállás - görgetett hordalékhozam kapcsolatot (9. ábra). Az ábrán feltüntetett legnagyobb észlelt vízállás és legnagyobb mért görgetett hordalékhozam az 1971 előtti időszakra vonatkozik. Ennél nagyobb vízállás azóta már előfordult Dunaremeténél, azonban a mintavételek abbahagyása miatt ennél nagyobb hordalékhozamot nem mértek. A mérések egyébként részben a mintavevő és a mintavétel elháríthatatlannak tűnő hibái, az eljárás idő- és munkaigényes volta, részben pedig az eredményeknek az ábrán is látható kiábrándítóan nagy szóródása miatt maradtak abba hazánkban a 60-as években. Sajnos, Csehszlovákiában és Ausztriában szintén felhagytak a mintavételekkel, így a Duna jelenlegi görgetett hordalékhozamára vonatkozóan csak becslésekre vagyunk utalva.

A becslésnél sajnos nem nagyon támaszkodhatunk a vízállás, vagy vízhozam és a görgetett hordalékhozam közötti kapcsolatokra. A 9. ábrán a mérési eredményeket kiegyenlítő egyenest Bogárdi határozta meg, de látható, hogy az még kisebb emelkedésű, csaknem vízszintes is lehetne. 4 m-es vízállásnál például 2,5-től 38 kg/s-ig találhatók mért hordalékhozamok. Ez több, mint 15-szörös ingadozás, tehát meglepően nagy még a fent előadott nehézségek ismeretében is. Az eredmények nagyjából a 3 és 5 m közötti vízállástartományban szóródnak, de úgy, hogy például a 22 kg/s hordalékhozamot egyaránt mérték 3,2 és 4,9 m vízállásnál is. A szóródásban mind a hordalékmozgás sávos jellege, mind a mederpáncélozódás hatása tükröződik és szétválasztani ezeket nem lehet. Talán a Bogárdi szerint 6,92 m vízálláshoz tartozó 123 kg/s görgetett hordalékhozamnál tehetjük fel azt, hogy ekkor már mindkét említett hatás megszűnt és a keresztzelvény teljes szélességében volt hordalékszállítás, a páncél pedig teljesen felszakadt. Ez a hordalékhozam adat azonban csak az ábrán feltüntetett, szerintünk túlzottan meredek kiegyenlítő egyenesre illeszkedik. A felszakadás utáni, várhatóan igen nagy

hordalékhozamnál nincs mérési adat. Sajnos, ez a görbe nem használható úgy a hosszú idő (év) alatt szállított hordaléktömeg szállítására, mint a lebegtetett hordaléknál, mivel kis- és középvízi tartományban túlzottan nagy az adatok szóródása, a nagyvízben pedig hiányzanak a mérési adatok.

A VITUKI Hidrológiai Intézete 1988-ban felújította a dunai görgetett hordalék mintavételeket és 1988 őszén, valamint 1989 tavaszán ismételt, összehangolt méréseket végzett több szelvényben Rajka és a szentendrei Dunaág Kisoroszi szelvénye között. Az egyes szelvényekben minden ismétlésnél ugyanazon függélyekből vették a mintákat, így a mérési eredmények összevethetőkké lettek. Megállapították, hogy az őszi méréseknél csaknem teljesen bepáncélozódott mederben folyt a Duna Rajkánál és Dunaremeténél: a fogott rendkívül kevés hordalék valószínűleg a fenti szakaszokról jött és gördült át az álló meder felett.

Az 1989 tavaszi kisebb (2300 m<sup>3</sup>s csúcsvízhozamú) árhullám nem volt képes felszakítani a mederpáncélt és bár a mért hordalékhozam megnőtt az őszihez képest, a szemösszetétel sokkal finomabb volt, mint a helyi mederanyag. A legnagyobb hordalékhozamot tavasszal Dunaremeténél mérték: 5,8 kg/s-ot, ami önmagában jóllehet nem magas érték, de sokkal több, mint az ősszel ugyanott mért 0,1 kg/s. A Dunaremete alatti szelvényekben vett hordalékminták szemösszetételi elemzése arra mutató eredményeket hozott, hogy az említett finomabb szemcséjű görgetett hordalék zöme a Szap-i eséstörés alatt Gönyü környezetében rakódott le.

A 9. ábrán a régi adatoktól megkülönböztetve felraktuk az 1988/89-ben Dunaremeténél kapott hozam értékeket. Látható, hogy az említett 5,8 kg/s érték beleesik a régebbi adatok szórási tartományába. A másik tavaszi mérési eredmény, a 3,68 m vízállásnál mért 1,74 kg/s adat távolabb esik a Bogárdi-féle vonaltól.

1992. október 20-22. között a VITUKI újabb görgetett hordalékmintákat vett Rajka, Dunaremete és Medve szelvényében. A Duna elterelése előtt ezek voltak az utolsó magyar mérések a Felső-Dunán. Eszerint Rajkánál október 20-án és Dunaremeténél 21-én igen gyenge volt a mérhető görgetett hordalékhozam: 0,08 illetve 0,18 kg/s. Ez utóbbi adat nem is rakható fel a 9. ábrára. Medvénél 22-én 1,83 kg/s-os hozamot mértek, tehát kerekén tízszer akkorát, mint előző nap Dunaremeténél. Mivel Medvénél a lebegtetett hordalékhozam is jóval meghaladta a felső két állomás adatát, joggal feltehető, hogy a medvei mérési eredmények az alvízcsatornán, illetve annak visszatorkollása környezetében a mérések idején végzett kotrási munkálatok következtében álltak elő.

#### **10. A változások összefüggései az emberi beavatkozásokkal és/vagy egyéb jelenségekkel**

A Duna magyarországi szakaszának hordalékjására kétségtelenül az osztrák Duna-szakasz duzzasztóművekkel való belépcsőzése járt a legnagyobb hatással. Az 50-es évek vége és a 80-as évek közepe között 8 vízlépcső épült ott ki, visszatartva a lebegtetett hordalék jelentős hányadát és a görgetett hordalék teljes egészét. A lebegtetett hordalék töménységének és évi tömegének az előző fejezetben tárgyalt csökkenéséért főleg ez a visszatartó hatás a felelős. Igaz, hogy a duzzasztott terekben letisztult víznek a vízlépcső alatti szakaszon megnő az erodáló, mederkimosó és partromboló ereje, azonban ez a hatás ma már csak a legalsó működő vízlépcső (Greifenstein) alatt érvényesül, mert a többi hét duzzasztómű mögött közvetlenül egy másik duzzasztott tér helyezkedik el.

Görgetett hordalék is csak a belépcsőzetlen osztrák Dunaszakaszon termelődhet, a szlovák határ feletti mintegy 70 km-en. Az itt észlelt évi 1-2 cm-es medersüllyedésből 200 m széles medret véve alapul évente 140.000-240.000 m<sup>3</sup> görgetett hordalék juthat a dévényi szelvényhez. Az, hogy ebből a mennyiségből mennyi jut Rajkához, vagy Dunaremetéhez, nemcsak az említett

adathiány és az újabb mérések csekély száma miatt nem becsülhető, hanem a Duna görgetett hordalékjárását legjobban befolyásoló második tényező, a fokozott ütemű mederkotrások miatt sem. Feltehető, hogy az osztrák szakaszon keletkező görgetett hordalék zöme nem jut a magyar szakaszra már csak azért sem, mert fennakad a Dévény-Csúny közötti szlovák folyószakaszon az utóbbi évtizedekben végzett különösen nagymértékű ipari mederkotrások gödreiben. Bár e gödrök visszatöltődési fokáról semmit sem tudunk, valószínű, hogy innen, valamint a Dunakiliti vízlépcső építkezésével kapcsolatosan felszakadt mederpáncélozódás helyeiről származhat az a finomabb szemcséjű görgetett hordalék, amit az 1989. évi méréseknél találtak.

