

SZÉKFOGLALÓK A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁN

HASZPRA OTTÓ

NÉHÁNY HIDRAULIKAI  
PROBLÉMA  
A VÍZÉPÍTÉSBE

---



1825

Szerkesztő  
GLATZ FERENC

Olvasószerkesztő  
Pótó János

ISBN 963 508 206 1  
ISSN 1419-8959

Kiadja  
a Magyar Tudományos Akadémia, 2000  
Felelős kiadó: Szabó B. István  
Kiadói szerkesztő: Burucs Kornélia  
Nyomdai előkészítés: MTA Történettudományi Intézete kiadványcsoportja  
Tördelő: Csányi Attila  
Nyomdai munkálatok: AKAPRINT Nyomdaipari Kft.  
Felelős vezető: Freier László ügyvezető igazgató

Haszpra Ottó  
az MTA levelező tagja

# Néhány hidraulikai probléma a vízépítésben

Elhangzott 1999. április 29-én

**B**evezetőként mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani a Magyar Tudományos Akadémiának azért a megtiszteltetésért, hogy levelező tagjává választott. Illő azonban, hogy egyúttal megemlékezzek azokról a kiváló emberekről is, akik egyéniségem és érdeklődési köröm kialakulásához – és ezzel további pályafutásom eredményességéhez – meghatározóan hozzájárultak, és akik, sajnos, már nincsenek az élők sorában.

Gondolok elsősorban szüleimre, akiknek kitartó áldozatvállalása tette lehetővé, hogy iskoláimat elvégezhessem. A Szent István téri elemi iskolában három kitűnő tanító – a mindig kedves Ivanics Ilma néni, a „szigorú, de igazságos” Dorombay Endréné (Manci néni) és Szupkay Imre (Imre bá’) cserkészparancsnok –, a Bolyai, majd az azt magába olvasztó Berzsenyi Gimnáziumban – számos más, mély hivatástudattal nevelő tanárom mellett – Tóth József cserkészparancsnok, Lányi Ernő magyar-, Törös Béla történelem-, Cser Imre fizikatanár és – bár személyesen nem ismertem, de kitűnő fizikatankönyve révén – Öveges József gyakorolták rám a legmélyebb hatást. Az utóbbi kettő ébresztette fel vonzódásomat a mérnöki pálya iránt. A műegyetemen a matematikus Egerváry Jenő kiváló előadásai és a vízépítő Németh Endre sokoldalú tudása nyűgöztek le elsősorban. Első munkahelyemről, az egykori Közlekedési Műszaki Egyetemről a széles kultúrájú Kovács Vilmos dékánhelyettest, második munkahelyemről, a VITUKI-ból a kutatói pályám szabad kibontakozását támogató Bogárdi János későbbi akadémikust és a már kortársamnak számítható, kiváló kísérletező Györke Olivér barátomat kell hálával felidézniem.

Köszönettel tartozom azonban azoknak a felsorolhatatlanul nagyszámú és szerencsére még élő s részben még igen aktív évfolyamtársaimnak, tanárainak, közvetlen vagy közvetett főnökeimnek, munkatársaimnak, beosztottaimnak is, akik – idehaza és külföldön – tudásukkal, közreműködésükkel, lehetőségek biztosításával és jó légkör teremtésével segítettek és segítik tudományos, szakmai és oktatási tevékenységemet. Bizonyára nem érzi magát senki mellőzve, ha a legkiválóbbat mégis név szerint említtem: Mosonyi Emil akademikust.

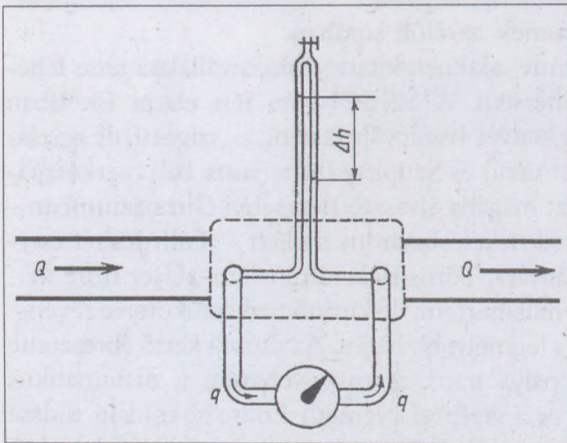
\*

A következőkben csak a hidraulika és a vízepítés területére eső érdekesebb kutatásaimról szeretnék beszámolni, amelyek részben az utóbbi négy év-tizedben folytak, részben – hogy tréfás hangzatossággal szóljak – már átnyúlnak a harmadik évezredbe.

## 1. Vízhozam- és vízmennyiségmérés

### 1.1. Mellékáramú vízmennyiségmérés kvadratikus vízhozam-egyenletű bukóval (Haszpra 1964a, 1965b,d)

A mellékáramú vízmennyiségmérés (vízhozam-összegező mérés) jól ismert módszer volt csövekben, illetve nyomás alatti nyílásokon keresztülfolyó víz mérésére (1. ábra). Az 1960-as évek elején vetettem fel magamnak a kérdést,



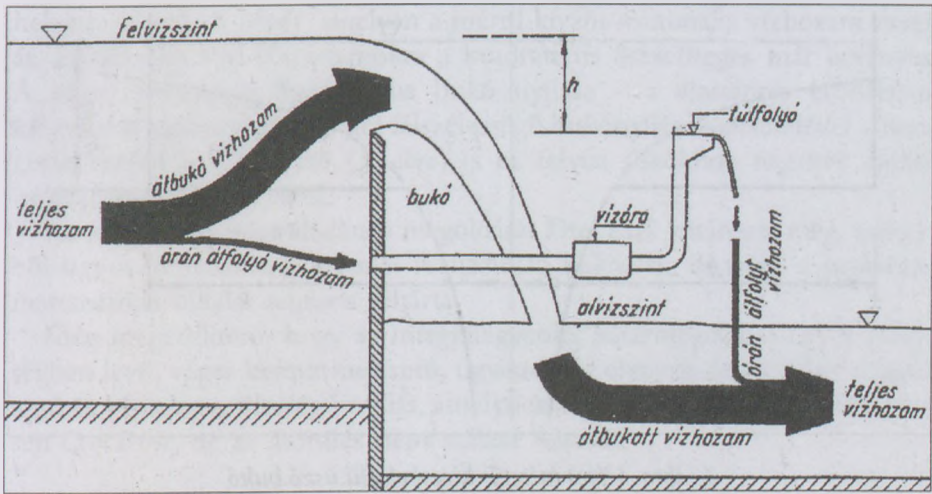
1. ábra. Csőben áramló vízmennyiség mellékáramú mérése. A szaggatva körülhatárolt rész valamilyen nyomásszintkülönbséget létrehozó elem: mérőperem, Venturi-cső, könyökcső stb.

lehetne-e ezt a módszert szabad felszínű vízfolyásokban a szabad vízfelszín megszakítása – vagyis az esetleges uszadék megakasztása – nélkül is alkalmazni (2. ábra).

Kézenfekvőnek látszott, hogy ezt egy

$$h = CQ^2$$

kvadratikus vízhozamegyenletű bukó felvíze és egy olyan túlfolyó közé kapcsolt vízmérő órával lehetne megvalósítani, melynek vízszintje egyezik a bukóél alsó pontjának (illetve vízszintes élének) szintjével,

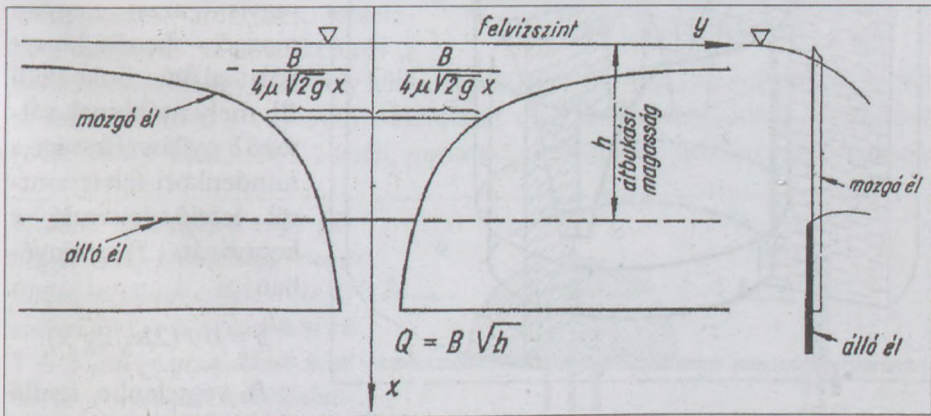


2. ábra. Bukón átömlő vízmennyiség mellékáramú mérése

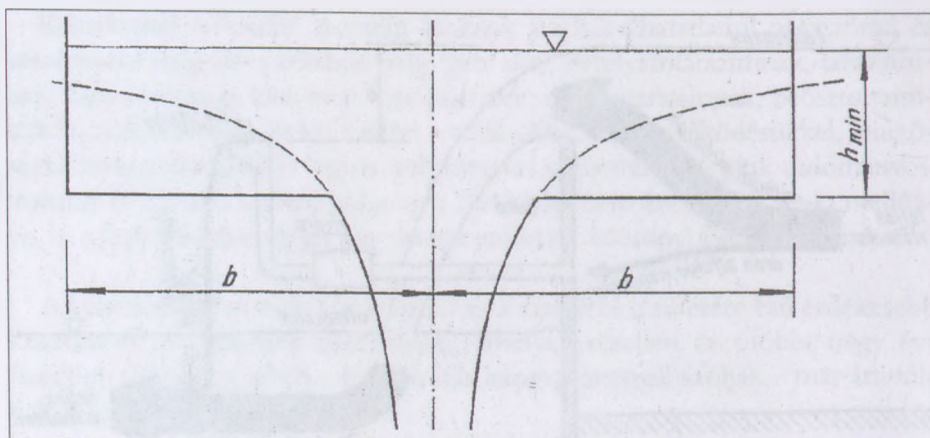
mivel a közönséges vízmérő órák által okozott esésveszteség közelítőleg a vízhozam négyzetével arányos. A kvadratikus bukó nyílásának változó  $b$  szélességét meghatározza a

$$(Q =) \quad Bh^{1/2} = \mu \sqrt{2g} \int_0^h b(x) \sqrt{x} \, dx$$

integrálegyenlet, ahol  $Q$  az átbukó vízhozam,  $C$ , illetve  $B$  valamely tetszőlegesen adott  $(Q, h)$  értékpárral előírt arányossági együtthatók (például

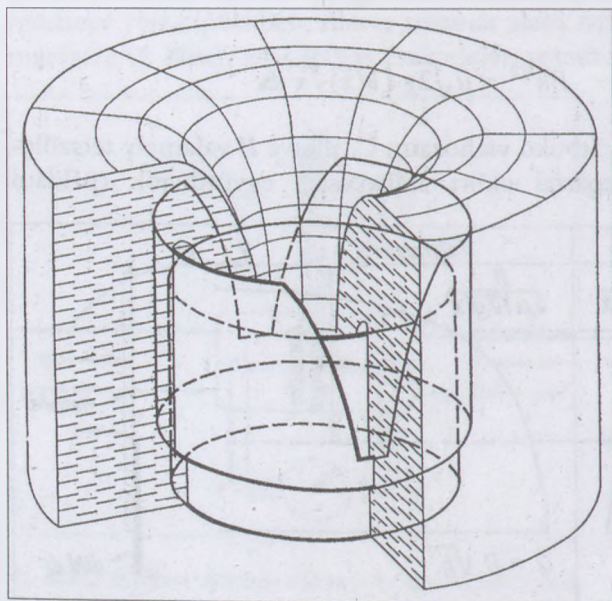


3. ábra. Kvadratikus vízhozam-egyenletű, hiperbolaélű úszó bukó



4. ábra. Véges méretű, hiperbolaélű úszó bukó

$B = C^{1/2} = Q_{\max} / h_{\max}^{1/2}$ ,  $x$  a felvízszint alatti mélység,  $h$  az átbukási magasság a bukóél legalsó pontja felett,  $b$  a bukónyílásnak  $x$  függvényében változó szélessége,  $g$  a nehézségi térerősség,  $\mu$  a bukó vízhozamátényezője.



5. ábra. Hengerbe vágott, véges méretű, hiperbolaélű úszó bukó

Az integrálegyenlet gyakorlatban megvalósítható megoldása (3. ábra) egy vízszintes fix bukóélből és egy, vízszintes aszimptotájával a felvízszinthez kötött – vagyis azzal együtt mozgó – kettős hiperbola alakú bukóélből áll, mely utóbbinak változó  $b$  nyílásszélessége a mindenkor felvízszinttől lefelé irányuló  $x$  koordináta függvényében:

$$b = B / (2\mu\sqrt{2g x}).$$

A végtelenbe nyúló él felső szakasza véges szélességű négyszöggel

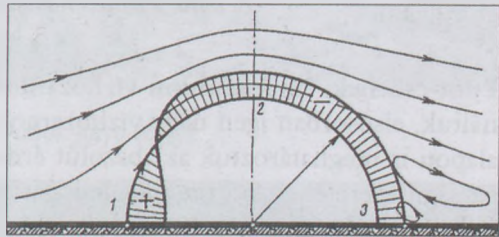
helyettesíthető (4. ábra), amelyen a mérni kívánt minimális vízhozam megy át. Ennél nagyobb vízhozamokra a kvadratikus összefüggés már érvényes. A véges szélességű kvadratikus bukó nyílása – a vízszintes erőhatások kiegyensúlyozása végett pl. két félszélességű bukónyílás összetételével – hengerfelületből is kivágható (5. ábra), s ez felvízi úszókhoz rögzítve együtt mozoghat a felvízzinttel.

Az integrálegenlet általános megoldását Dux Erik határozta meg, amelyből ugyan nem származott más realizálható bukóalak, de ezzel a probléma matematikai oldalát teljesen feltárta.

Még megemlítem, hogy az integrálegenlet határmegoldása egy  $h$  mélységben levő, véges keresztmetszetű, ugyanakkor elenyészően kicsiny magasságú és végtelen szélességű nyílás, amelynek vízhozamegyenlete természetesen  $Q = B\sqrt{h}$ , de az átömlés nem szabad felszínű.

