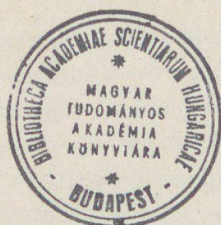


A DUNAI ÉS TISZAI VÍZLÉPCSŐK LÉTESÍTÉSÉNEK HIDROLÓGIAI KÉRDÉSEI

AZ 1951 JÚNIUS 19—20-ÁN MEGTARTOTT
AKADÉMIAI HIDROLÓGIAI KONFERENCIÁN
ELHANGZOTT ELŐADÁSOK
ÉS HOZZÁSZÓLÁSOK



1952



ELŐSZÓ

A Tisza és Duna folyón létesítendő vízlépcsők *hazánk természetátalakítási tervének* legfontosabb részei.

A Tizántúl természetátalakítási tervének gerincét a *Tisza folyó csatornázása* alkotja. A folyóba épített három vízlépcső segítségével mintegy 350,000 hektár területet teszünk öntözhetővé. Ehhez a hatalmas öntözési programhoz erdősítési, fásítási, talajjavítási munkálatok kapcsolódnak össze. Ezenkívül a belvízrendezés és ármentesítés fejlesztése is szerves része a tervnek, amelynek segítségével még biztonságosabbá és eredményesebbé tesszük a mély területek mezőgazdasági termelését.

Az energiatermelés érdekében erőtelepek, a víziközeledés érdekében hajószilipek épülnek a vízlépcsőkben. A Tisza folyó a hozzá csatlakozó és kerekén 100 km hosszú — a Tizántúlt átszelő — hajózható öntöző főcsatornával és a befogadó Körös vízrendszerrel együtt nagy teljesítőképességű hajóutat biztosít, amelyen az év minden szakában 1000 tonnás uszályok közlekedhetnek. A vízerőtelepek az országnak energiahordozókban legszegényebb vidékén adnak áramot a települések és a mezőgazdaság számára.

A *dunai vízlépcsők* elsősorban az energiatermelés érdekében létesülnek, de itt sem hanyagolhatók el a hajózás és az öntözés szempontjai.

Mind a dunai, mind a tiszai vízlépcsők létesítésével és a hozzájuk vízgazdaságilag kapcsolódó területek, illetőleg országrészek rendezésével egyidejűleg meg kell oldani az ipari- és ivóvízellátás, továbbá a halászat problémáit is. Az épülő vízerőművek, de különösképpen a dunai erőtelepek az ország számára *jelentős szénmegtakarítást* eredményeznek majd.

A szóbanforgó nagy vízi műtárgyak létesítéséhez — amelyekhez hasonló méretű művek Magyarországon eddig még nem épültek — rendkívül sok és igen bonyolult tudományos kérdést kell tervszerűen megoldani. Ezek közül a problémák közül — a dolog természetének megfelelően — kiemelkednek a hidrológiai és hidrogeológiai feladatok.

A magyar tudományos világnak különös öröme szolgált, hogy e feladatok megoldásának kezdeti nehézségeinél nálunk tartózkodott *L. A. Eliava* szovjet szakértő mérnök, a tbiliszi vízerőmű tervező irodájának vezetője, aki behatóan tanulmányozta a Tisza-csatornázással és a dunai vízlépcsőkkel kapcsolatos hidrológiai és hidrogeológiai kérdéseket. Különösen a *duzzasztás és a talajvízállás kölcsönhatását* vizsgálta. Részletes vizsgálatainak eredményeit összefog-

1. Osztályközlemények VI.



MTA
KIK



laló tanulmányának rövid kivonatát a Konferencián is előadta. Ehhez az előadáshoz csatlakoztak azután az árvízkérdéssel, a jéggel, a hordalékkal és a dunai vízerőhasznosítás problémájával foglalkozó előadások.

Az elhangzott előadások alapos visszhangot keltettek, amit a kiadványban közzétett vitaanyag élénken bizonyít.