Nem szabad elfelejteni azt sem, hogy a Rajka-Szob közötti szakaszon magyar-csehszlovák, a Szob-Budapest szakaszon pedig magyar ipari kotrások nagy ütemben folytak a 70-es és 80-as években. Ezek hatása kettős: egyrészt eltávolították a kialakult páncélozódott felső mederréteget és ezáltal megkönnyítették az alsóbb, finomabb szemcseösszetételű rétegek kimosását helyileg és időszakosan, azaz növelték a görgetett hordalékhozamot, másrészt viszont akkora térfogatú gödröket hoztak létre a mederben, amiket a Dunának az osztrák vízlépcsők és a Pozsony körüli kotrási gödrök jelenléte miatt jelentősen lecsökkent hordalékszállítása nem képes utánpótolni, feltölteni.

A lebegtetett hordalékhozamtól eltérően, a görgetett hordalékhozam nagymértékben csökken a folyó esésének csökkenésével. Ezt a tényt a vízlépcsők építése és az ipari kotrások megkezdése előtti időszak adataival lehet legjobban jellemezni, mert akkor még az esés szerepe uralkodó volt. 1955-ben, amikor Bogárdi évi 660.000 m<sup>3</sup>-re becsülte a Duna évi görgetett hordaléktérfogatát, ez Dunaremeténél már csak 103.000 m<sup>3</sup>/év, Dunaalmásnál 21.000, Nagymarosnál pedig csak 14.000 m<sup>3</sup>/év. Ha a számértékek mára már nem is érvényesek (a belépő érték biztosan sokkal kevesebb) a csökkenés aránya valószínűleg megmaradt.

### **11. A változások megjelenési módozatai:**

- verbális,
- táblázatos,
- rajzos

A változásokat szöveges, táblázatos és grafikus formában a 9. pontban jelenítettük meg.

### **12. A vizsgált környezeti elem változásainak minősítése (kedvező/kedvezőtlen tendenciák)**

A hordalékjárásban bekövetkezett és a fentiekben bemutatott változásoknak természetesen egyaránt vannak negatív és pozitív következményei. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy ezek a változások már hosszabb ideje fennállnak, illetve fokozatosan alakultak ki és az 1986-1992. időszakban végzett mérések eredményei csak alátámasztják azokat, valamint igazolják a változások meglétét a közelmúltban.

A lebegtetett hordalék töménységének fokozatos csökkenése önmagában nem tűnik nagynak, azonban figyelembe kell venni, hogy mindez egy olyan időszakban mutatkozik, amikor mind az évente szállított lebegtetett hordalék tömege, mind a lefolyt víz térfogata erőteljesen csökken. A kisebb hordaléktöménység a víz nagyobb átlátszóságát jelenti, így az erre érzékeny vízi organizmusok életfeltételei javulnak, legalább is az év egy részében, tartós kisvízkor, ami egyre gyakrabban egybeesik az év legmelegebb, napsugárzásban leggazdagabb időszakával.

A kisvizek gyakoriságának, de főleg tartósságának növekedése a víz széléhez közeli sávban hosszabb ideig teszi lehetővé az igen finom (iszap) szemcsefrakciók kiülepedését a lebegtetett hordalékból, így a kavics és homokos kavics meder kolmatációs folyamatai ebben a sávban megerősödhetnek. Itt két tényező hat egymással szemben, amelyek eredő hatását nem lehet megjósolni: a kiülepedésre alkalmas napok számának gyarapodása növeli, a

vízben található szilárd szemcsés anyagok tömegének csökkenése viszont csökkenti a kolmatáció mértékét.

A hordaléktöménység csökkenése egyértelműen megkönnyíti a dunamenti felszíni vízkivételek vizét kezelő telepek, berendezések üzemét, csökkenti a homokfogók, ülepitők terhelését. Mivel kevesebb a vízben lebegtetett 6 mikron alatti átmérőjű szemcsék száma is, feltehetően kevesebb olyan ipari szennyeződés (főleg nehézfém) jut a tisztítóművekbe, amelyeket a legfinomabb szemcse-frakciókhoz kötődve szállít a folyó.

A kisvizes időszakok megnövekedésének további következménye, hogy a vízzél tartósan eltávolodik befelé a partéltól, így a kolmatáció is a parttól és így a partiszürésű kutaktól távolabb játszódik le. Helyi vizsgálatokkal lehet eldönteni, hogy a kolmatált sáv helyének, a kutaktól mért távolságának változása hogyan befolyásolja a vízkivétel teljesítményét.

A középvízi mederben elhelyezkedő, hosszanti kotrési gödrök visszatöltődése lebegtetett anyaggal is meggyorsulhat a kiülepedésre alkalmas időszakok megnövekedésével, valamint az ülepedési úthossz megrövidülésével, azonban ezt a növekedést részben, vagy egészen kiegyenlítheti a víz hordalékszegényebb volta, hasonlóan a kolmatációnál előadott körülményekhez.

A görgetett hordalékszállítás drasztikus csökkenése bizonytalan időre elnyújtja a meglévő kotrési gödrök teljes visszatöltődésének folyamatát és teljesen ésszerűtlenné teszi újabb gödrök kotrását a középvízi mederben. A Rajka-Budapest közötti Duna-szakaszon a görgetett hordalékszállításban a helyi jelleg válik uralkodóvá: a gödrök meredeken hagyott végei, oldalai bemosódnak, lankásabbá válnak, így növelve a felülről ritkán, de mégis érkező hordalék által okozott lassú mederfeltöltődés ütemét. A ritka és viszonylag rövid levonulási idejű árhullámok kimosó hatása érvényesül a gödrökben összegyűlt laza mederanyagban és így egy részük kilépve onnan helyi görgetett hordalékmozgást kelt a gödör alatti szakaszon.

A kotrások bizonyos mértékig megváltoztatják a halak és más vízi élőlények életfeltételeit. Például a durva kavics mederfelszíni réteg eltünése kedvezőtlen az azt kedvelő halak, vagy a kavicsréteg pórusaiban lakó organizmusok számára. A 2-3 m mély kotrási gödrök viszont kedvező szaporodási és táplálkozási feltételeket, valamint téli szálláshelyet teremthetnek átmenetileg a gödröket és a finomabb szemcséjű mederanyagot kedvelő fajoknak. Másrészt a mélyebb kotrási gödrök fenekén lejátszódó anaerob bomlási folyamatok kedvezőtlenül befolyásolhatják a vízminőséget.