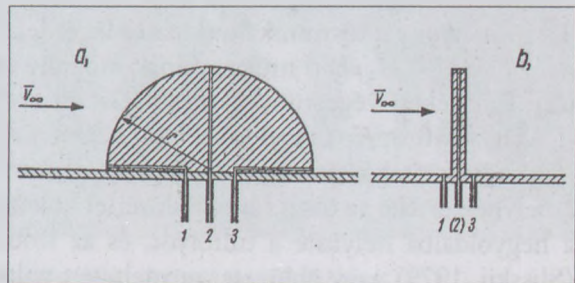
### 1.2. A felületi mérőfej (Haszpra, 1963, 1964a,b, 1965a,d)

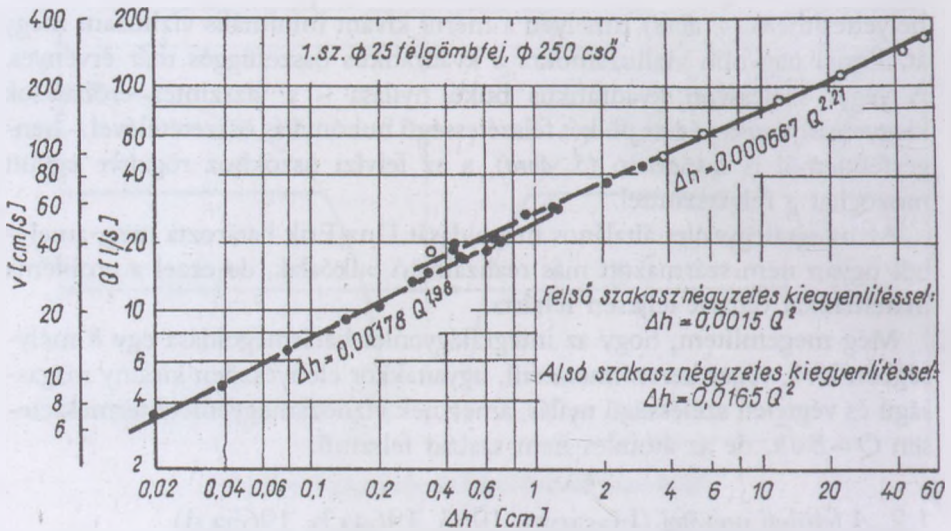
A felületi mérőfej elnevezésű, a VITUKI-ban kidolgozott szolgálati találmányom csövekben, illetve cső vagy csatorna alakú műtárgyak belső falán elhelyezhető, viszonylag kis méretű, ezért mérési energiavesztéseket gyakorlatilag nem okozó, félgömb, félhenger vagy torlasztólap alakú kiemelkedés, amelynek közelében módosul az áramkép és a nyomáseloszlás, így valamely két pontja közötti nyomásszintkülönbség mérése lehetővé teszi a vízhozam számítását vagy akár elektronikus összegzését (6–8. ábra). Hitelesítés esetén pontossága megfelel például egy szokásos



6. ábra. Az áramkép és a nyomásszint-változás jellege falra erősített félgömb körül turbulens áramlásban

7. ábra. a) Félgömb vagy félhenger és b) torlasztólap alakú felületi mérőfejek csőfalán. Az a) esetben az 1 és 2, a b) esetben az 1 és 3 jelű megcsapolások közt mérik a nyomásszintkülönbséget. A  $v_x$  a mérőfej jelenléte nélküli sebességet jelöli





8. ábra. Felületi mérőfej hitelesítési ábrája

Pitot-csőnek, laboratóriumi vízhozammérési igények kielégítésére is használtuk, elsősorban igen nagy vízhozamokhoz. (Vízhozamegyenletét elméleti alapon is meghatároztuk az abszolút érdesség, a csőátmérő és a mérőfejmagasság ismeretében, a Prandtl-féle logaritmikus sebességeloszlási összefüggés felhasználásával.)

## 2. Energiatörés

### 2.1. A duhoki völgyzáró gát árvízi túlfolyója és törttengelyű csillapítómedence-rendszere (Haszpra–Kalina–Papp, 1982; Papp, 1993; Hayde, 1995)

Tudományos exportmunkáim közül a legérdekesebb az iraki duhoki völgyzárógátas tározó (9–11. ábra) műtárgyainak modellvizsgálata volt, amelyet a Vízépítési Tanszéken végeztünk el 1980–82-ben.

Már a 810 m<sup>3</sup>/s víznyelésű tölcéses árvízi túlfolyó körbukója felvízi környezetének átalakításával (12. ábra) megtakarítottunk annyi sziklamunkát, amelynek értéke az összes modellkísérlet költségét fedezte. A tervező ugyanis a hegyoldalba helyezte a túlfolyót, és az irodalomban megszokott módon (Sliszkij, 1979) nagy öblözetet termeltetett volna ki körülötte a sziklából. Mi





9. ábra. A Duhok folyó völgye



10. ábra. A duhoki völgyzáró gát építés közben

Völgyzáró gát részüje

Árvízi túlfolyó körbukója

Fenékleürítő torony

Víz kivételi mű



11. ábra A duhoki tározó 1:50 méretarányú modellje az egyes műtárgyakkal.  
(A középső, kereszt alakú oszlop csak az áthidaló pallók alátámasztására szolgál)



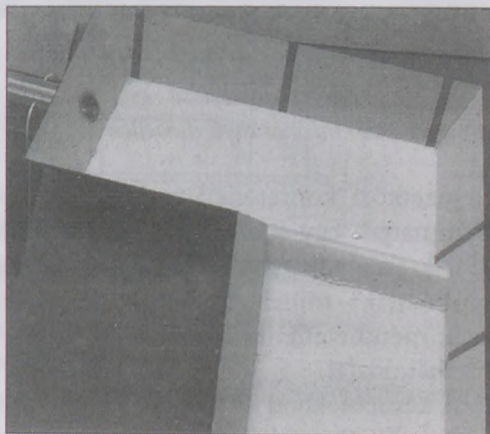
12. ábra. Áramképek: balra az öblözetes, jobbra az öblözet nélküli árvízi túlfolyó felvízi környezetében

megállapítottuk, hogy az öblözet java része holtter, elhagyása nem befolyásolja észlelhetően a túlfolyótölcsér kapacitását, vagyis teljesen fölösleges. Ezért javasoljuk a túlfolyó 10 méterrel beljebb helyezését és a hegyoldalnak egy pusztán sík rézsűvé való csekély lenyesését.

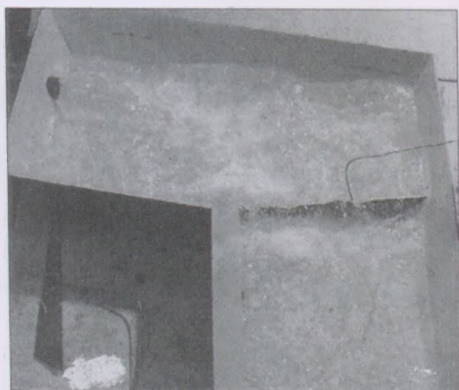
A túlfolyó 70 m magas ejtőaknáján (13. ábra) és az azt követő, kb. 400 m hosszú alagúton ugyancsak javasoltunk módosításokat – pl. a kavitáció elkerülésére –, de hidraulikailag legérdekesebbnek és leginkább újszerűnek az alagutat követő, két medencéből álló *törttengelyű energiatörő műtárgy* kialakítását tekintem. A bolgár tervezők eredeti elgondolású – az irodalomban (US Bureau..., 1965; Grišin, 1979) nem szereplő – változata (14. ábra) a műtárgyból az alvízi mederbe való kilépés bal oldalán + 10 m/s, jobb oldalán – 3 m/s sebességet eredményezett. Ezt a természetes kőgörgeteges alvízi meder sem bírhatta volna. Vizsgálataim során a beömlő alagút excentrikus elhelyezésével, a felső medence oldalbukója tengelyirányának megváltoztatásával és ez utóbbi eredetileg vízszintes koronájának megfelelő lejtősítéssel (15–17. ábra) el lehetett érni, hogy kis és nagy árvizeknél egyaránt homogénnek tekinthető sebességeloszlású, 4...5 m/s sebességű áramlással lépjen ki a víz a



13. ábra. A túlfolyó aknájának végleges változata



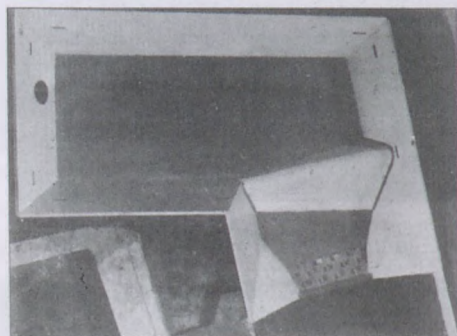
14. ábra. Az energiatörő medencerendszer első változata (1:140 méretarányú modell)



15. ábra. Előkísérletek az 1:140 méretarányú modellen

második energiatoró medencéből a természetes alvízi folyómederbe (18. ábra). Egyébként a medencében kialakuló fenéknyomás- és fenéksebesség-vizsgálatok alapján azt is meghatároztuk, hogy a medencefenék építésénél mely területeken mekkora érdeesség engedhető meg a kavitációs erózió elkerülése céljából (19. ábra).

Ezzel a megoldással nagy sikert arattunk az iraki kormány nemzetközi szakértő bizottsága előtt és a *British Hydromechanics Research Association*



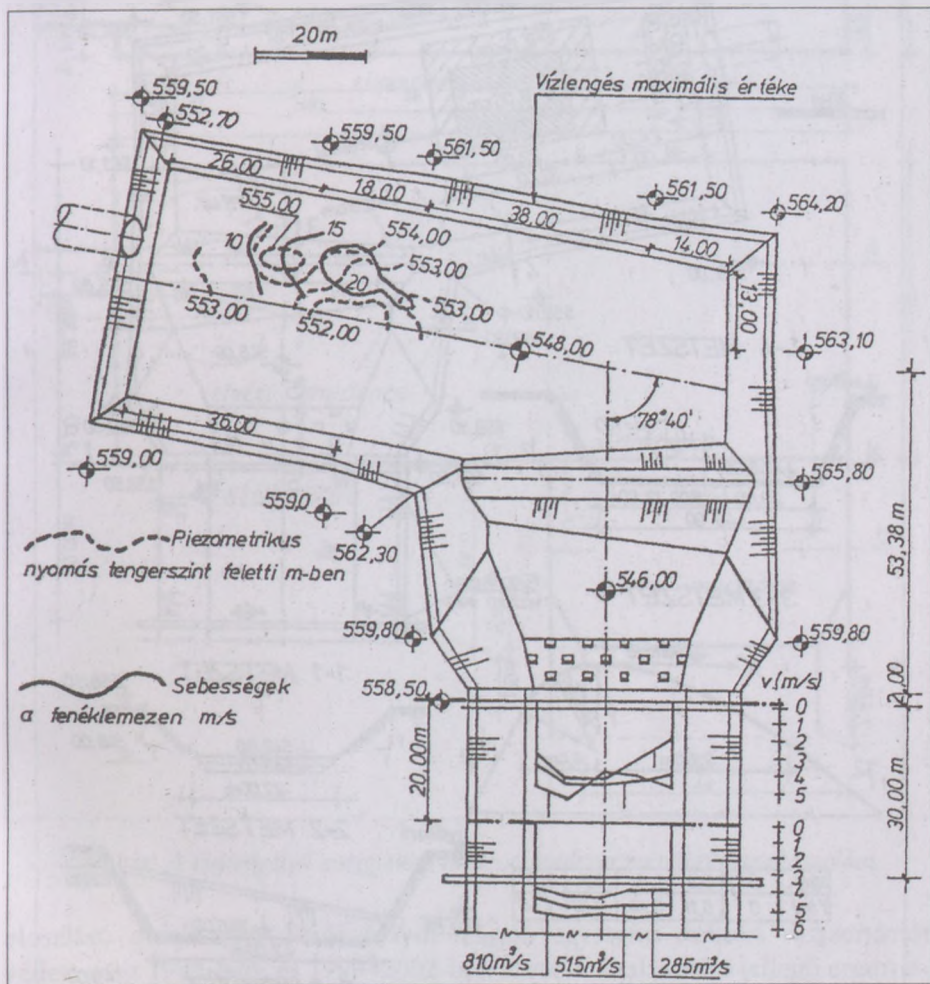
16. ábra. Az energiatoró medencerendszer végleges kialakítása az 1:50 méretarányú modellen



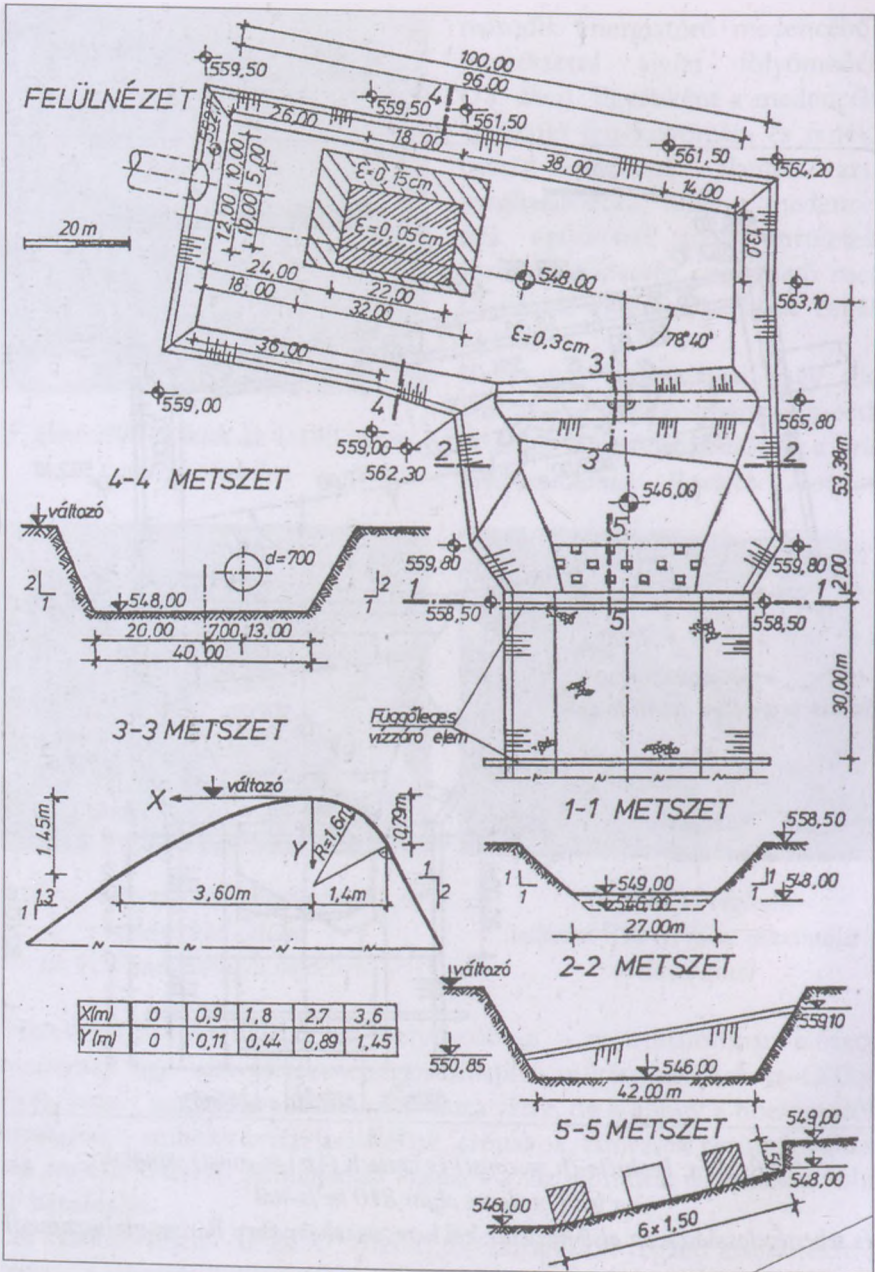
17. ábra. A végleges változat 810 m<sup>3</sup>/s-os maximális vízhozamnál

nemzetközi konferenciáján is, mely utóbbin – az irodalomban először – bemutattak egy iránytöréses energiacsillapító műtárgyat (Ackers–O'Garra, 1982), amely nagyon szellemes volt tiszta vízre, de – ahogy a hozzászólók is rámutattak – mihielyt árvízi uszadékok, csónakok, fatörzsek kerültek volna rá, ezek menthetetlenül fennakadtak volna, s a víz elöntötte és kimosta volna a gát hátoldalát.