A Magyar Tudományos Akadémia Konferenciájának — melynek anyagát itt közöljük — az volt a célja, hogy a dunai és tiszai vízlépcsők megvalósításával kapcsolatos legfontosabb hidrológiai kérdéseket széleskörű tudományos megvitatás tárgyává tegye, a vita eredményeit a feladatokkal foglalkozó kutatóintézetek és tervezőirodák számára leszűrje és ezzel e művek megvalósítását, az országos jellegű természetátalakítási tervek leghelyesebb megoldását elősegítse és ezzel is előbbre vigye ötéves népgazdasági tervünk egyik legjelentősebb feladatának végrehajtását.

A résztvevő román és cseh tudósok értékes hozzászólásaikkal jelentősen hozzájárultak a konferencia sikeréhez.

A TISZA-CSATORNÁZÁS LEGFONTOSABB HIDROLÓGIAI PROBLÉMÁI

L. A. ELIAVA

a Tbiliszi Állami Vízerőmű Tervező Intézet vezetője

A feladat megismeréséhez a következő anyag állt rendelkezésemre :

a) a Vízrajzi Intézet évi jelentései, amelyek az egész országra vonatkozó vízrajzi, csapadék- és meteorológiai adatokat tartalmazzák ;

b) a megfigyelő kutakban észlelt talajvízszint ingadozások ;

c) a talajvízszintet, annak a föld színe alatti mélységét és az ingadozások értékeit jellemző rétegvonalas térképek és

d) az adott vidék geológiai tanulmányozásáról összeállított anyag.

Miután a meglévő anyag és az adott kérdésekben érdekelt több vezető munkatárssal folytatott megbeszélések alapján kialakult a végleges vélemény, kitűnt, hogy a talajvízmozgásokra vonatkozó elvi kérdésekben a nézetek meg-egyeznek. Így a következtetések alakjában adott véleményt úgy kell tekinteni, mint e kérdésben már kialakult véleményhez való csatlakozásomat.

I. Természeti adottságok

1. A domborzati viszonyok jellemzése

Topográfiailag a Tiszavölgy egyenletes terepalakulat, északról dél felé, a folyó folyásával megegyező irányban húzódó általános eséssel. Kiemelkedések vannak a medencének a folyó balpartja felőli északkeleti és délkeleti részein. A jobbparti részen észak felől a folyóhoz a Kárpát hegység nyúlványai ereszkednek le. A jobbpart többi része a Duna—Tisza köze, amelyet buckás szakaszok jellemeznek.

A Tisza-medencében olyan területek is vannak, amelyek alacsonyabban fekszenek a folyó árvízszintjénél. Ilyen részek a balparti vidékeken : a Büdsszentmihály és Polgár közötti terület, a Tisza és Hortobágy folyó között a Törökszentmiklós—Kisújszállás—Karcag vonalában fekvő terület, a Kurca és Tisza folyó szöge, valamint a Maros és Tisza folyók köze. A jobbparti részen a mélyenfekvő vidékek a következők : a Bodrog és Tisza folyók szöge ; Tiszabő község és Szeged város környéke.

2. A terület geológiai jellemzése

A tiszamenti alföld geológiai jellemzése vízáteresztőképesség szempontjából nagy általánosságban a következő: a Tisza folyó medencéjének legnagyobb része kevésbé vízáteresztő talajból áll, legtöbb helyen agyagos és iszapos összetételű. A medence egyrésze futóhomokkal van borítva, legnagyobbak a Nyírség, a Nagykúnság, a Duna—Tisza köze és Sajó—Hernád közötti területek. E helyek jó vízáteresztők.

A Tisza és a Zagyva árterületeinek talajai szivárgási szempontból gyengén áteresztőnek minősítendők.

Tektonikai szempontból a Tisza völgyét törések sora szabta meg.

Ezek közül fontosabbak azok, melyek körülbelül egybeesnek a Tisza és Körös folyók medrével.