### **13. Az alkalmazott módszer további használhatósága, várható eredményessége a Felső-Duna monitoring rendszerében**

A lebegtetett és a görgetett hordalék mintavételének eszközei és módszerei nem olyan tökéletesek, kifinomultak, hogy további fejlesztésnek, javításoknak ne lenne helye, különösen a görgetett hordalék vonatkozásában. A hordalékjárás jövőbeni alakulásának nyomonkövetése, a változások minőségi és mennyiségi meghatározása elengedhetetlenül fontos a jelenben, amikor a Duna víz- és hordalékhozamának zömét elterelték a szigetközi folyószakaszról és a vízmegosztás későbbi várható alakulásának idején.

A lebegtetett hordalékminták vételére a palackos és a szivattyús módszer egyaránt megfelel, mégis célszerű lenne, ha a Rajka-Budapest közötti szakaszon illetékes két Vízügyi Igazgatóság megállapodásra tudna jutni és vagy az egyik, vagy a másik módszert alkalmazná mindkét szerv. Így fel sem merülhetne az a kérdés, hogy kell-e és miként kell javítani az egyik módon vett minták alapján számított hordaléktöménységeket, hogy azok összevethetők legyenek a másik módon vett mintákból számítottakkal.

Tekintettel arra, hogy a görgetett hordalék mozgásáról és hozamáról jelenleg csak becsléseink vannak, feltétlenül meg kell javítani a görgetett hordalék mintavétel megbízhatóságát. Erre

a legmegfelelőbb és legbiztosabb eljárásnak a rendelkezésre álló Károlyi-féle hordalékfogó további tökéletesítése látszik, elsősorban a vízalatti vízfényképezés segítségével. A módszer használhatóságát felsődunai viszonyok között az 1992. őszi végzett próbamérések bebizonyították. Be kellene szerelni egy, a hordalék-fogóra szerelhető, megfelelő fényérzékenységu és látószögü videokamerát, valamint a mérőhajó fedélzetén elhelyezendő képmegjelenítő és képrögzítő egységeket. A berendezést sorozatosan alkalmazni kellene a monitoring program keretében a jövőben végzendő görgetett hordalék mintavételek során és a hordalékfogó természetes viszonyok közötti viselkedésének alapos megismerése után végrehajtani a mérési pontosság és megbízhatóság növelése érdekében szükségessé váló szerkezeti és esetleg működtetési módosításokat.

Megfelelő számú mérési adat birtokában egyrészt ki lehet egészíteni az egyes monitoring állomásokra jelenleg érvényesnek elfogadott vízhozam-lebegtetett hordaléktöménység kapcsolatokat és ellenőrizni a kapcsolati görbék érvényességét, illetve meghatározni azok új alakját és helyzetét. A görgetett hordalék vonatkozásában új kapcsolati görbék előállítására a cél minél több monitoring állomásra. Ehhez azonban nagyszámú és minél tágabb vízhozamtartományban ismételt mintavételekre lesz szükség, ezért idő-igénye nagyobb, mint a lebegtetett hordalék esetében.

#### **14. Javaslatok szakterületenként:**

- a káros tendenciák megváltoztatására,
- a kedvező tendenciák fenntartására,
- a monitoring tevékenység folytatására/változtatására.

A lebegtetett és görgetett hordalékjárás szempontjából a meglévő monitoring állomásokon feltétlenül folytatni kell a mintavételeket. A három legfelső állomáson, Rajkánál, Dunaremeténél és Medvénél különösen fontos a vízelterelésből, illetve a jövőbeni vízmegosztásból eredő hatások kimutatása. A "C változat", azaz a csúnyi zsiliprendszer üzembehelyezése a felülről érkező lebegtetett hordalékot is megosztja az eredeti



meder és az üzemvízcsatorna között, így az említett három állomás adatainak összevetésével még akkor is képet nyerhetünk a megoszlás mértékéről és a bósi rendszerben maradó, ott leülepedő hordaléktömeg nagyságrendjéről, ha a szlovák oldalról nem kapunk mérési adatokat a rendszerbe lépő, a pozsonyi szelvényen áthaladó lebegtetett hordalékmennyiségről.

Amennyiben a szigetközi mellékágak vízpótlása valamilyen, a középvízi meder víz- és hordalékszállítását megváltoztató módon (fenékgát) történik, új monitoring mérési pontokkal kell bővíteni az adatgyűjtő hálózatot a külön erre a célra készült tanulmány ("A Duna-monitoring felülvizsgálata a Duna elterelésével és a Szigetköz vízpótlásával kapcsolatban") javaslatai szerint.

A görgetett hordalék vonatkozásában a csúnyi duzzasztó alatti, illetve a nagyobb kotrási gödrök környezetében előálló hordalékhozam meghatározása a cél, valamint vízhozam-görgetett hordaléktöménység összefüggések felállítása minél több állomásra. Ehhez a mintavevő és a mérési módszer továbbfejlesztésére lesz szükség az előző fejezetben említett videofelvételek segítségével. A mellékágak középvízi mederből történő vízellátása esetén a görgetett hordalék mintavételi pontok száma is szaporodik, ugyancsak a fenti tanulmányban részletezett javaslatok szerint.

Mindkét hordalékfajta mintázása esetében rendkívül fontos a mérések időpontjának és az ismétlések időszakában helyes megválasztása. Ugyanannyi adat sokkal több felvilágosítással szolgálhat a kiértékelő számára, ha azok a hordalékjárásra legjellemzőbb időpontokra vonatkoznak. A legmegfelelőbb időpontok kiválasztása a hordalékmérésekben jártas és az adott folyószakaszt jól ismerő mérnök/hidrológus feladata.

**Felhasznált irodalom:**

- Bogárdi J.: Vízfolyások hordalékszállítására. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1971
- Rákóczi L.: Das Schwebstoff- und Geschieberegime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer /A Duna és főbb mellékfolyói lebegtetett és görgetett hordalékjárása/. Die Donau und ihr Einzugsgebiet. Folgeband I. A Dunamenti Országok Hidrológiai Együttműködése, Budapest 1992.
- Rákóczi L. - Szekeres J.: Hidrológiai és medermorfológiai vizsgálatok a Duna felső szakaszán és a szigetközi ágrendszerben. 3. Függelék. Víz- és Hordalékjárás. VITUKI Összefoglaló jelentés, Tsz:6831-5/1/2400-1, Budapest, 1993.