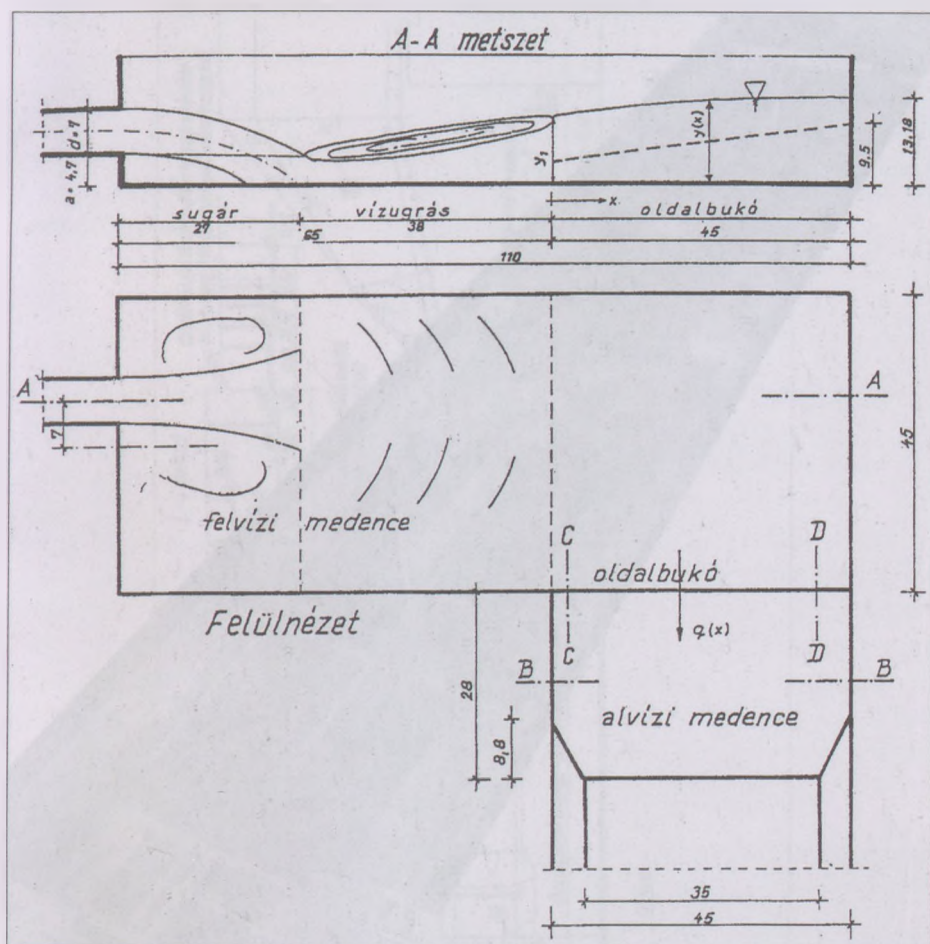
A későbbiekben – 0° és 90° közötti törésszögekkel végzett kísérletekre alapozva – a jelenség általánosított tájékoztató számítási módszerét is kidolgoztuk, melynek alapgondolata az alagútból kilövellő sugár pályájának három szakaszra osztása (20. ábra): vízszintes hajítás, térbeli vízugrás, egyenletes



18. ábra. Izohiéta ( $h = \text{const}$ ) és izotach ( $|v| = \text{const}$ ) vonalak a felső medence alján  $810 \text{ m}^3/\text{s}$ -nál és sebességeloszlások az alsó medence két keresztelvényében három vízhozamnál



19. ábra. A fedék megengedett maximális abszolút érdessége ( $\epsilon$ ) a felső medence különböző zónáiban

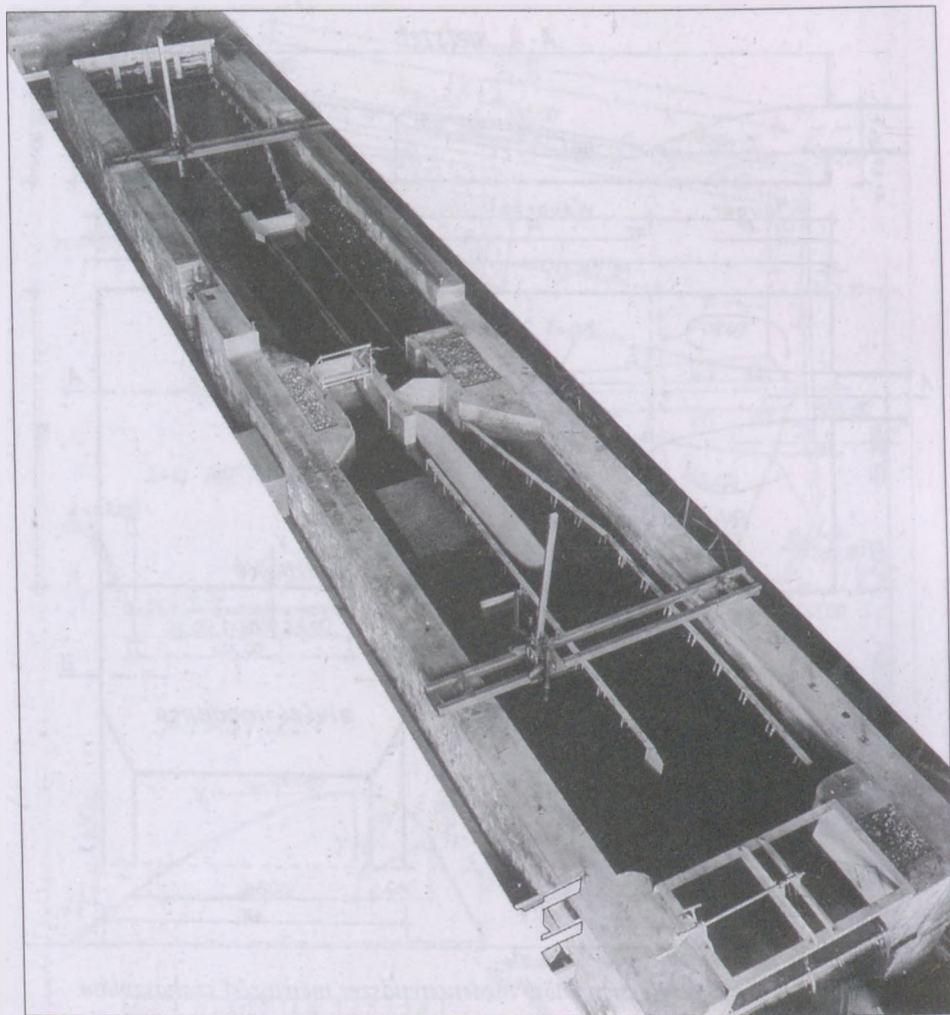


20. ábra. A törttengelyű energiátörő medencerendszer méretezési szakaszolása

eloszlású oldalbukás. Erről Hayde László egyetemi doktori disszertációt védett meg 1995-ben, és 1999–2002-ben további általánosító jellegű eredmények várhatók.

## 2.2. Terelő küszöbsoros utófenék (Haszpra–Decsiné, 1970)

A Sió-torkolati mű a Sió dunai torkolata közelében épült. Tervezéséhez 1968-ban a VITUKI-ban Decsi Sándornéval végeztünk modellkísérleteket (21. ábra). Kiderült, hogy a megnyitott duzzasztóművön átjutó víz sugar a duzzasztómű és

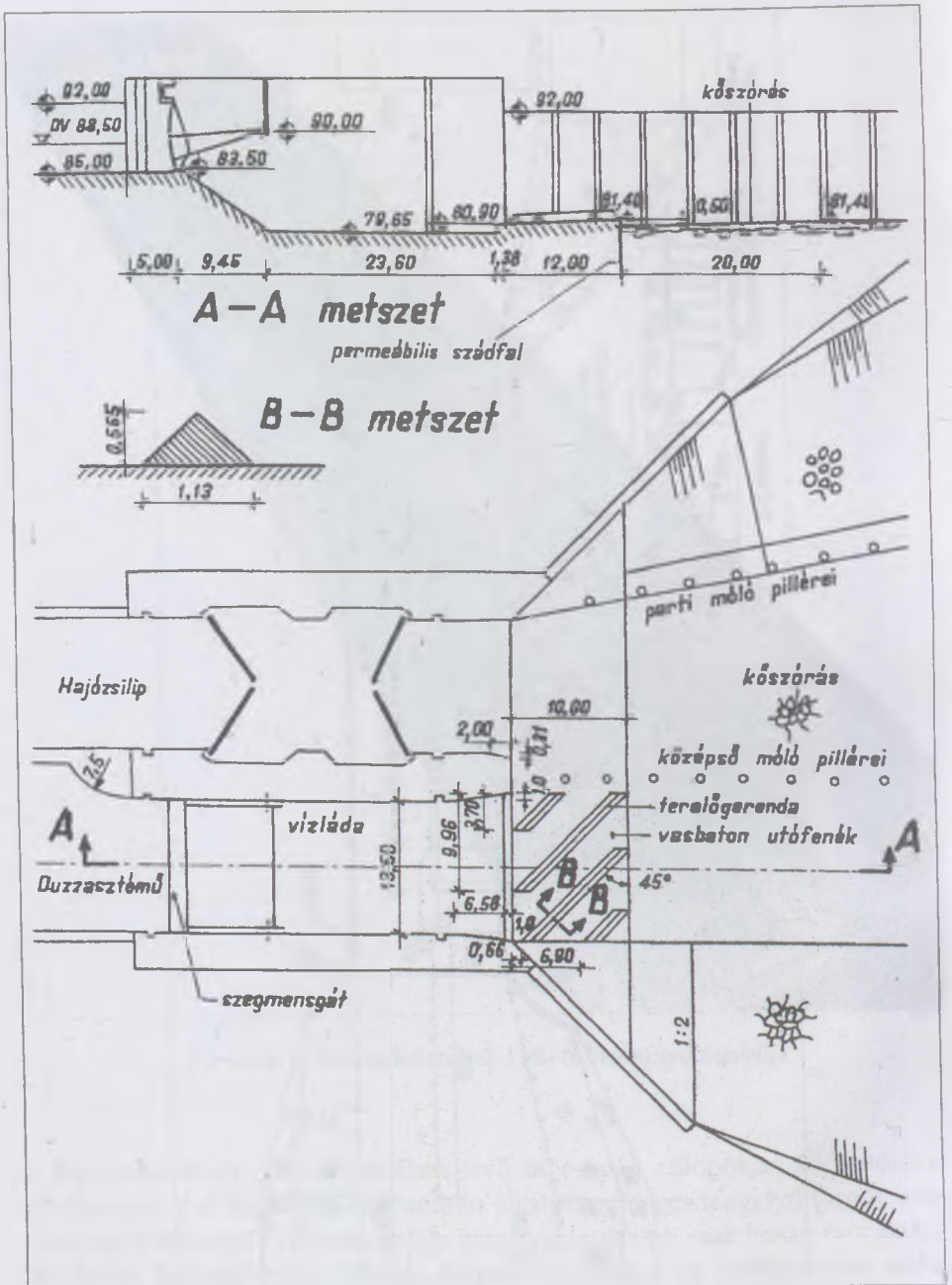


21. ábra. A Sió-torkolati mű 1:40 méretarányú modellje

a hajózsilip közti fal folytatásában levő és csupán cölöpökön álló mólóval elválasztott alsó hajózsilip-öblözetben olyan függőleges tengelyű forgót, azaz keringő vízmozgást gerjeszt, amely veszélyezteti az ott csak lassan mozgatható hajók kormányzását. Ennek megakadályozására az irodalomban addig ismeretlen megoldást, a *terelő küszöbsoros (terelőgerendás) utófeneket* (22–23. ábra) alkalmaztam: az utófenéken a duzzasztómű tengelyével 45°-os szöget bezáró,







23. ábra. A terelő küszöbsoros utófenék

háromszög-keresztmetszetű betonküszöbök úgy terelik a víz alsóbb rétegét, hogy az az előbbi forgóval ellentétes irányú keringést gerjessen.

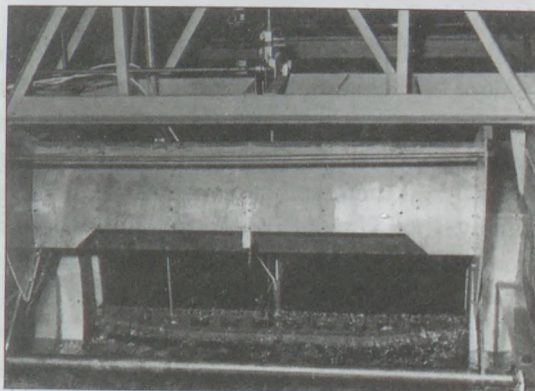
Végül gyakorlatilag egyik keringés sem alakul ki. Ha az alvíz (tulajdonképpen a Duna vízszintje) emelkedik, a hatás gyengül, de a gerjesztő sebességek is csökkennek, a hajók kormányzása tehát minden állapotban biztonságos. Az esetek mértékadó részében az öblözetben magára hagyott hajó az öblözet közepe táján imbolyog, a mólókhoz gyakorlatilag nem ütődik.

### 3. Hidroelasztikai rezgések

#### 3.1. Duzzasztómű betétgerendás elzárása (Győrke–Haszpra, 1968; Haszpra, 1965c, 1968, 1970a,b, 1972a,b, 1974, 1976, 1980a,b; Haszpra–Komora–Sikora–Starosolszky, 1981)

Jelentős témája volt életemnek a *hidroelasztikai jelenségek fizikai modellezése*. 1964-ben a tervezett dunai és tiszai vízlépcsőkkel kapcsolatban kívánta a tervező VIZITERV az egyik duzzasztóműnyílás mentesítését az átfolyó víztől, hogy elvégezhessek a feltételezetten meghibásodott duzzasztótáblán a megfelelő javításokat. A nyílás elzárását mozgó vízben leeresztett és így hidrodinamikai erőhatásoknak kitett *rugalmas felfüggesztésű rugalmas betétgerendákkal* kellett elvégezni (24. ábra). Követelmény volt, hogy az erőingadozások a felfüggesztő drótkötelekben, illetve magukban az acél betétgerendákban ne okozzanak meg nem engedett feszültségeket, illetve ne hozzák a gerendát kiszámíthatatlan következményekkel járó lebegésbe, pl. befeszülésbe. A vizsgálatokat a VITUKI-ban végeztem.