3. Hidrológia és meteorológia

A Tisza-medence hidrológiai és meteorológiai viszonyainak feljegyzését a medencében elhelyezett állomások és megfigyelőhelyek széles hálózata végzi. Az így összegyűjtött hosszú idejű megfigyelésekből meg lehet állapítani a folyó vízjárásának és a meteorológiai körülményeknek főbb jellemző tulajdonságait.

A Tisza táplálásában jelentős szerepet játszanak az olvadási és esővizek, amit a vízállások idősgörbéjének jellegzetes csúcsaiból és azoknak nagy számából láthatunk.

A meteorológiai körülmények sajátása: a hőmérsékletváltozás azonos jellege és az egész Tisza-medencében egyidőben végbemenő esőzés. Ez a fizikai-földrajzi viszonyokkal és az aránylag nem nagy területtel magyarázható. A legtöbb esetben, ha az Alföldön esőzések vannak, akkor esik a hegyvidékeken (a Tisza és mellékfolyói felső szakaszán) is, ami a folyó forrásvidékeinek és a vízgyűjtő-medencék felső részeinek nem nagy tengerszint feletti magasságával magyarázható. Így a Tiszavölgy csapadékgrafikonja és a folyó vízállási idősgörbéje legtöbbször egyidejű hullámokat mutat (az Alföldön és a hegyes vidékeken egyidőben végbemenő esőzések miatt, ami a medence alföldi részének a folyóra gyakorolt látszólagos és gyors hatását mutatja). A folyó vízállásgörbéjének a tiszai medence csapadékgrafikonjával való összehasonlításakor megfigyelhető, hogy a csapadékok és a vízállásgörbe-csúcsok között a folyó alsó szakaszán néhány napi eltolódás van. Ez az eltolódás azzal az idővel magyarázható, amely arra szükséges, hogy az árhullámok a hegyvidékekről a folyó alsó folyásáig eljussanak.

4. Hidrológia

A talajvizek mozgásának tanulmányozását a Tisza-medence egész területén elhelyezett kutak segítségével végzik. A kutak száma több mint 500. Jelenleg a megfigyelés az összes kutaknál havonta tízszer, azaz minden harmadik nap történik.

A megfigyelés időtartama az egyes kutaknál különböző. A maximális időtartam 17 év.

Az elmúlt időben csak a talajvíz vízszíntingadozását mérték, a többi jellemzőt, pl. a mozgás irányát, mozgás sebességét, stb. még nem tanulmányozták.

A talajvizek szintjére vonatkozó megfigyelések adatai alapján több térképet szerkesztettek az egész Tisza-medencének és a Duna—Tisza közének izohipszáival.

II. A talajvízmozgások elemzése

(Magyarázó ábrák a tanulmány végén)

Ha elemezzük a talajvíz szintjére vonatkozó megfigyeléseket, akkor megállapíthatjuk ingadozásaik különböző jellegét. Ezek:

- a) a folyó vízszíntváltozásainak megfelelő ingadozások,
- b) a nyári időszak kivételével a folyó vízszintjének változásával megegyező ingadozások,
- c) a kismértvű ingadozások, melyek az idősorgrafikonban közel vízszintes vonalat adnak.

Az a) eset olyan kutaknál fordul elő, melyek a folyó közvetlen közelében vannak. Az, hogy a folyó vízállásváltozásai egybeesnek a kutakban való ingadozásokkal, azt mutatja, hogy ezeken a helyeken a folyó kapcsolatban van és befolyást gyakorol a talajvizek szintjére.

A b) eset azoknál a kutaknál áll fenn, melyek a folyó közvetlen közelébe eső sávon túl vannak olyan helyeken, ahol nincs mélyen a talajvízszint. Összehasonlítva ezekben a kutakban a talajvízszint ingadozásának grafikonját a folyó vízszíntváltozási grafikonjával, valamint a csapadékok és a hőmérsékleti ingadozás grafikonjaival — azt a következtetést lehet levonni, hogy a talajvíztükrök alakulása a csapadék és a hőmérséklet függvénye.