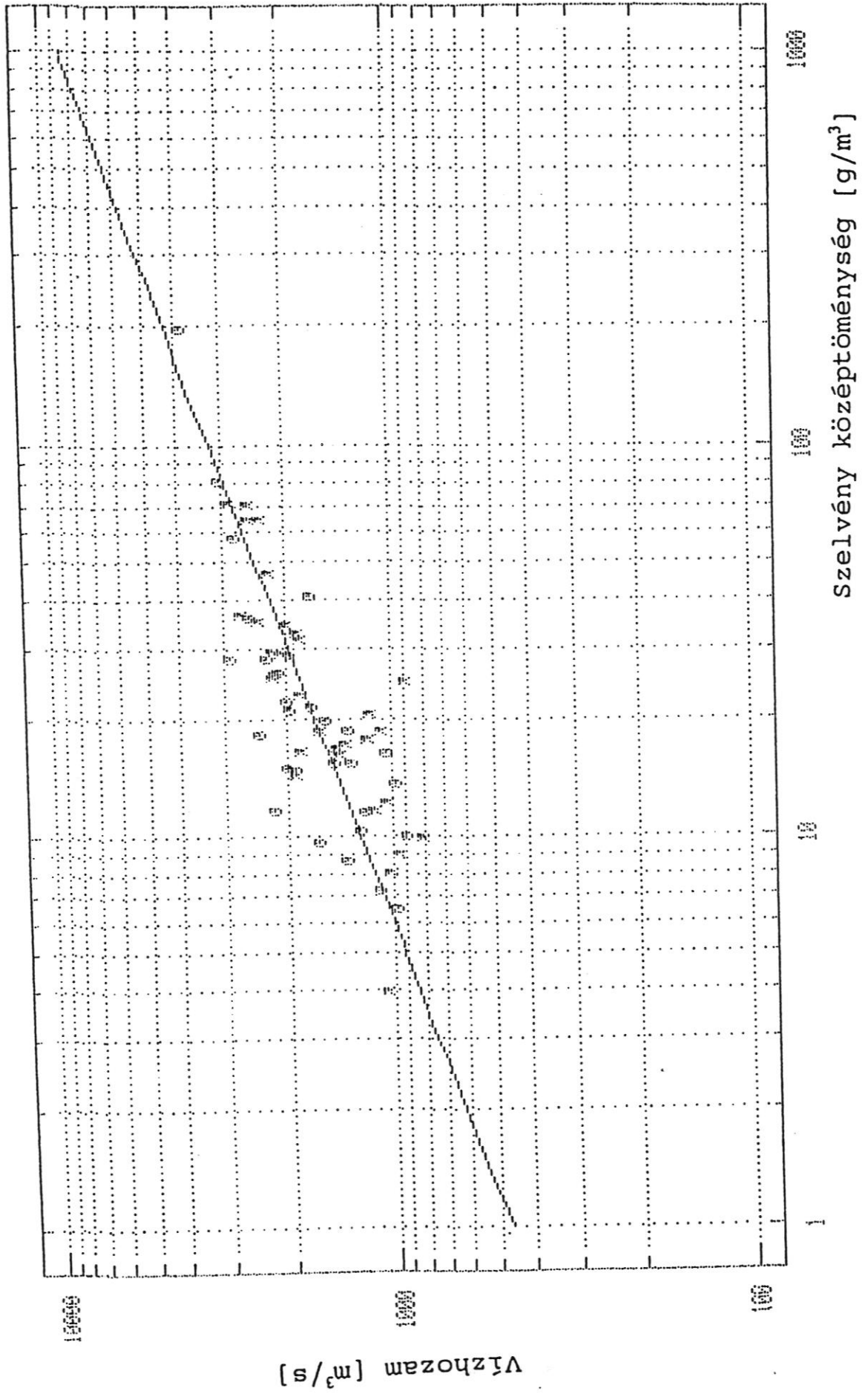
A HORDALÉKMÉRÉSEK SZÁMA A DUNA RAJKA-BUDAPEST  
KÖZÖTTI SZAKASZÁN 1986-TÓL 1992-IG

Mérőállomás	Lebegtetett hordalékmérés	Görgetett hordalékmérés
Rajka	30	4
Dunaremete	32	5
Medve	27	2
Dunaalmás	29	-
Nagymaros	30	4
Budapest	26	-

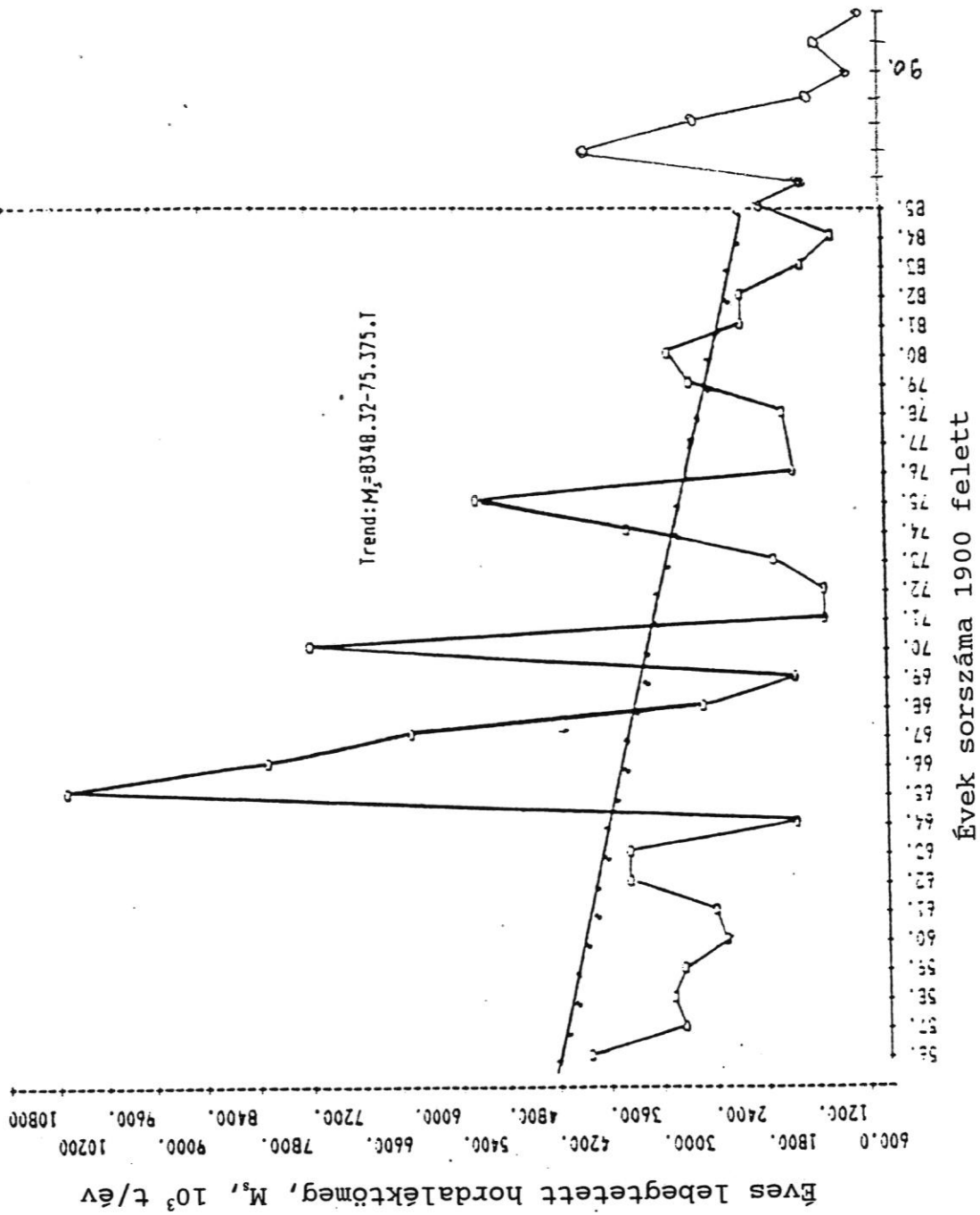
## ÁBRÁK

- 1.ábra: A vízhozam és a lebegtetett hordalék középtöménységének kapcsolata Rajkánál
- 2.ábra: A Rajkánál évente szállított lebegtetett hordaléktömeg alakulása 1956 és 1992 között (Rákóczi, 1993)
- 3.ábra: A vízhozam és a lebegtetett hordalék középtöménységének kapcsolata Dunaremeténél
- 4.ábra: A vízhozam és a lebegtetett hordalék középtöménységének kapcsolata Medvénél
- 5.ábra: A vízhozam és a lebegtetett hordalék középtöménységének kapcsolata Dunaalmásnál
- 6.ábra: A vízhozam és a lebegtetett hordalék középtöménységének kapcsolata Nagymarosnál
- 7.ábra: A vízhozam és a lebegtetett hordalék középtöménységének kapcsolata Budapestnél
- 8.ábra: Az évente szállított lebegtetett hordaléktömegek változása a magyar Duna-szakaszon, valamint a nagymarosi szelvényen évente átfolyt víztérfogat alakulása 1956 és 1992 között (Rákóczi, 1993)
- 9.ábra: A görgetett hordalékhozam összefüggése a vízállással Dunaremeténél (Bogárdi, 1971)