A feladatban a nehézségi és a tehetetlenségi erő mellett a rugalmassági erő is domináns – az utóbbi a rugalmas szilárd test jelenléte miatt, mert a víz ebben a jelenségkörben összenyomhatatlannak tekinthető –, vagyis  $c$  méretszorzóinak azonosoknak kell lenniük



24. ábra. Duzzasztómű betétgerendájának leeresztése az 1:20 méretarányú modellben, a gátszerkezet teljesen nyitott állapotában

(valamely  $X$  fizikai mennyiség  $c_X$  méreetszorójának a főkviteli és a megfelelő modellbeli érték hányadosát nevezzük):

$$c_{gr} = c_{in} = c_{el},$$

ahol  $c_{gr}$  a nehézségi,  $c_{in}$  a tehetetlenségi,  $c_{el}$  a rugalmassági erő méreetszorója.

A klasszikus modellezési elmélet szerint három erő egyszerre nem lett volna modellezhető, bár utóbb kiderült, hogy Delftben ekkor már végeztek egy ilyen vizsgálatot (Kolkman, 1976). Mivel az első két erő a folyadékra és a szilárd testre egyaránt hat, a modellezést célszerű a Froude-féle modell törvényre alapozni. Természetesen a rugalmas erő modellezésének is a Froude-törvényt kell követnie, de ezt elég a szilárd testen belül megoldani. De hogyan? A szikra álmomban villant fel bennem, felébredtem, feljegyeztem, csak a kimunkálás volt hátra. A lényeg:

1. A  $\Delta/l = F/(EA)$  egyenlettel leírható *rugalmas nyúlás* (pl. a felfüggesztő kábeldrót kötélté) a Froude-törvény szerint modellezhető, ha a kábel hossza követi, de keresztmetszeti területe nem a geometriai hasonlóságot, mégpedig keresztmetszeti területének méreetszorója nem  $c_A = c^2$ , hanem  $c = c^3/c_E$ , vagyis anyagazonosság esetén  $c_A = c^3$ . ( $c$  a hosszúságok méreetszorója,  $c_E$  a rugalmassági modulusé.) Ez megengedhető, mert az áramlásra és a gerenda viselkedésére a jelentéktelen kötélvastagság nincs mérhető befolyással.

2. A *rugalmas hajlítás*  $1/r = M/EI$  differenciálegyenletéből a Froude-féle  $c_M = c^4$  követése a  $c_{EI} = c^5$  méreetszoróra vezet, tehát  $c_I$  a geometriai hasonlóságból következő  $c^4$  helyett

$$c_I = c^3/c_E$$

értéket kíván meg (ez csak  $c_E = c$  esetén eredményez teljes geometriai hasonlóságot, egyébként a lemezek vastagságtorzítását kívánja). Ez biztosítja a rugalmas erők Froude-törvény szerinti hasonlóságát is. (Hasonló a megoldás a *rugalmas csavarás* modellezésére is, tömör vagy zárt szelvényű rudak esetén.)

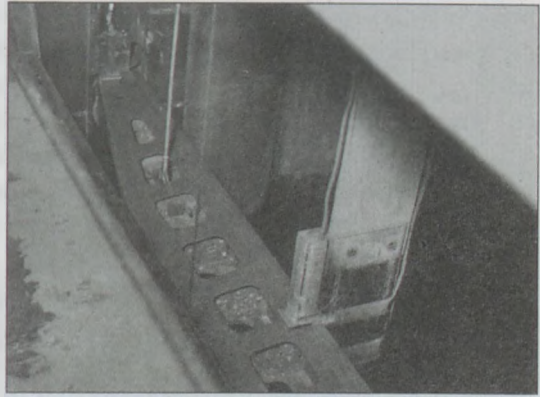
Az 1 : 20 méretarányú modellhez a betétgerendát a Decelith nevű kemény műanyagból készítettük. A hidraulikailag meghatározó makrogeometriát (a lemezek hosszát, szélességét) a geometriai hasonlóságnak (így a Froude-törvénynek is) megfelelően modelleztük, de a – hidraulikailag elenyésző szerepű – lemezvastagságokat torzítottuk. A kereskedelemben kapható diszkrét lemezvastagságokkal ez úgy volt elérhető, hogy a makrogeometriának megfelelő, de a szükségesnél vékonyabb lemezekben az áramlási holtterekben felragasztott kiegészítő lemezcsíkokkal pótoltuk a még hiányzó keresztmetszeti inerciát.

A tömeghasonlóság azonban még nem volt megfelelő. Ezért ugyancsak a holtterekben elosztva sárgaréz testecskéket ragasztottunk a gerenda belsejé-

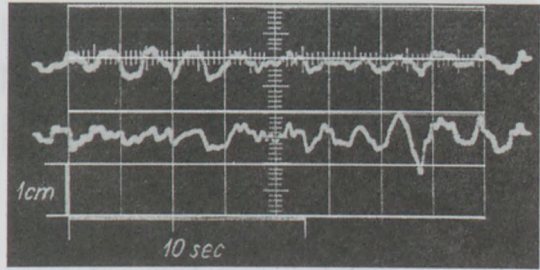
ben a bordákra. Ezzel a modell tömeg és tömegelosztás szempontjából is megfelelővé vált.

Az alkalmazott torzítások következtében azonban térfogata nagyobb, fajsúlya kisebb lett a megkívántnál, s ez növelte a felhajtóerőt. Ezért a modellt, hogy a felúszást megakadályozzuk, a felfüggesztések függőlegesében gumiszálakkal lefelé feszítettük, anélkül, hogy a rezgéseket befolyásoltuk volna. A nehézségi erő ugyanis csak statikus terhelést okoz, a felfüggesztőszál és a gumiszál együttesen adta a felfüggesztés megkívánt rugalmasságát, maga a gerenda pedig a hajlítási és csavarási rugalmasságot s ezzel a modellhelyes rezgéseket (erős és elmozdulás-amplitúdókat, illetve -frekvenciákat), amelyeket egyébként a gerendát nem érintő, a VITUKI-ban Pálos László által kidolgozott „vibromez” mérőfejekkel a gerenda több pontján mértünk (25–26. ábra). Az erőmérésekből viszont egyértelműen adódott a gerendának az a helyzetzónája, amelyben a – természetesen lefeszítés nélküli – főkviteli betétgerenda felúszott, illetve lebegésbe kezdett volna.

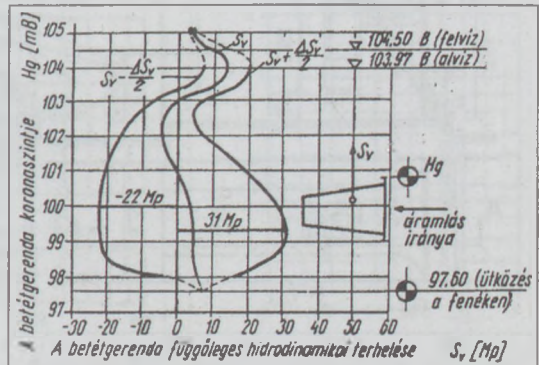
A modellvizsgálat indokolt volt, mert bizonyította, hogy



25. ábra. A rezgés mérő fejek elhelyezése a mérőoszlopon



26. ábra. Minta-oszillogram a betétgerenda két pontjának függőleges irányú rezgéséről

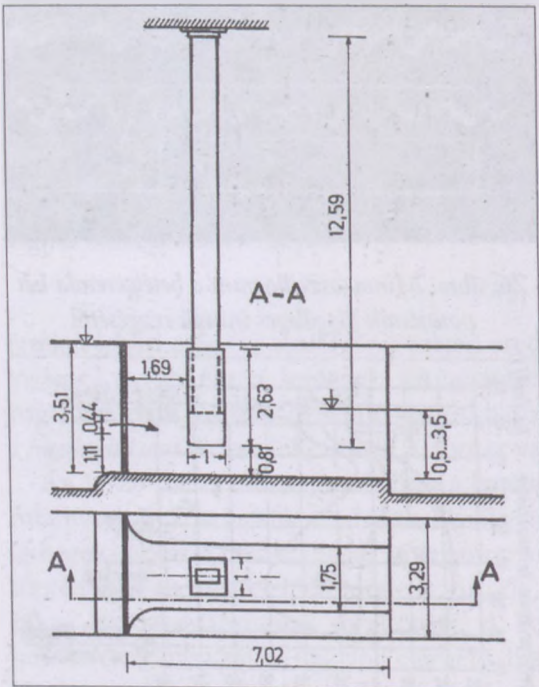


27. ábra. A felhúzóerő hidrodinamikai része (a betétgerenda önsúlya nélkül)

bizonyos nagymarosi árvízi átömlési feltételek mellett, bár ezek nem voltak mértékadónak tekintendők, a gerenda felúszhat, esetleg befeszülhet, illetve a felfüggesztésekben kétszer nagyobb erő is ébredhet, mint a tervezett (27. ábra). Egyébként bizonyította, hogy a mértékadó esetekben sem a felfüggesztő kábelekben, sem a hajlító rezgéseket végző betétgerendában nem lépnek fel megengedhetetlen feszültségek, megengedhetetlen alakváltozások, rezonáns rezgések.

### 3.2. A hidroelasztikai modellezés módszerének kísérleti igazolása és megbízhatósága (Haszpra, 1970b, 1972a,b, 1974, 1976, 1980a, 1991)

Az alkalmazott hidroelasztikai modellezési módszer *hajlító rezgésekre* való ellenőrzését részben az Iowai Hidraulikai Kutatóintézetben Ford-ösztöndf-jasként, részben a VITUKI-ban végeztem, egy vízbe lógó konzolszerkezet öt különböző méretarányú modelljén (28. ábra): egy 4,12 m hosszú acélmodel-



28. ábra. A rugalmas konzolmodell dimenzió nélküli kottázással (viszonyítási méret az alsó konzolvég vízszintes élének hossza)

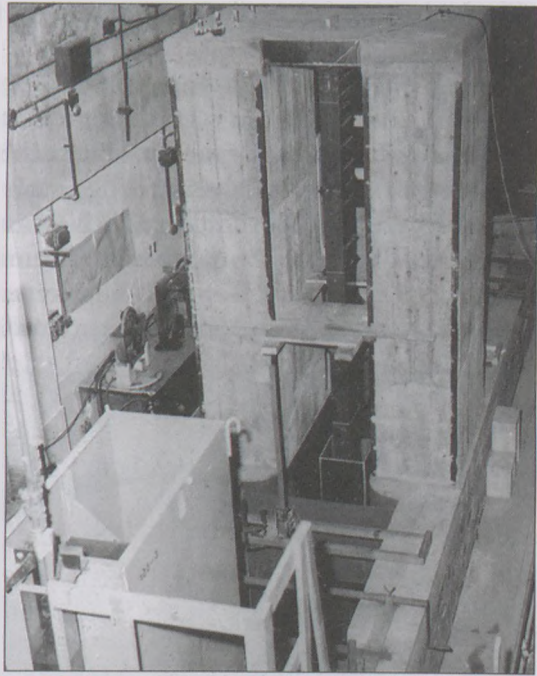
len mint főkitelén (29. ábra), egy 16 cm hosszú – 1:25,8 méretarányú – plexi- (lucite) modellen és egy fából és két plexiből készült közbülső méretű modellen.

E vizsgálatokból kiderült, hogy a hajlítási *amplitúdók* a jelentős belső csillapítású modellekben jobban csökkennek, mint azt a méretarány indokolná (30. ábra).

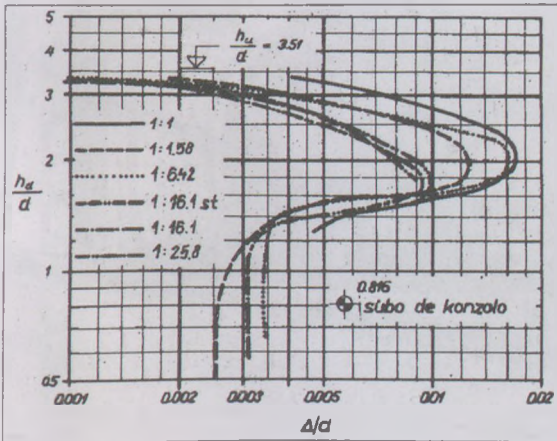
A legkisebb pleximodell amplitúdóiból számított értékhez képest csaknem kétszeres amplitúdóra is lehet számítani a főkitelén. (A nagymarosi betétgerenda modellje hajlítási amplitúdók szempontjából nyilván jobb volt, nemcsak a viszonylag nagy méretarány, hanem a hajlító rezgések csekély volta miatt is.)

A hajlító rezgések *frekvenciája* tekintetében az eredmények nagyon jók (31. ábra), a különböző modellek között 5%-on belül marad az eltérés, vagyis a rezonciaveszélyek biztonsággal elkerülhetők a modellek alapján. (Ez nyilván érvényes a nagymarosi modellre is.)

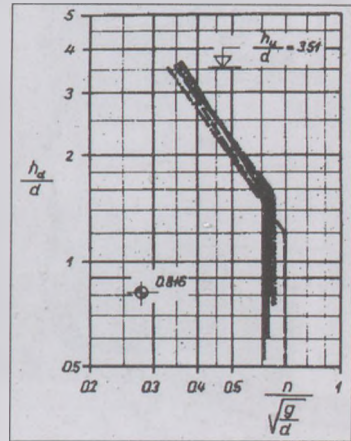
Kiegészítésként itt jegyzem meg, hogy a *felfüggesztések* modellezésében a belső csillapítás különbözősége jelentéktelen szerepet játszik a csaknem azonos viselkedésű, kis csillapítású anyagok – drótkötél, fémszál – miatt. Ezért a nagymarosi gerenda felfüggesztési pontjainak rezgéseit is kiszámíthattuk a modellből.