Ezt a következtetést bizonyítani lehet azzal, hogy a nyári időszakon kívül a talajvízállás és a csapadék ingadozása teljesen megegyezik. A nyári időszakban azonban ez a szinkron helyzet a magas hőmérséklet és a párolgás miatt nincs meg. Emiatt a talajvízészlelő kutak vízállásingadozását kifejező grafikon nyári szakaszai kismértékű ingadozást mutatnak. Ha a folyó hatást gyakorolna ezekre a kutakra, úgy a folyó vízszintje és a kutak vízszintje közötti ingadozásban megnyilvánuló egyidejűség a nyári időszakban is feltétlenül érvényesülne. Bizonyítani lehet még a Tisza és a talajvízállás közti függetlenséget azzal is, hogy hiányzik az egyidejűség az ingadozásoknál akkor is, amikor a folyóban az árvizeket csak a hegyvidéki csapadék okozza.

A c) pont azoknak a kutaknak az esete, melyek éppen úgy, mint a b) pontba tartozók, a folyó közvetlen környezetén kívül vannak, de a talajvíztükrük mélyen van. A kis ingadozásokat ebben az esetben a csapadék kisebb

befolyásával magyarázhatjuk, minthogy a talajvíz mély fekvése miatt azok vízszintje csak később és lényegesen kisebb mértékben reagál a csapadékokra. Ezekben a kutakban a talajvízszint kismértékű ingadozása ugyancsak azt bizonyítja, hogy a folyó nincs rá hatással.

A talajvízrétegvonalak térképe — a talajvízszint sokévi átlagos állása — világosan visszatükrözi, hogy a talajvízfelszín a Tiszántúl és a Duna—Tisza köz domborzatával nagyjában megegyezik. Ez a megegyezés a talajvízszint és a terepalakulás között ugyancsak igazolja azt, hogy a földalatti vízgyűjtőket csapadék táplálja.

A talajvíztükörnek a felszín alatti átlagos mélységét jelölő térképen figyelemreméltó néhány tölsér. Ezek közül a legnagyobb a Körös-medencében van, a Kettős Körös és a Berettyó összefolyása alatt. E tölsérnek a Körös és Hortobágy összefolyásánál lévő középpontja egybeesik a Körös medre mentén húzódó tektonikus vetődés vonalával. A tölsér jelenléte alapot ad annak a feltételezésére, hogy a talajvíz ezen a helyen depressziós területet alkotva a tektonikus repedésen keresztül lejjebb fekvő szintbe folyik.

Azonos jelenségnek kell előfordulnia két másik kisebb méretű tölsérben is, amelyek középpontja ugyancsak egybeesik a Tisza mentén vonuló tektonikus törésekkel. Ezek egyike a Tisza felső szakaszán, Záhonynál, a másik a középső szakaszon, Tiszafürednél van.

Ami a Debrecenről keletre levő tölsért illeti, annak középpontja nem esik egybe a tektonikus töréssel, hanem kissé északra esik. Lehetséges, hogy a tölsér képződésének oka az ottani kőzet nagyobb áteresztőképessége.

A talajvízszint maximális ingadozását sokévi átlagban kifejező vízszintrétegvonalterkép abból a szempontból figyelemreméltó, hogy a kilengés maximális értéke a Tiszához közvetlenül csatlakozó helyen van.

Figyelembevéve, hogy a Tisza medre nagyjában tektonikus repedés felett helyezkedik el, fel lehet tételezni, hogy a nagyobb kilengések oka ez a repedés. Lehetséges, hogy a folyóban hosszú ideig tartó alacsony vízállás esetén a »talajvízszint«, — a folyó közvetlen közelében kis áteresztőképességű helyeken, — annak következtében csökken, hogy a talajvíz ebbe a repedésbe folyik, hosszú ideig tartó magas vízállás esetén pedig a talajvízszint megfelelően emelkedik.