1. ábra. A vízhozam és a lebegtetett hordalék középhőmérsékletének kapcsolata Rajkánál

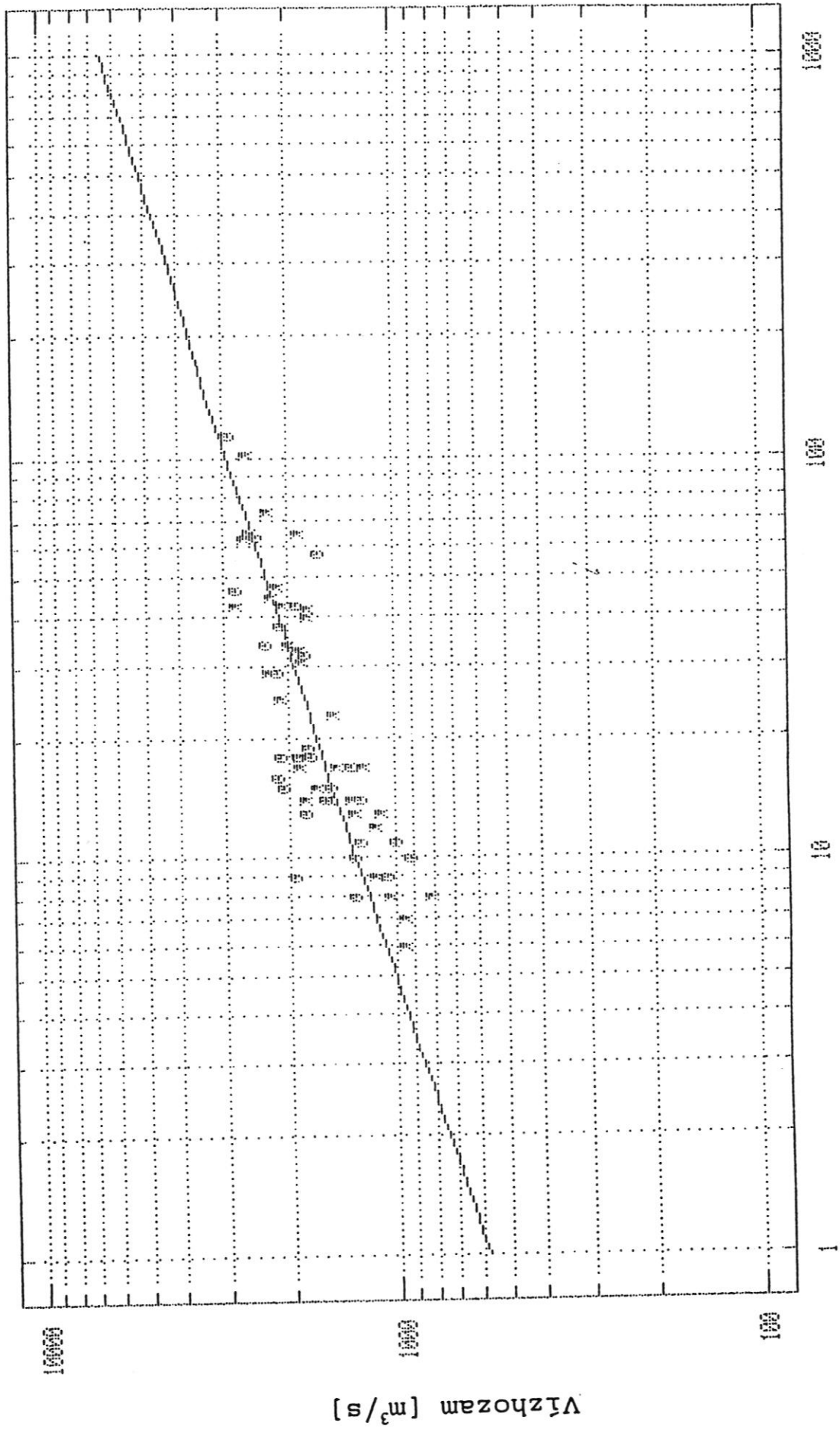


A Rajkánál évente szállított lebegtetett hordaléktömeg alakulása 1956 és 1992 között (Rákóczi, 1993)



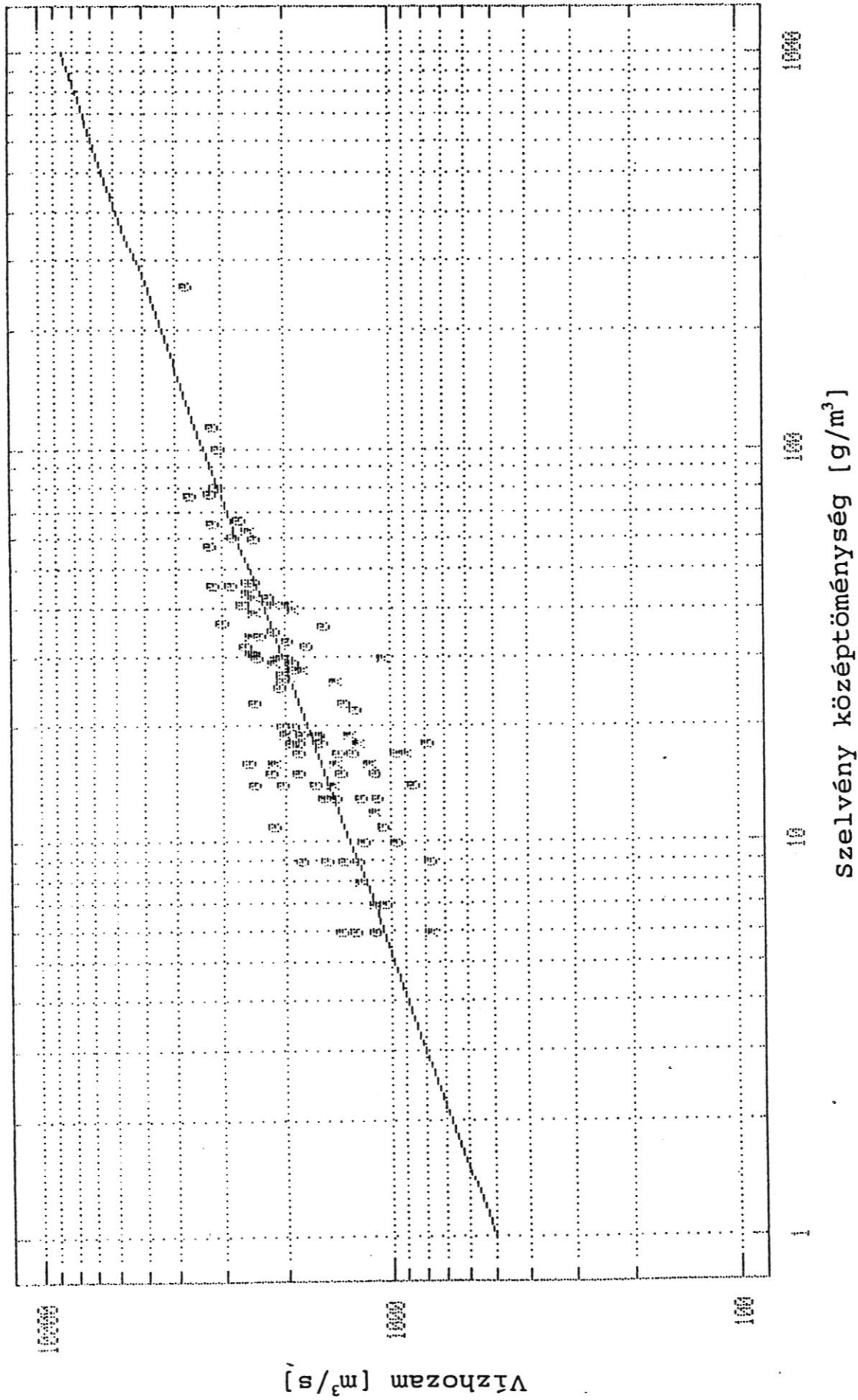
2. ábra.