29. ábra. A főkvivitelnek (1:1 méretűnek) tekintett acélkonzol a felvíz felől



30. ábra. A dimenzió nélküli hajlítási amplitúdók a főkvivitelén és négy modelljén

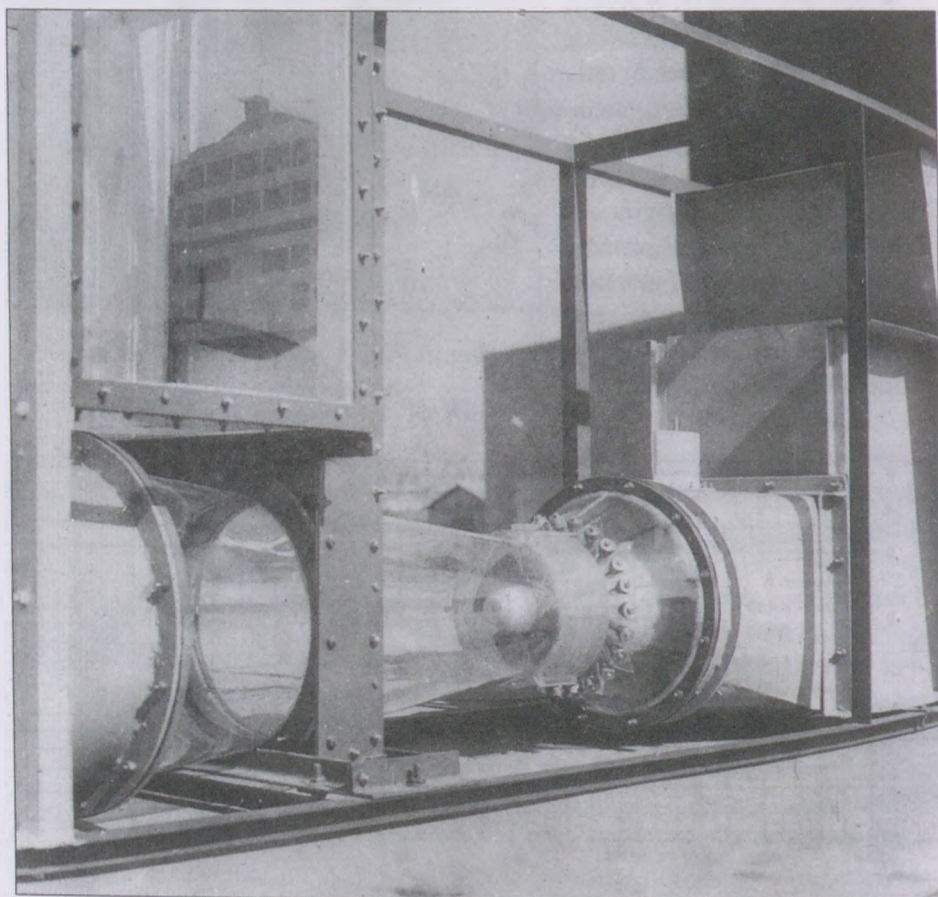


31. ábra. A dimenzió nélküli hajlítási rezgésszámok

### 3.3. Vízerőmű turbinaszilipje (Haszpra, 1974, 1980a)

Érdeemes megemlíteni a kiskörei vízlépcső turbinaszilipjére vonatkozó (32. ábra), a VITUKI-ban végzett hidroelasztikai vizsgálatainkat is, ahol maga a bordás zsilitábla merevnek volt tekinthető, de felfüggesztése nem.

A vizsgálat során, amelyet a felfüggesztés rugalmasságának figyelembevételével végeztünk, kiderült, hogy a tábla önsúlya bizonyos szinten nem elegendő a további leeresztéshez a hidrodinamikai felhajtóerőkkel szemben, és rezonáns rezgések is fellépnek. Mindkét problémát sikerült kiküszöbölni azzal, hogy bizonyos betontömeget töltöttünk a két bordaközbe.



32. ábra. A kiskörei vízerőtelep egy blokkjának 1:25 méretarányú modellje a csőturbinával és a felhúzott turbinaszilippel

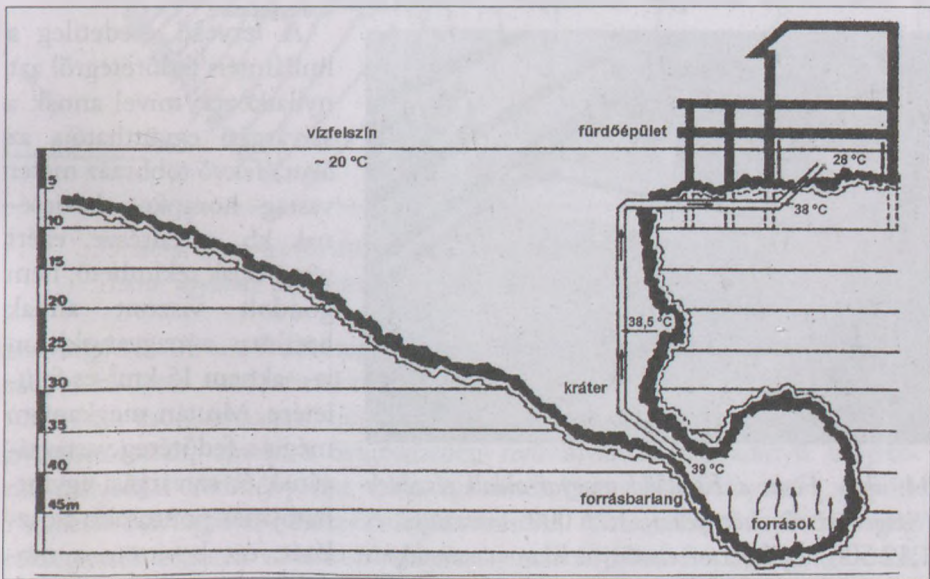


## 4. Mélységi és talajvizek

### 4.1. A Hévízi-tó melegvíz-ellátása (Haszpra, 1984, 1985)

A Hévízi-tó forrásainak hozama a bauxitbányászat szivattyúzási tevékenysége és a parazita kúthasználatok következtében a természetes 600 m<sup>3</sup>/s-ról 300 m<sup>3</sup>/s-ra csökkent, és emiatt télen a 20–22 °C-ra lehűlt víz már nem volt alkalmas a reumás betegek kezelésére. A forráshozam mérésének kidolgozása végett utaztam Hévízre 1983-ban a BME Vízepítési Tanszékéről, és véletlenül jutott tudomásomra a probléma egy értekezleten.

A tervező már korábban gondolt a forrásbarlang vízének valamelyik fürdőépület alá történő szivattyúzására, de ezt egy elektromos szivattyú víz alá helyezésével akarta megoldani, hogy a víz nyomása ne csökkenjen az atmoszferikus nyomás alá, és ne váljon ki belőle a gyógyhatású rádium-emanáció. Nem találtak azonban megnyugtató módot arra, hogy a fürdőzőket ne fenyegetse az áramütés veszélye. Arra sem gondoltak, hogy a meleg víz csak vékony rétegben fog szétterülni – és gyorsan lehűlni – a tó egész felszínén. Mondtam, hogy nem kell szivattyú, a magasabb hőfok miatt „magától” feljön a víz a csövön, miként a forró füst a kéményen, a fürdőépület alját viszont fenyődeszkákkal körül kell falazni, ajtózni (33. ábra).



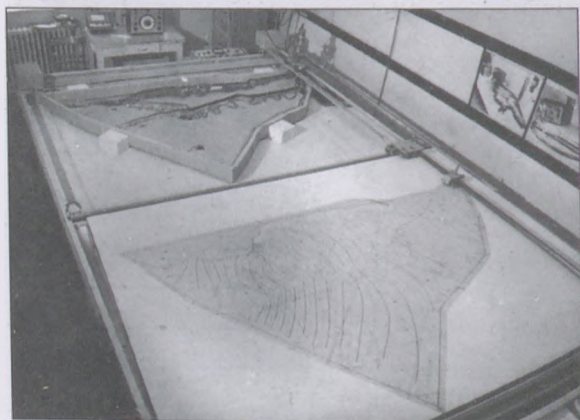
33. ábra. A Hévízi-tó függőleges metszete a forrásbarlangon keresztül

Két héten belül az *Amphora Klub* könnyűbúvárai elhelyeztek egy 250 mm átmérőjű csövet; a hideg és a meleg víz sűrűségkülönbsége folytán 50 l/s zúdult fel rajta. Terveinknek megfelelően a körülzáró falakkal három medencét is létrehoztak – a ki- és beúszást lehetővé tevő, a kis szintkülönbségek folytán automatikusan záródni képes ajtókkal –, és a meleg vízzel szabályozhatóan ellátott terek azóta is jól működnek. A medencékbe táplált meleg víz részben a falak alatt szivárog ki, részben az áramlás terelését is szolgáló lebilenthető túlfolyótáblákon bukik át, részben pedig az említett ajtókon szakszosan távozik, illetve folyik át a következő, már valamivel alacsonyabb hőmérsékletű medencébe vagy a tó hűvös, szabad vízterébe.

## 4.2. A szigetközi talajvíz

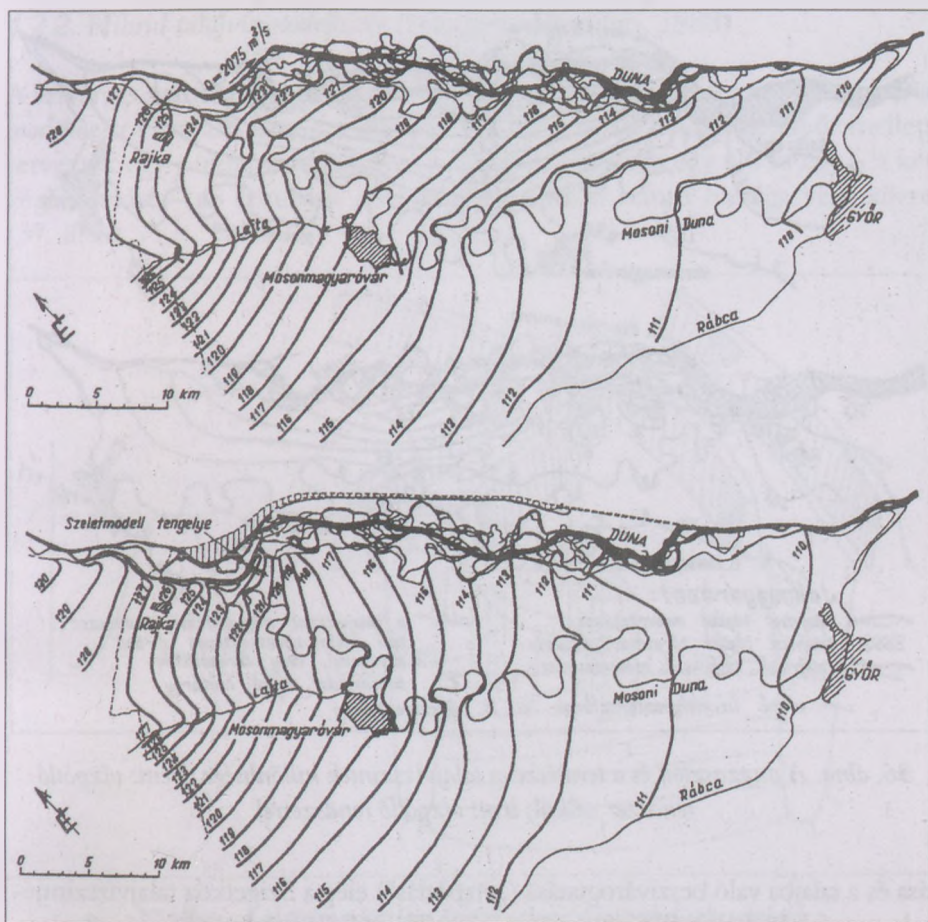
4.2.1. *A dunakiliti duzzasztómű hatása a talajvízre a természetes és a tervezett üzemi állapotokban* (Haszpra, 1981, 1983a,b,c, 1994a,b,c; Haszpra–Kalina–Hamvas, 1995)

Ezt a témát mintegy megörököltem Varrók Endrétől (Varrók–Haszpra, 1978), aki a VÍZDOK-ba való távozása előtt végzett vizsgálatokat a Szigetköz felszíni vízhálózatának és nagy áteresztőképességű geológiai összetételének igen jó elektromos analógiás modelljén (34 ábra).



34. ábra. Fent: a Kisalföld magyar oldali részének (Szigetköz és környéke) 1:25 000 vízszintes és 1:12 500 függőleges méretarányú elektromos analógiás modellje. Lent: a talajvíz szintvonalainak automatikus berajzolására szolgáló térkép

A tervező eredetileg a hullámtéri fedőrétegről azt nyilatkozta: mivel annak a szivárgási együtthatója az alatta fekvő többszáz méter vastag homokos kavicsének kb. ezredrésze, ezért vízzárónak tekinthető, nem gondolt viszont annak hatalmas, a magyar oldalon is csaknem 15 km<sup>2</sup>-es felületére. Miután megkaptam mégis a fedőréteg vastagságának és szivárgási együtthatójának pontosabb eloszlását, ezt bevitettem a modellbe, és azt kaptam eredményül, hogy a tározóból

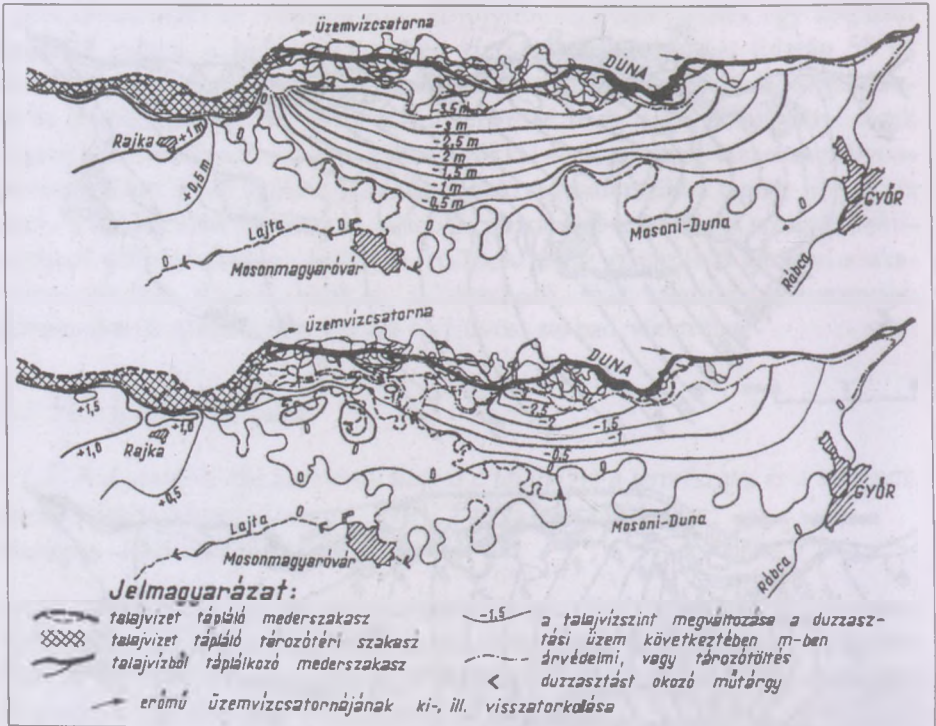


35. ábra. Fent: az évi átlagos talajvízszintek természetes állapotban.

Lent: ugyanaz az eredetileg tervezett dunakiliti duzzasztás esetén

kiszivárgó víz 1/3-a a fedőrétegen keresztül szivárog a talajba és csak kétharmada a kavicsos mederfenéken keresztül.