A vízhozam és a lebegtetett hordalék  
középtöméségének kapcsolata Dunaremeténél



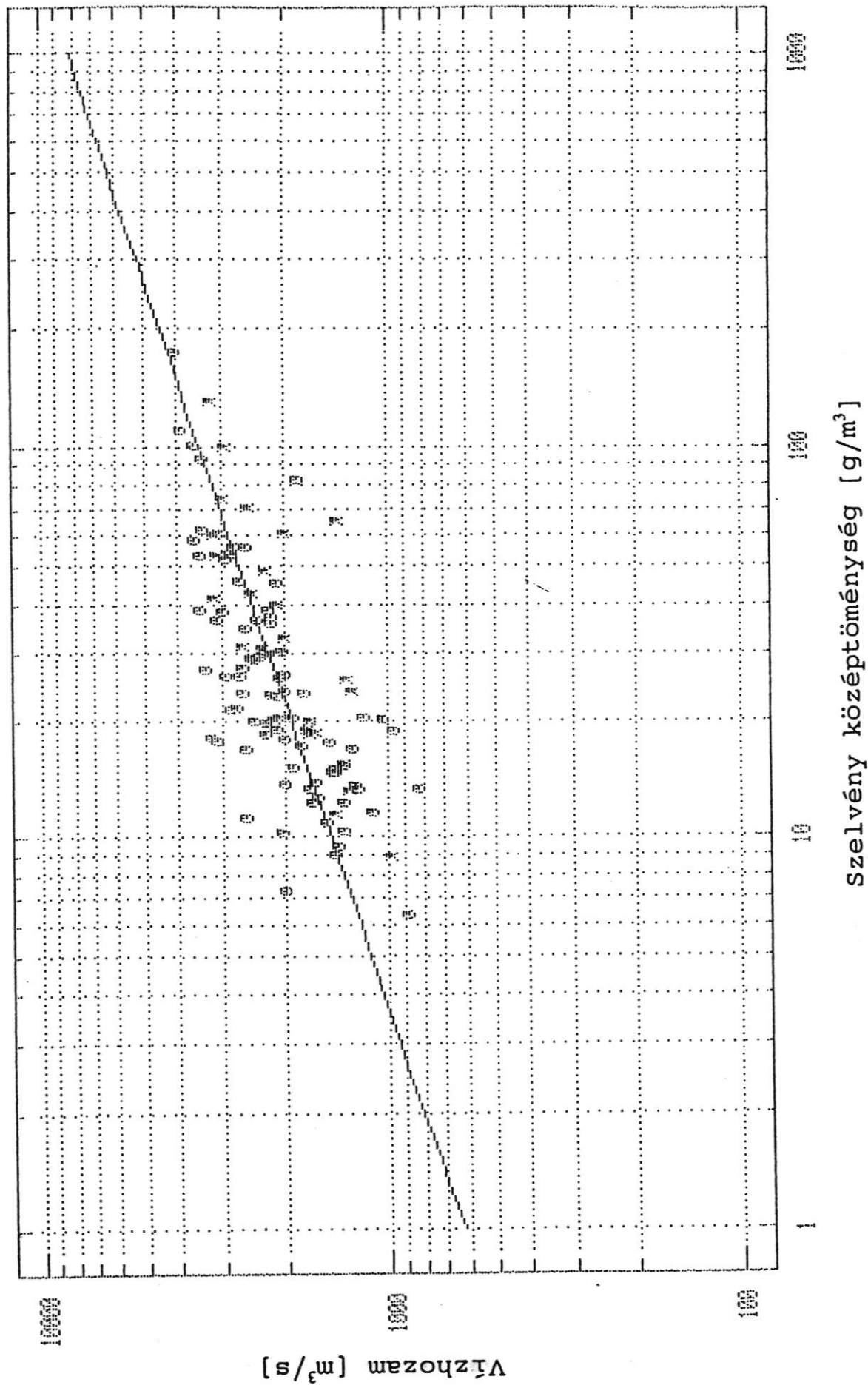
3. ábra. szelvény közepétöménység [ $\text{g}/\text{m}^3$ ]

4. ábra. A vízhozam és a lebegtetett hordalék központoménységének kapcsolata Medvénél

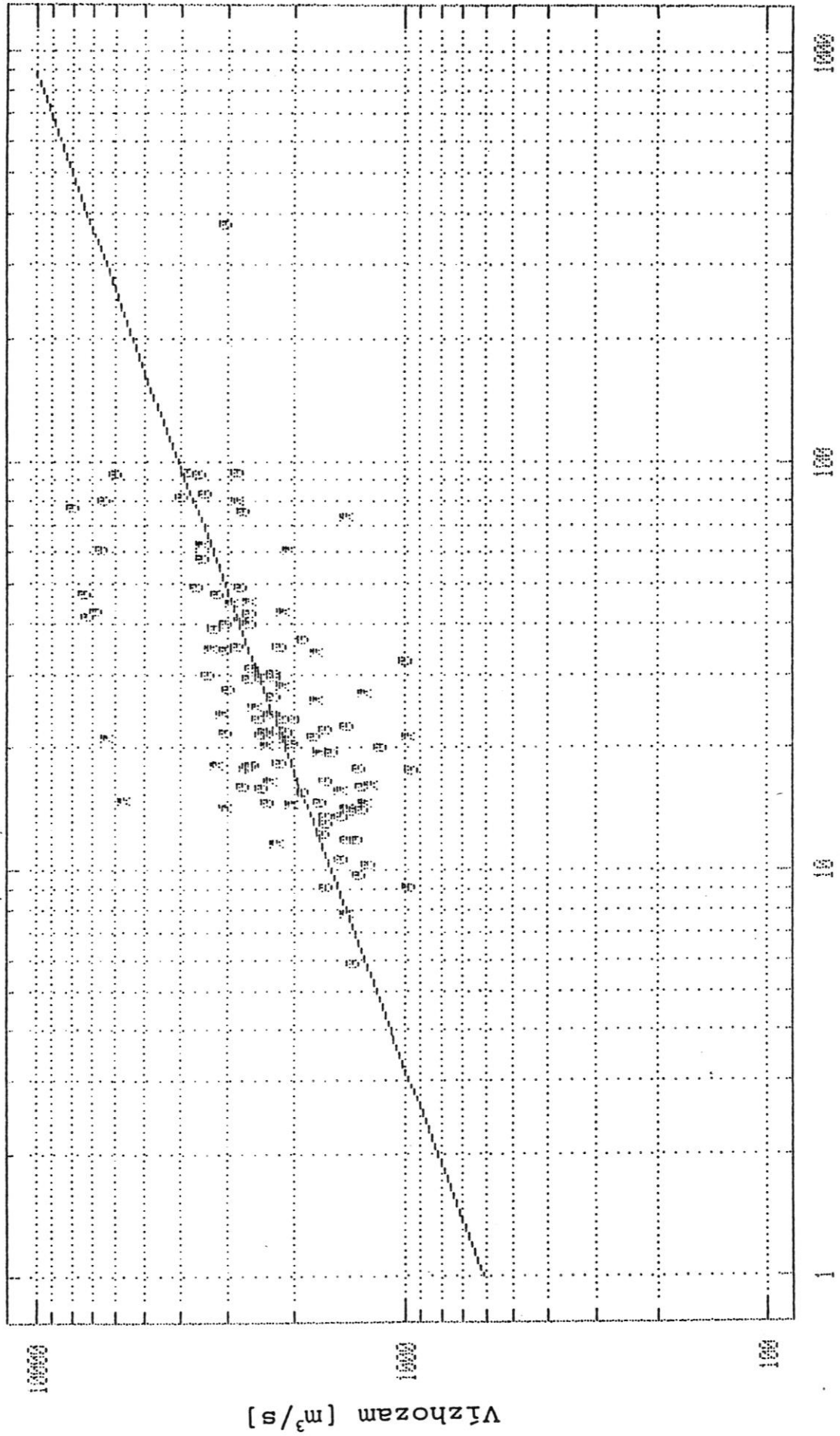




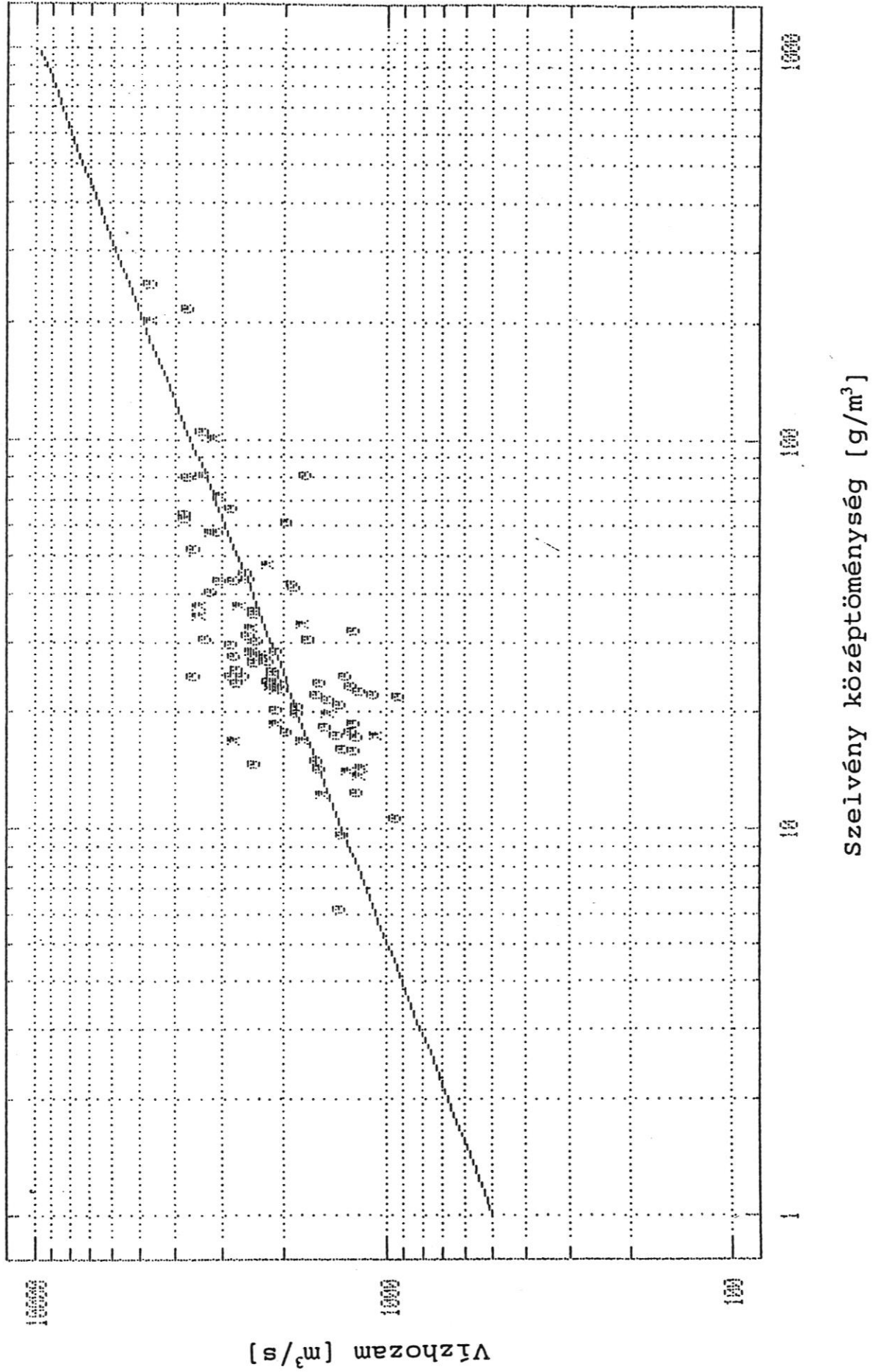
5. ábra. A vízhozam és a lebegtetett hordalék  
középtöménységének kapcsolata Dunaalmásnál