Szívósan szorgalmaztam, hogy az eredetileg csak a tározó mentén tervezett szivárgócsatornát, amely a Szigetközben nyilvánvalóan nagyarányú talajvíz-süllyedést eredményezett volna, egészítsék ki egy beszivárogató („vízpótoló”), illetve belvízgyűjtő rendszer megtervezésével. A megadott és az általam még szükségesnek tekintett variánsok vizsgálata – amit Ujfaludi Lászlóval végeztünk – azt mutatta, hogy a tározóból kiszivárgó és a szivárgócsatornában összegyűlő víznek nem közvetlenül az alvízi mederbe, hanem a mellékágakba való továbbbí-



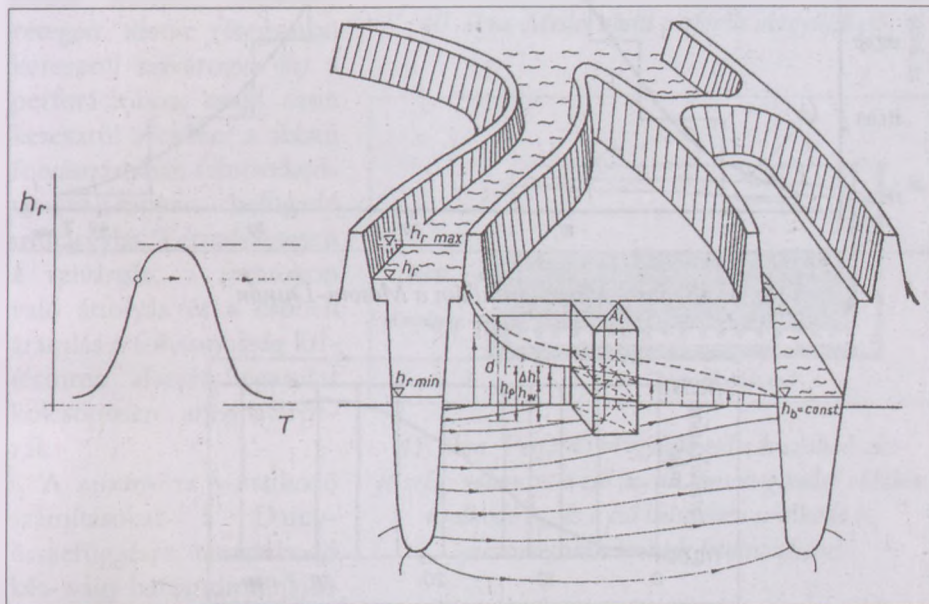
36. ábra. A duzzasztott és a természetes talajvízszintek különbsége. Fent: vízpótló rendszer nélkül; lent: vízpótló rendszerrel

tása és a talajba való beszivárogtatása („vízpótlás”) elég a Szigetköz talajvízszintjének megfelelő helyreállítására, sőt szezonális szabályozására (35–36. ábra) is. Nagy árvizek idején viszont a vízpótló csatornarendszer belvízcsatorna-rendszerként működve a belvízveszély elhárítására is használható.

A tervezett vízpótló rendszer – a dunakiliti duzzasztás elmaradása és a dunacsúnyi vízlépcső üzembe lépése folytán – eredeti formájában nem valósult meg. A szlovák tározóból táplált Mosoni-Duna és a közreműködés-mel tervezett ideiglenes dunakiliti fenékgát által létrehozott mederduzzasztás azonban a módosítva bekapcsolt mellékágrendszeren keresztül jelenleg is több vizet képes a talajba szivárogtatni, mint amennyit a Szigetköz az utóbbi évtizedekben valaha is kapott, és a ma még ismeretlen végleges vízpótló rendszer nagyrészt egyezni fog a jelenlegivel. A szlovák oldalon egyébként később tervezték, de hamarabb létrehozták az üzemvízcsatornától délre levő, ún. Kis-Csallóköz vízpótló rendszerét, és az évek óta jól működik.

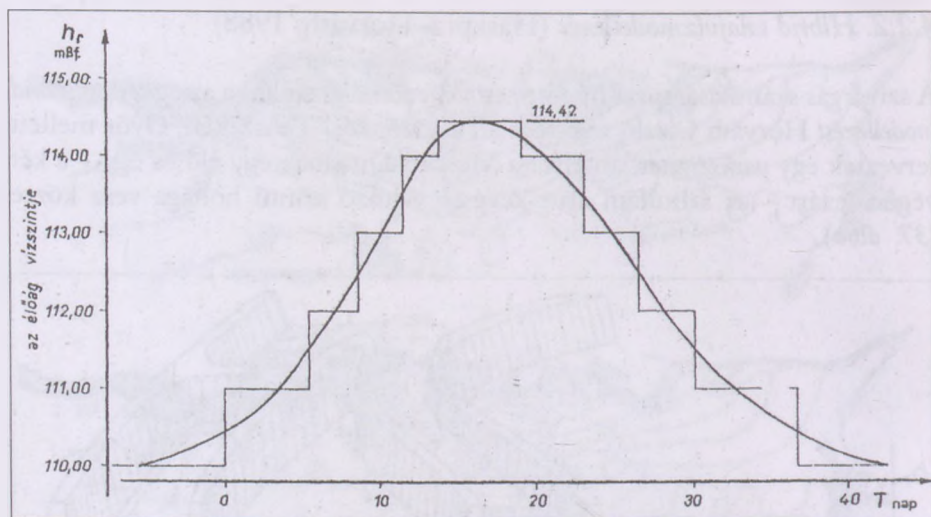
#### 4.2.2. Hibrid talajvízmodellezés (Haszpra–Horváth, 1988)

A szivárgás számítására, azt hiszem, én végeztem hazánkban az egyetlen *hibrid modellezést* Horváth László segítségével a Vízépítési Tanszéken. Győr mellett terveztek egy *parkszigetet*, amelyet a Mosoni-Dunának egy élő és egy – a két végén lezárt – az árhullám alatt kevésbé változó szintű holtága vesz közre (37. ábra).

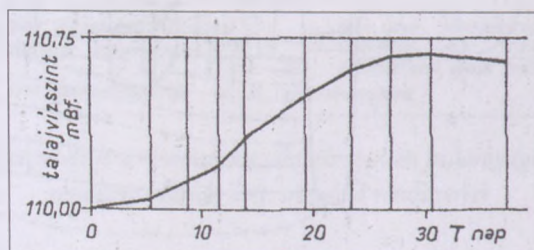


37. ábra. A győri parksziget árvízi talajvízmozgásának vázlatja

Kérdés volt, hogy az élő ágon levonuló árhullám (38. ábra) milyen talajvízszint-változást, illetve esetleg a felszínre való kilépést eredményez a szigeten. Az alsó, nagy átteresztő képességű réteg szivárgását – amelyet a fedőrétegbe való felszivárgás alig befolyásol – háromdimenziós elektromos analóg modellen vizsgáltuk különböző árvízi vízállások esetére. Ebből – egydimenziós módon – zseb kalkulátorral számítottuk a fedőrétegben felszivárgó víz szintjének változását bizonyos elemi idő-intervallumokra a sziget egyes zónáiban (39. ábra). Ebből adódott, hogy mikor és hol éri el a talajvíz szintje a maximumot, illetve bizonyos zónákban a talajfelszín, továbbá hogy ez utóbbi megakadályozására mennyi felszivárgó vizet kell a szigeten körülfutó belvízcsatornák létesítésével összegyűjteni és szivattyúzással a Mosoni-Dunába visszaemelni.



38. ábra. Minta-árhullám a Mosonyi-Dunán



39. ábra. A talajvízszint változása árhullám idején a sziget egyik zónájában

### 4.3. Perforált csőhálózatok (Shmela, 1996, 1997, 1998)

A Vízépítési Tanszéken két külföldi doktorandusz – S. N. Shmela és R. Fattahinafchi – végzett, illetve végez jelenleg (előreláthatólag 2002-ig) vezetőemmel kutatást nyomás alatti perforált csövű vízgyűjtő hálózatok számításáról. Ilyen feladat jelentkezhet például szabad felszínű vízfolyások, esetleg tavak fenekére fektetett vagy azok medrébe süllyesztett víznyerő rendszerek esetében (40–41. ábra). Utalok például a nagymarosi vízműnek 1997-ben elkészült, meder alatti vízgyűjtő csőrendszerére és más, meder alá nyúló csáposkutakra.

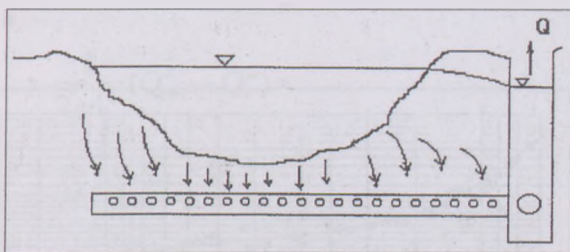
Az ilyen csőrendszerek optimális méretezése megkívánja a rendszer hidraulikájának részletes figyelembevételét. A víz vagy közvetlenül a szabad víztérből vagy egy szabad víztérrel borított áteresztő rétegen, illetve rétegsoron keresztül szivárogva jut a perforációhoz, majd azon keresztül a csőbe, s abban folyásirányban növekedve valamilyen befogadó műtárgyba. Természetesen a szivárgás, a furatokon való átfolyás és a csőbeli áramlás a folytonosság kritériuma alapján egymást kölcsönösen meghatározzák.

A szivárgásra vonatkozó számításokat a Darcy-összefüggésre támaszkodó két- vagy háromdimenziós potenciális sebességtér feltételezésével végeztük, illetve végezzük.

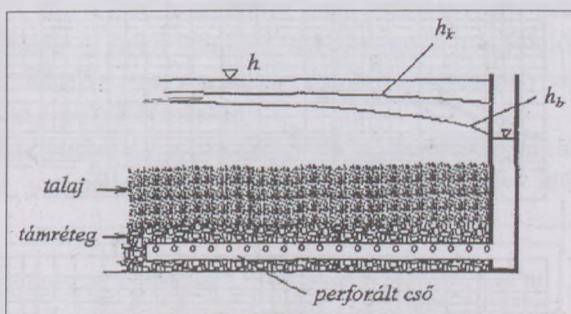
Saját laboratóriumi mérésekkel is meghatároztuk a viszonylag vastag csőfalban létesített (tehát éles szélű nyílásnak nem tekinthető) furatok és a környező szemcsés támréteg veszteségtényezőjét, illetve vízhozamtényezőjét megadó egyenleteket alacsony Reynolds-számokra (pl. 42. ábra). (Ezeket most hasítékokra és igen alacsony Reynolds-számokra is kiterjesztjük.)

A csőbeli áramlást, illetve a piezometrikus nyomásszint változását a sebességváltozás, a csősúrlódás és a lendületnövelés folyamatos figyelembevételével számítottuk. Ezek közül egyik sem hanyagolható el.

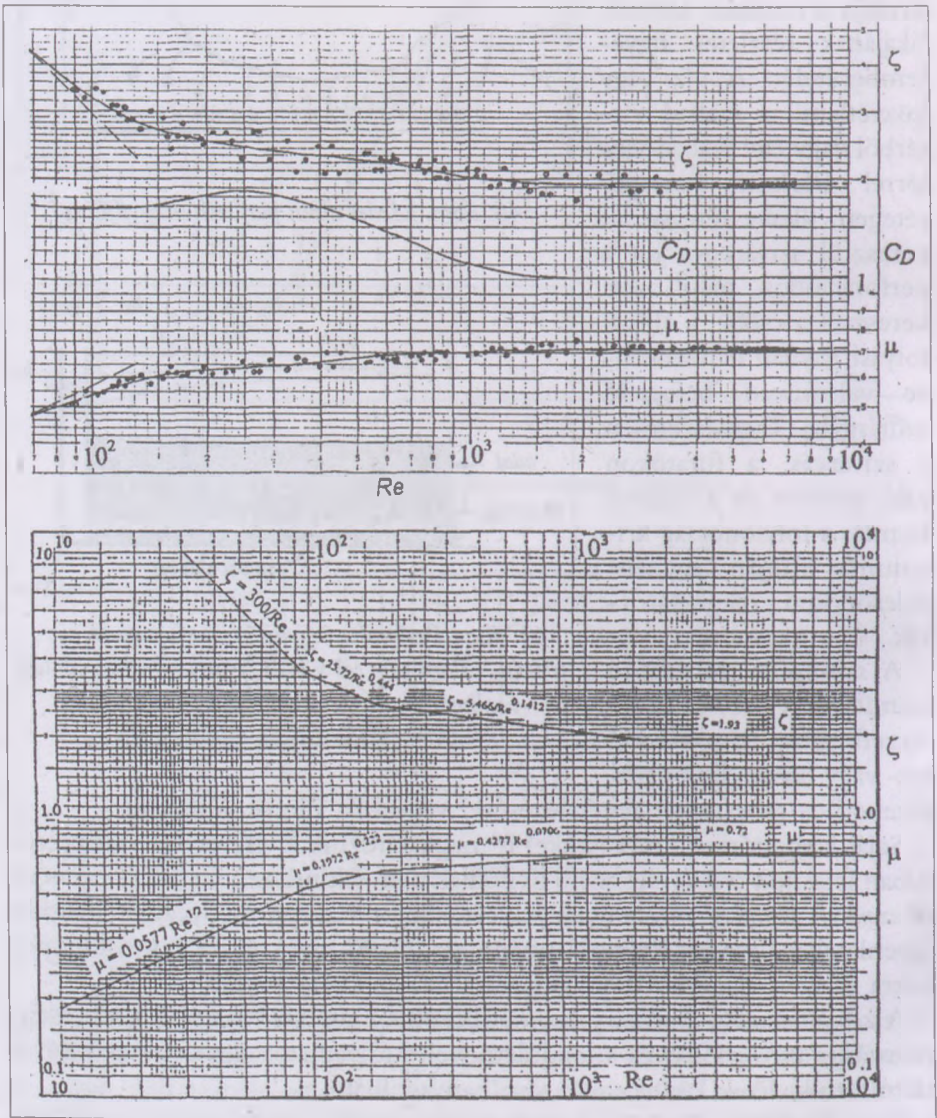
A cső felső végétől számított  $i + 1$ -edik szelvényben uralkodó piezometrikus nyomásszint egyenlete (rendre levonva az  $i$ -edik szelvény nyomásszintjéből a fajlagos kinetikai energiatartalmak különbségét, a lendületnövelésre fordított fajlagos energiatartalmat és a csősúrlódás legyőzésére fordított fajlagos energiatartalmat):



40. ábra. Meder alatti perforált vízgyűjtő cső



41. ábra. Perforált vízgyűjtő cső a  $h$  szabad vízfelszín, valamint a cső körüli támréteg külső oldalán uralkodó  $h_b$  és a cső belsejében uralkodó  $h_k$  piezometrikus szintek feltüntetésével