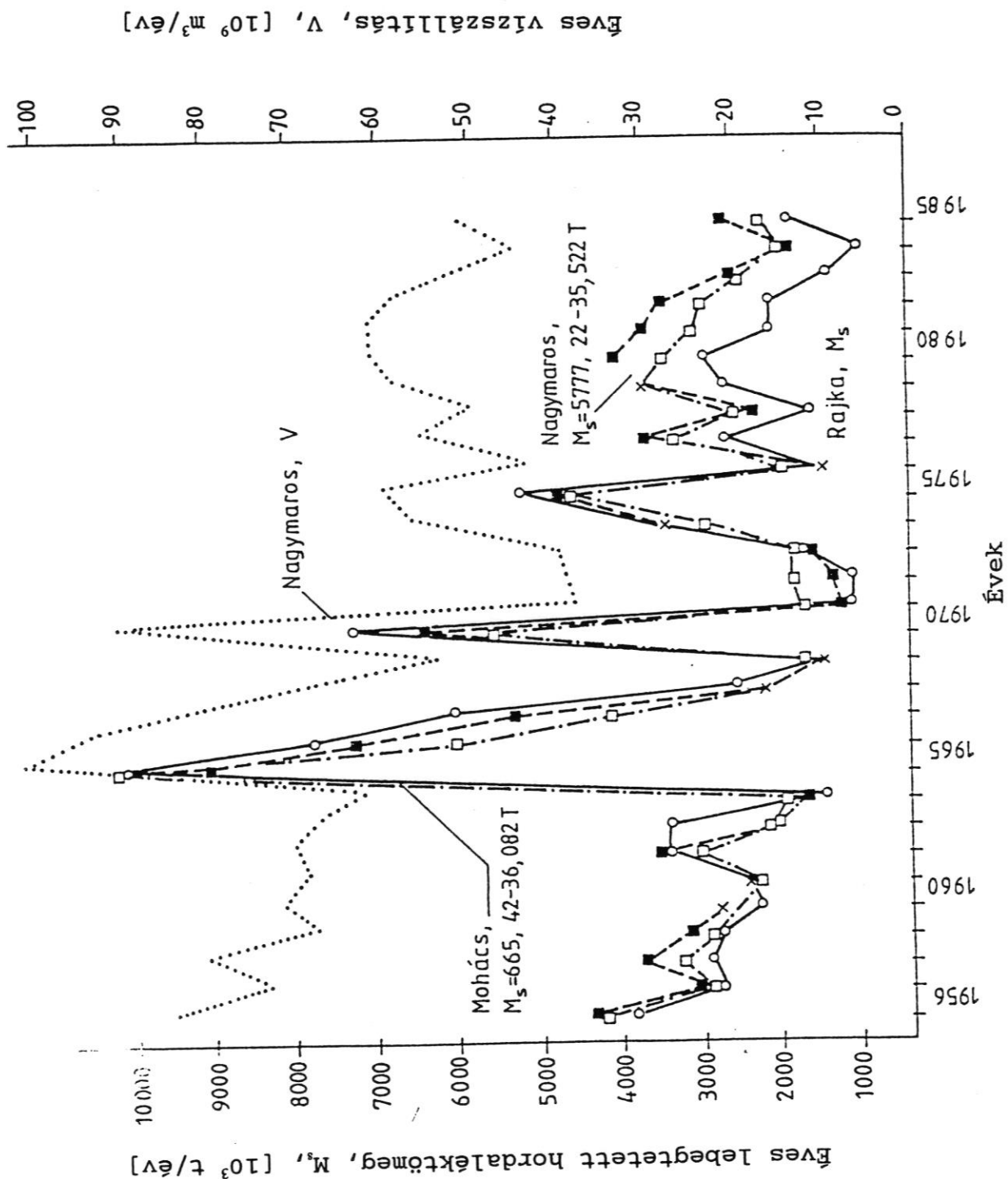
6. ábra. A vízhozam és a lebegtetett hordalék  
középtöménységének kapcsolata Nagymarosnál



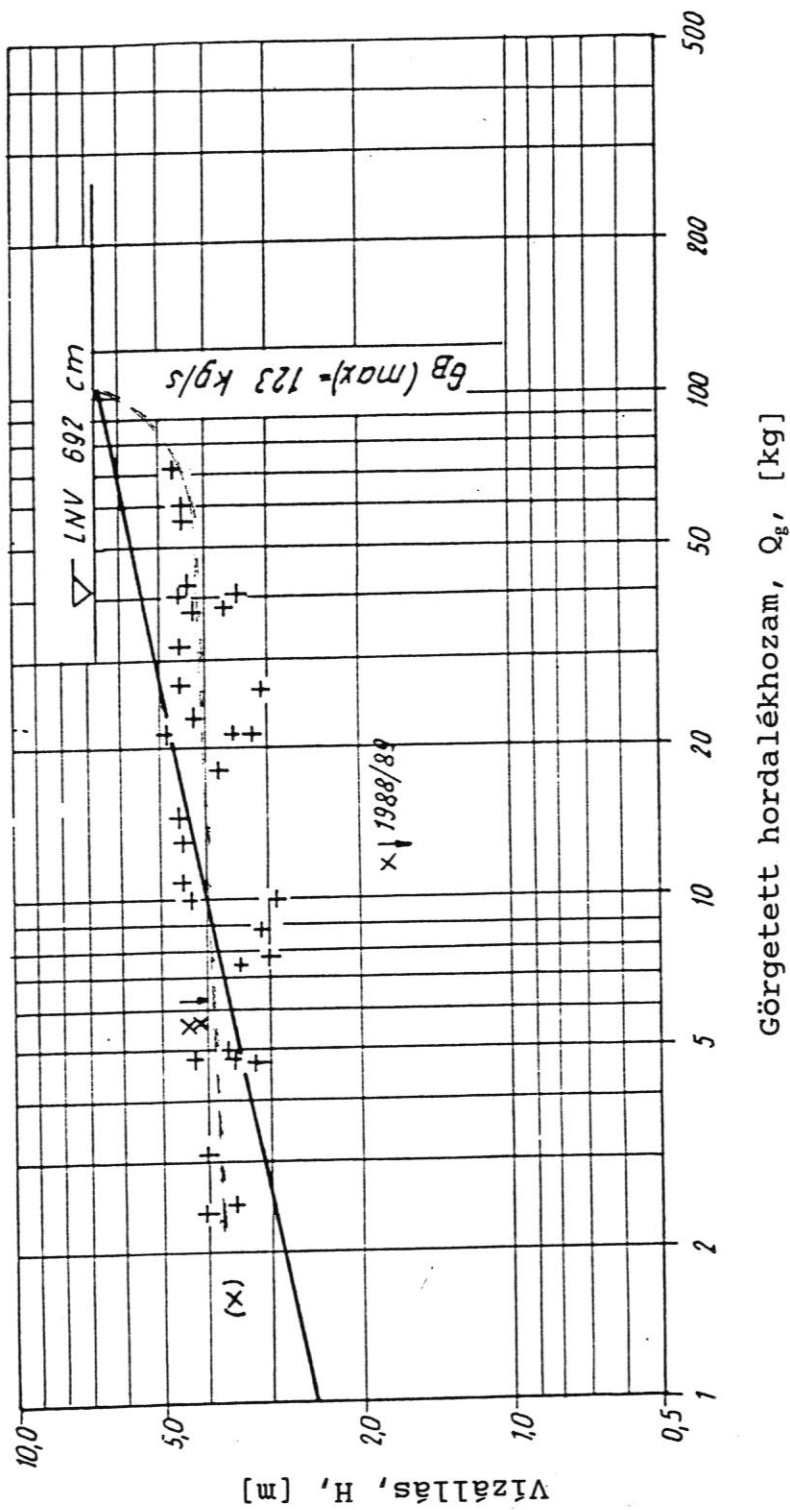
7. ábra. A vízhozam és a lebegtetett hordalék közpöntöménységének kapcsolata Budapestnél



8. ábra. Az évente szállított lebegtetett hordaléktömegek változása a magyar Duna-szakaszon, valamint a nagymarosi szelvényen évente átfolyt víztérfogat alakulása 1956 és 1992 között (Rákóczi, 1993)



9. ábra. A görgetett hordalékhozam összefüggése a vízállással Dunaremeténél (Bogárdi, 1971)



Görgetett hordalékhozam,  $Q_g$ , [kg]