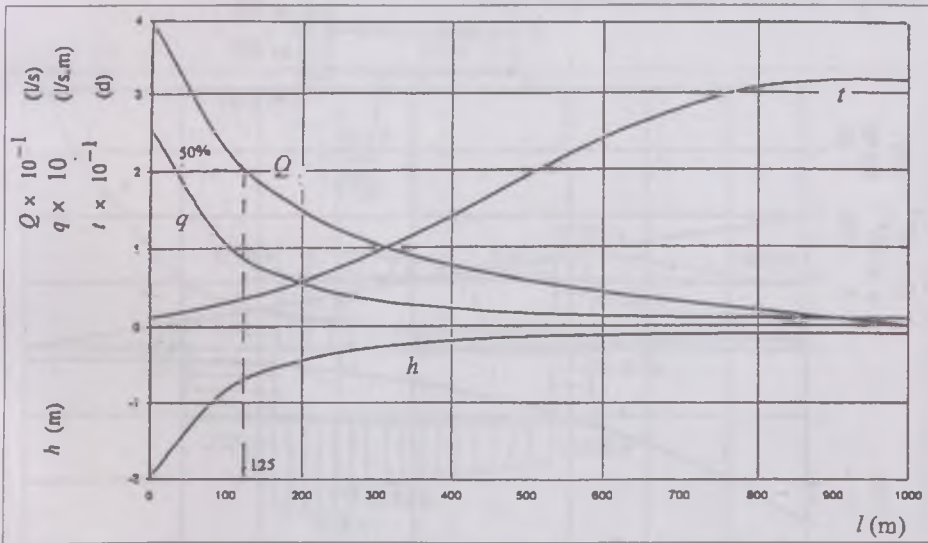
42. ábra. 1,7 mm vastag csőfal 3 mm átmérőjű furatainak  $\mu$  vízhozam- és  $\zeta$  veszteségtényezője a furatátmérővel számolt Reynolds-szám függvényében. (Összehasonlításként egy éles szélű körtárcsa  $C_D$  közegellenállási tényezője is szerepel a felső ábrán)



$$\begin{aligned}
 h_{i+1} = h_i - & \\
 & - \frac{1}{2gA^2} (Q_{i+1}^2 - Q_i^2) - \\
 & - \frac{1}{gA^2} (Q_{i+1}^2 - Q_i^2) - \\
 & - \frac{\lambda L}{8gDA^2} (Q_{i+1} + Q_i)^2,
 \end{aligned}$$

ahol  $g$  a nehézségi térerősség,  $A$  a cső keresztmetszeti területe,  $Q$  a csőben folyó vízhozam,  $L$  az  $i$ -edik és az  $i+1$ -edik szelvény közti csőhossz,  $\lambda$  e szakasz átlagos csőúrlódási tényezője (a helyi áramlási viszonyoknak megfelelően a lamináris, az instabil, az átmeneti vagy a tiszta négyzetes tartománynak megfelelően számítva),  $D$  a cső belső átmérője.

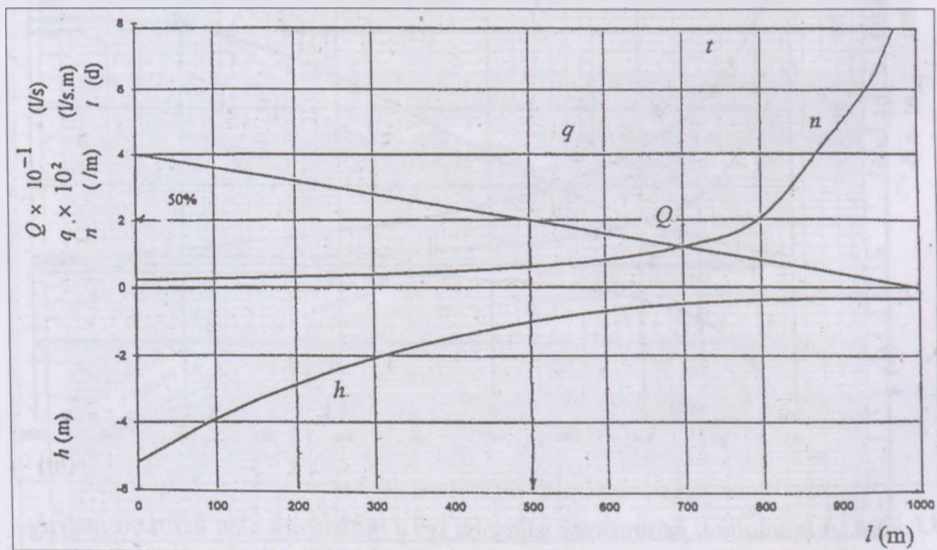
Vízminőségi szempontból felvetődik a természetes vagy mesterséges szűrőrétegen keresztül a csőbe jutásig eltelő szűrési vagy tartózkodási idő,



43. ábra. A hidraulikai paraméterek változása egy a mederfenék alatt konstans mélységben fekvő, 1000 m hosszú,  $d = 6$  mm átmérőjű furatokkal  $n = 50/m$  egyenletes sűrűségben perforált,  $D = 159,6$  mm belső átmérőjű magányos cső mentén,  $Q = 40$  l/s összvízhozam esetén. [ $q$  l/(s.m) a folyóméterenként beömlő fajlagos vízhozam,  $h$  m a piezometrikus nyomásszint a cső belsejében a vízszintes szabad vízfelszínhez viszonyítva,  $t$  d a szűrési időtartam]

amelynek a mértékadó esetben a cső minden szakaszán el kell érnie egy előírt értéket. A gyakorlatban ez a követelmény a csőrendszer gazdaságtalan túlméretezését eredményezheti. Pusztán példákra szorítkozom.

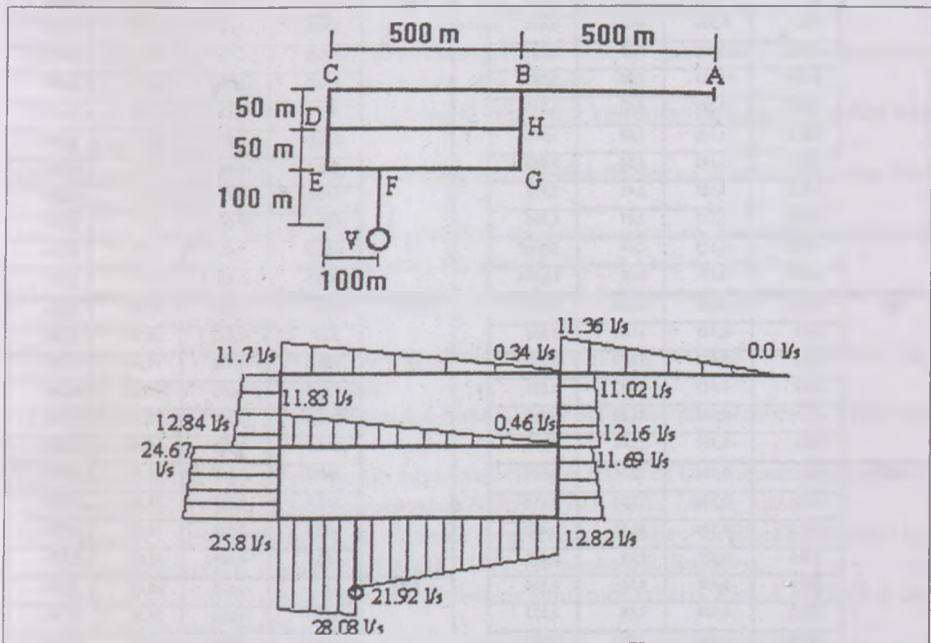
A 43. ábra olyan példát mutat, ahol a csőhossz mentén általában alkalmazott egyenletes sűrűségű perforáció eredményeként a mederfenékbe süllyesztett magányos perforált cső távoli végén az egység hosszra jutó  $q$  l/(s.m) fajlagos beömlő hozam csekély, ezért a szűrési idő igen nagy, míg a kifolyáshoz közeledve – a csőbeli nyomásszint csökkenése folytán –  $q$  növekszik, a  $t$  szűrési időtartam pedig egyre csökken, de természetesen itt sem szabad az előírt érték alá csökkennie, különben a vízminőség nem lesz megfelelő. Az is látható, hogy az adott cső kihasználása nem gazdaságos, mert a gyűjtött vízhozam fele a cső 125 méternyi 12,5%-án jut a csőbe, és a többi 825 méter gyűjti a víz másik felét. A példa egyébként nem túl extrém, mert a cső kifolyó végén a sebesség csak 2 m/s. Nem segít az az ötlet, hogy az átlagos szűrési idő legyen az előírásnak megfelelő, mert ekkor a kifolyási véghez közel álló szakaszon a megkívántnál rosszabb minőségű víz folyik be, és ezzel elrontja az egész víz minőségét.



44. ábra. A hidraulikai paraméterek változása az előbbi cső mentén,  $Q = 40$  l/s összvízhozam esetén, ha a fajlagosan beömlő vízhozam  $q$  l/(s.m) = const, vagyis a szűrési időtartam  $t$  d = const ( $n$ /m a folyóméterenkénti furatszám,  $h$  m a piezometrikus nyomásszint a cső belsejében a külső szabad vízfelszínhez viszonyítva)

Meghatározható azonban egy olyan perforáció-eloszlás, amelyet a csőhossz mentén megfelelően változó  $n$  folyóméterenkénti furatszám jellemez, s amely a cső teljes hossza mentén biztosítja az egyenletes beáramlást, vagyis a végig konstans szűrési időt és az ennek megfelelő vízminőséget. A 44. ábra az előbbi csőre és azonos kiömlő vízhozamra és sebességre mutatja ezt az esetet. Természetesen a módosult kialakítás módosítja a cső menti veszteséget is. A tervező feladata, hogy a csőátmérő megfelelő kiválasztásával, esetleg hossz menti változtatásával megtalálja a gazdaságossági optimumot.

Végül bemutatok egy egyszerű, mederfenék alatti, 159,6 mm belső átmérőjű perforált csövekből álló gyűjtőcsőhálózatot, amelynek változó perforáció-sűrűsége konstans fajlagos beömlést [ $q = 0,023 \text{ l/(s.m)}$ ], ugyanakkor a teljes csőhosszon konstans szűrési időt ( $t = 13,816 \text{ d}$ ) biztosít  $Q = 50 \text{ l/s}$  összvízhozamra (45. ábra).



45. ábra. Perforált csőhálózat konstans fajlagos vízbeömléssel.  
 Felső rajz: A hálózat helyszínrajza (a 159,6 mm átmérőjű perforált csövek az A ponttól az F pontig vezetnek, ettől a V pontban levő gyűjtőaknáig 300 mm átmérőjű zárt cső visz).  
 Alsó rajz: a csőbeli  $Q$  vízhozam növekedése a csőrendszerben;  
 összes vízhozam:  $Q = 50 \text{ l/s}$

Az adatok numerikus formában láthatók az 1. táblázatban. Látható, hogy a beömlés kezdetén, az A pontban a megkívánt furatsűrűség maximális:  $n = 24,564/m$ . A perforált szakasz utolsó pontján, F-nél, ez 0,235/m-re csökken. A piezometrikus nyomásszint a csőben az A pontnál 0,174 m-rel van a szabad vízfelszín alatt. Az F pontnál a süllyedés 1,636 m-re nő. Ha a csőrendszer kevésbé van igénybe véve, a szűrési idő már nem lesz konstans, de mindenütt nagyobb lesz, vagyis a biztonság javára változik.

1. táblázat

A 45. ábrán vázolt csőhálózat hidraulikai adatai 50 l/s összes vízkivételi hozam,  $q = 0,023 \text{ l/(s.m)}$  konstans fajlagos beömlés és  $t = 13,816 \text{ d}$  konstans szűrési idő esetén

Csőszakasz	$l$ (m)	$h$ (m)	$Q$ (l/s)	$n$ (1/m)
AB	0,0	-0,395	11,36	0,603
	50,0	-0,339	10,23	0,698
	100,0	-0,293	9,09	0,82
	150,0	-0,257	7,95	0,983
	200,0	-0,229	6,82	1,210
	250,0	-0,208	5,68	1,540
	300,0	-0,193	4,55	2,057
	350,0	-0,183	3,41	2,959
	400,0	-0,177	2,27	4,805
	450,0	-0,175	1,14	10,009
500,0	-0,174	0,00	24,564	
BH	0,00	-0,459	12,16	0,531
	10,0	-0,445	11,93	0,545
	20,0	-0,432	11,70	0,558
	30,0	-0,419	11,47	0,573
	40,0	-0,407	11,25	0,588
	50,0	-0,395	11,02	0,603
BCD	0,0	-0,706	12,84	0,389
	50,0	-0,635	11,70	0,418
	100,0	-0,576	10,57	0,447
	150,0	-0,527	9,43	0,477
	200,0	-0,498	8,30	0,506
	250,0	-0,458	7,16	0,533
	300,0	-0,434	6,02	0,556
	350,0	-0,418	4,89	0,574
	400,0	-0,407	3,75	0,588
	450,0	-0,400	2,61	0,597
	500,0	-0,396	1,48	0,601
	550,0	-0,395	0,34	0,603

Csőszakasz	$l$ (m)	$h$ (m)	$Q$ (l/s)	$n$ (1/m)
HD	0,00	-0,706	11,83	0,389
	500,0	-0,645	10,69	0,413
	100,0	-0,596	9,56	0,437
	150,0	-0,556	8,42	0,459
	200,0	-0,524	7,28	0,479
	250,0	-0,500	6,15	0,496
	300,0	-0,483	5,01	0,510
	350,0	-0,471	3,87	0,520
	400,0	-0,464	2,74	0,527
	450,0	-0,460	1,60	0,530
500,0	-0,459	0,46	0,531	
HGF	0,0	-1,636	21,92	0,235
	50,0	-1,435	20,78	0,253
	100,0	-1,255	19,65	0,273
	150,0	-1,093	18,51	0,296
	200,0	-0,949	17,37	0,322
	250,0	-0,821	16,24	0,353
	300,0	-0,710	15,10	0,387
	350,0	-0,613	13,96	0,428
DEF	0,0	-1,636	28,08	0,235
	50,0	-1,310	26,94	0,266
	100,0	-1,009	25,80	0,310
	150,0	-0,710	24,67	0,379
FV	100,0	-2,490	50,00	—

\* Az  $l$  hosszúságok minden szakaszon a szakasz alvízi végétől értendők.

\*\* A  $h$  csőbeli piezometrikus szint a szabad vízfelszínre mint alapsíkra vonatkozik.

## Irodalom

1. Ackers, P., O'Garra, R. W. (1982): A novel angled-entry stilling basin. *Papers presented at the International Conference on The Hydraulic Modelling of Civil Engineering Structures*. BHRA Fluid Engineering, Coventry, September.
2. Grišin (szerk.) (1979): *Gidrotehničeskie sooruzenie*. Vysšaja kola, Moskva.
3. Györke O., Haszpra O. (1968): Erőtani kismintavizsgálatok módszerei. *Beszámoló a VITUKI 1966. évi munkájáról*. VITUKI, Budapest
4. Haszpra O. (1963): A felületi mérőfej. Hidraulikus rendszerű vízhozammérés csövekben gyakorlatilag energiavesztés nélkül. *Hidrológiai Közöny*, 2.
5. Haszpra O. (1964a): Kismintavizsgálatok az öntözés fejlesztésének szolgálatában. *Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei*, 33. köt. 1–4.
6. Haszpra O. (1964b): A felületi mérőfej alkalmazása szabadfelszíni csatornáknak és csőszerű műtárgyakban. *Hidrológiai Közöny*, 6.
7. Haszpra, O. (1965a): Flow measurement in pipes and small channels without energy loss. *Central Water and Power Research Station, Poona, Golden Jubilee Symposia, Volume two: Modern trends in Hydraulic Engineering Research*. Poona.
8. Haszpra, O. (1965b): The problem of the quadratic weir. Proportional flow measurement without disturbance of the water surface. *Acta Technica*, 1–2.
9. Haszpra O. (1965c): Vízépitési szerkezetek rezgéstani kismintavizsgálatának elméleti alapjai. *Hidrológiai Közöny*, 9.
10. Haszpra O. (1965d): *Az esésvesztések csökkentése és kiküszöbölése az öntözővíz mérésében*. Kandidátusi disszertáció, Budapest.
11. Haszpra O. (1968): Hajlító, nyújtó és csavaró rezgésekre igénybevett vízépitési szerkezetek kismintavizsgálatának néhány elméleti kérdése. *Hidrológiai Közöny*, 7.
12. Haszpra O. (1970a): Hidraulikai rezgéstani vizsgálatok betétgerenda rugalmas kismintáján, I–II. rész. *Hidrológiai Közöny*, 2, 3.
13. Haszpra, O. (1970b): Hydroelastic experiments on a stop-log model of a river barrage. *Proc. IAHR Symposium, F5*. Stockholm.
14. Haszpra O. (1972a): A hidroelasztikai hasonlóságelmélet kísérleti ellenőrzése. *Hidrológiai Közöny*, 9.
15. Haszpra, O. (1972b): Verificación experimental de la teoría de la semejanza hidroelástica. *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Hidráulica de la AIIH-IAHR*, Lima.
16. Haszpra O. (1974): Vízépitési szerkezetek rezgéseinek modellezése. Elmélet, kísérleti igazolás, alkalmazások. *Beszámoló a VITUKI 1971. évi munkájáról*. Budapest.
17. Haszpra, O. (1976): Verification of hydroelastic similitude criteria. *Proc. ASCE HY 4 Journal of the Hydraulic Division*, April.
18. Haszpra, O. (1980a): *Modelling Hydroelastic Vibrations*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978, 1980 és Pitman, London, San Francisco, Melbourne, 1979, 1980.
19. Haszpra O. (1980b): Rugalmas vízépitési szerkezetek vizsgálata főkviteli anyagból készült modellen, ha a nehézségi erő befolyása elhanyagolható. *Hidrológiai Közöny*, 7.
20. Haszpra, O. (1981): Regional groundwater problems and their solution in connexion with the Dunakiliti barrage on the Danube. Session IV/2. *Proc. SVIEKO*, Svištov.
21. Haszpra O. (1983a): A dunakiliti duzzasztómű és a szigetközi talajvíz. *Vízügyi Közlemények*, 4.

22. Haszpra, O. (1983b): A threedimensional analogue model study to determine the changes and control possibilities of the groundwater table in a 1000 km<sup>2</sup> region around a large river barrage. *Proceedings XXth Congress of IAHR*, Vol. II. (Subject A. a.) Moscow.
23. Haszpra O. (1983c): *Előzetes szakvélemény a GNV-vel kapcsolatban a Szigetköz-menti régi Duna-meder hullámterének elárasztásáról szivárgási szempontból*. BME Vízépítési Tanszék, Budapest, jún. 15.
24. Haszpra O. (1984): *A hévízi tófürdő hidraulikai-hődinamikai vizsgálata*. Zárójelentés. BME Vízépítési Tanszék, Budapest, ápr. 10.
25. Haszpra O. (1985): Kémény a Hévízi-tóban. *Élet és Tudomány*, 7.
26. Haszpra O. (1991): *A hidroelasztikai hasonlóság kritériumainak igazolása [kínai nyelven]*. Vízépítési szerkezetek áramlásteltette rezgéseiről szóló, kínaira fordított tanulmányok gyűjteménye. Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan.
27. Haszpra O. (1994a): *A Magyar Tudományos Akadémia és a tudományos egyesületek szerepe. Dokumentumok és vélemények a bős-nagymarosi vízlépcsősorrendszerről*. Szakemberi kollektíva kiadása, Budapest, ápr. 20.
28. Haszpra O. (1994b): *A szigetközi vízpótló rendszer változatai és vizsgálatuk összefoglalása* (Tanulmány a VITUKI, illetve a Külügyminisztérium részére). Budapest.
29. Haszpra, O. (1994c): *Groundwater recharge system alternatives in the Szigetköz area*. Tanulmány. VITUKI, Budapest
30. Haszpra O., Decsi S-né (1970): A Sió torkolati művének hidraulikai kismintavizsgálata. *Hidrológiai Közöny*, 5.
31. Haszpra O., Horváth L. (1988): Háromdimenziós szabadfelszínű, nempermanens szivárgás vizsgálata hibrid (analóg-digitális) számítástechnikával. *Hidrológiai Közöny*, 6.
32. Haszpra O., Kalina E., Hamvas F. (1995): *Felsődnai kőgátak állékonysági kérdései a dunakiliti fenékgát példáján, különös tekintettel a szivárgásra*. Tanulmány az Observator Mérnöki Kft. részére. Budapest, máj.
33. Haszpra, O., Kalina, E., Papp, G. (1982): A 70 m high morning glory spillway and its broken-axis stilling basin system. *British Hydromechanics Research Association, International Conference on The Hydraulic Modelling of Civil Engineering Structures*. Coventry.
34. Haszpra, O., Komora, J., Sikora, A., Starosolszky, Ö. (1981): *Issledovanija, svjazannye s proektirovaniem gidrouzlov „Gabčikovo-Nad'maroš”*. *Informacionnyj bjuleten, po vodnomu hozjajstvu*, 2.
35. Hayde L. (1995): *Törttengelyű energiatorő medence-rendszerek hidraulikai vizsgálata*. Egyetemi doktori értekezés. BME Vízépítési Tanszék, ápr.
36. Kolkman, P. A. (1976): *Flow-induced gate vibrations*. Delft Hydraulics Laboratory, Publication Nr. 164.
37. Novák, P., Čábelka, J. (1981): *Models in Hydraulic Engineering*. Pitman Advanced Publishing Program, Boston, London, Melbourne.
38. Papp G. (1993): *Törttengelyű energiatorő medencerendszer kismintavizsgálata*. *Hidrológiai Közöny*, 5.
39. Shmela, S. N. (1996): *Hydraulics of perforated pipe under constant water head*. *Proc. 4th International Symposium on Civil Engineering*, Sharif University, Tehran, May. (Készült a BME Vízépítési Tanszékén.)
40. Shmela, S. N. (1997): *Hydraulics of perforated pipes aiming at uniform influx distribution*. Doktori (Ph. D.) értekezés. BME Vízépítési Tanszék, Budapest.

## Néhány hidraulikai probléma a vízépítésben

---

41. Shmela, S. N. (1998): Perforated pipes as a part of the filtering process. *Proc. 2<sup>nd</sup> International Ph. D. Symposium in Civil Engineering*. Technical University of Budapest, Budapest.
42. Slisskij, S. M. (1979): *Gidravličeskoe izmerenie gidrotehničeskijh sooruzenijah*. Energiya, Moskva.
43. US Bureau of Reclamation (1965): *Design of Small Dams*. US Department of Interior, Washington.
44. Varrók E., Haszpra O. (1978): *A dunakiliti tározó szivárgócsatornáinak hatékonyság-vizsgálata*. Közbeső jelentés. VITUKI, Budapest.





# SZÉKFOGLALÓK

## A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA 1995–1998

### I–II. KÖTET

- Bartók Mihály: Térkémi tényezők szerepe a fémkatalízisben
- Bárdossy György: A radioaktív hulladék hazai elhelyezésének földtudományi alapjai
- Farkas Tibor: Membránfoszfolipidek molekuláris összetétele és a testhőmérséklet
- Ferge Zsuzsa: A civilizációs folyamat fenyegetettsége
- Freund Tamás: Agykérgi neuronhálózatok szerkezete és működése
- Görög Sándor: A gyógyszeranalitika szépségei
- Hanák Péter: Modernizáció és antikapitalizmus Magyarországon
- Horváth József: Növényvírusok in vivo
- Ihász Mihály: A pepticus fekélyek korszerű sebészi kezelése
- Kákossy László: Théba a Ptolemaiosz- és a római korban
- Kálmán Alajos: Barangolások kristályrácsokban
- Kulcsár Szabó Ernő: Költészet és dialógus
- Kúnos György: Opio-melanokortin peptidek szerepe a vérkeringés agyi szabályozásában
- Lipták András: Fehérje-szénhidrát kölcsönhatások
- Makkai Mihály: A kategóriaelmélet szerepe a matematika megalapozásában
- Marosi Sándor: A földrajzi táj kutatások összetettsége és alkalmazhatósága
- Meskó Attila: Környezettudomány, környezeti geofizika
- Méhes Károly: Régi és új módszerek az orvosi genetikában
- Palánkai Tibor: Az integráció mérésének néhány elméleti stratégiai kérdése
- Pálinkás Gábor: Molekuláris oldatkémia
- Palkovits Miklós: Agypályák – idegi hálózatok
- Reményi Károly: Paradoxonok a tüzeléstechnikában
- Rézler Gyula: Az arbitráls szociológiája
- Róna Tas András: Honfoglalás és népalakulás a középkori Euráziában
- Sajó András: A jogosultságok lehetősége
- Sárközy András: Hibrid problémák a számelméletben
- Solymos Rezső: Az erdészeti, fatermési és erdőnevelési kutatások eredményei és alkalmazásuk az erdőgazdasági gyakorlatban (1958–1998)
- Somfai László: Kottakép és műalkotás
- Szabadváry Ferenc: Magyar tudománytörténeti tabló, előtérben a kémia
- Szakály Ferenc: Török kori történelmünk kritikus kérdései
- Teplán István: Antitumor aktivitású peptidek
- Terplán Zénó: A gépszerkezettanról
- Tőke László: Szupramolekuláris kémia; koronaéterek
- Venetianer Pál: A génszabászműszerei: a restriktív-modifikációs enzimek
- Vékás Lajos: A szerződési szabadság alkotmányos korlátai
- Vicsek Tamás: A természet geometriája
- Zimányi József: A maganyagtól a kvarkanyagig a nehézion-fizikában

# SZÉKFOGLALÓK 1995–1998, III–V. kötet

- Árkaí Péter: A regionális metamorfózis és jelentősége a Kárpát-medence kéregfejlődésében  
Bauer Győző: Az oxidatív stressz és az antioxidánsok hatása a simaizomszövetekre  
Bérces Tibor: A gyökreakciók sokszínű világa: a reakciók kinetikája és termokémiaja  
Brassai Zoltán: Végtagkeringési zavarok új kezelési lehetőségei  
Csányi Vilmos: Uvelkedés, környezet, gének – etológiai tanulmányok  
Dohy János: Biotechnológia és állattenyésztés – új eredmények, kihívások, kilátások  
Fonyó Zsolt: Integrált vegyipari rendszerek folyamatszintézise  
Friedrich Péter: Fehérjék, enzimek, emlékezet  
Gáspár Zsolt: A számítógépek hatása a tartószerkezetek mechanikájára  
Géczy Barnabás: Kontinuitás, krízis, katasztrófa az ammoniteszek törzsejlődésében  
Grätzer György: Hálóelméleti függetlenségi tételek  
Harmathy Attila: A magyar polgári jogról 1999-ben  
Haszpra Ottó: Néhány hidraulikai probléma a vízépítésben  
Hatuani László: Differenciálegyenletek megoldásainak stabilitási tulajdonságai  
Heszkó László: Morfogenezis haploid és szomatikus sejtekből *in vitro*  
Hollósi Miklós: Kiroptikai spektroszkópia: változatok egy témára  
Konti László: Az uráli/finnugor „ösnyelv”-ről  
Horváth János: Disztribúciók és topológikus vektorterek  
Kiss Lajos: Az új európai víznév kutatás  
Kosa László: A magyar néprajz 1945 után  
Kristó Gyula: Előd  
Lámfalussy Sándor: Szerkezeti változások az európai pénzpiacian  
Lőrincz Lajos: Összehasonlítás a közigazgatás kutatásában  
Major György: Napsugárzás a légkörben és a felszínen  
Nagy Béla: A háziállatok enterális colibacillosisai  
Nagy Elemér: A klasszikus fizikától az anyagtudományig  
Nagy István: Változó struktúrájú nemlineáris rendszerek  
Nagy-Tóth Ferenc: Fényhatásvizsgálat egysejtű zöldmoszatokon  
Naray Szabó Gábor: Elektrosztatikus katalízis  
Németh Judit: A nehézion-fizika és asztrfizikai alkalmazásai  
Orbán Miklós: Kémiai periodicitás időben és térben  
Pápay József: Föld alatti gáztárolás porózus közetekben  
Papp László: A legyek ritkaságáról  
Péter Mihály: Néhány gomba- és baktériumfaj uvelkedése a létfeltételek alsó határán  
Petrányi Győző: A szuppresszív immunreguláció alkalmazása a transzplantáció és a reprodukció immunológia klinikai gyakorlatában  
Pléh Csaba: A relativizmus kérdései és a mai pszicholingvisztika  
Salamon Miklós: Közetmechanika fejlődése – egyéni szemzőből  
Sitkei György: A talaj-kerék kapcsolat néhány elméleti kérdése  
Spát András: A kalcium jel és a mitokondrium működése  
Szabad György: A parlamentáris kormányzati rendszer megteremtése, védelmezése és kockáztatása Magyarországon (1848–1867)  
Szabó András: Alkotmány és büntetőjog  
Szabó Miklós: Tumultus Gallicus  
Szegedy-Maszák Mihály: A Nyugat és a világirodalom  
Szentes Tamás: Fejlődés, rendszerváltás és versenyképesség a globalizálódás korában  
Toth Klára: Selektív érzékelők jelentősége a kémiai analízisben  
Uray Zoltán: Sugársérülések mérséklése kémiai és biológiai anyagokkal  
Urály György: Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása  
Varga János: Földeskü  
Vaskovics László: Társadalmi modernizáció és a szülői szerepváltozás összefüggései  
Vértés Attila: Fullerénvegyületek Mössbauer-spektroszkópiája  
Vizkelety András: A Leuveni Kódex magyar scriptorai  
Zalai Ernő: Neumann János: klasszikus vagy neoklasszikus?