III. Következtetések

A kérdés ismeretének jelenlegi fokán az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

1. A Tiszántúl talajvízmozgásának további pontos megállapítása érdekében — úgy a jelenlegi, mint a csatornázás utáni állapotnak megfelelően, folytatni kell a tudományos munkát és az észlelési adatok gyűjtését.

2. *A tiszai alföld földalatti vízgyűjtőit a csapadék táplálja. Ezzel kapcsolatban a talajvízszint ingadozását mindenütt, a közvetlenül a folyóhoz csatlakozó*

szakaszok kivételével, a csapadékjárás és a csapadéknak mind a felszínről, mind a talaj mélyéből történő elpárolgását előidéző hőmérsékletviszonyok okozzák.

Néhány esetben említésreméltó a helyi jellegű adottságok hatása, mint pl. a talaj áteresztőképességi együtthatójának vagy az egyes helyek geológiai szerkezetének különbsége. Ezzel lehet feltételesen magyarázni a talajvíztükörben több tölcser jelenlétét és a talajvízszint nagyobb ingadozását a folyók közelében.

A talajvízszintingadozás alapján három jellemző alakban fordul elő:

a) A terepszinthez közeli talajvízállású helyeken a szint a csapadékjárásnak megfelelően ingadozik, a meleg időszak kivételével, amikor a párolgás befolyásolja a talajvízszint ingadozását és ezzel megzavarja a csapadékos talajvízszintingadozás jellegének hasonlóságát.

b) Alacsony talajvízállású helyeken, annak következtében, hogy a talajvízszint nem reagál gyorsan az időjárási tényezők változásaira és a hőmérséklet ingadozására, a talajvízszintingadozás az egyenes vonalhoz közelállóan kiegyenlített jellegű.

c) A folyó közvetlen környezetében a talajvízszint a folyó vízszintjét követve ingadozik.

Ilyen módon a talajvíz, a folyó közvetlen közelében lévő helyek kivételével, nincs összefüggésben a folyó vízszintjével.

Az ismeretek jelenlegi állapota a tárgyalt kérdésben nem ad lehetőséget annak megállapítására, hogy a Tisza-medence földalatti vízgyűjtői távolabbi tényezőkkel, mint például szomszédos folyómedencékkel, vagy távoli hegyvidékek talajvizével összeköttetésben vannak-e. Ha ilyen tényezők vannak is, azok nagy talajvízszintingadozást, amilyent magas vízállású kutakban lehet megfigyelni — nem okozhatnak, hanem csak a földalatti vízgyűjtő részbeni táplálásában tudnának résztvenni.

3. A Tiszavölgy talajvízmozgását a tervezett viszonyok esetében a Tiszán a tiszalöki, tiszabői és szegedi szelvényben épített gáttal létesített duzzasztott vízszint határozza meg. A duzzasztott vízszint hatását a talajvíz mozgására általános esetben két tényező befolyásolja:

a) a duzzasztás magassága és b) a duzzasztás időtartama.

Ami a duzzasztás magasságát illeti, az mind a három szelvényben lényegesen alacsonyabb az árvíz idején észlelt nagyvizek szintjénél. A duzzasztott vízszint Tiszalök, Tiszabő és Szeged vízierőműveinél 94, 87 és 79 m A. f., a maximális árvízszint pedig ugyanezekben a szelvényekben 98, 90 és 84 m A. f.

A megfigyelések adatai alapján megállapították, hogy az árvízszint a talajvízmozgásra nem hat gyorsan. Ennek következtében teljesen nyilvánvaló, hogy egyébként azonos körülmények között a duzzasztott szint ugyancsak nem gyakorol hatást.

Ami az időtartamot illeti, mindenekelőtt meg kell jegyezni, hogy a csatornázás előtti időben az áradás időszaka hozzávetőlegesen 1—5 hónap, míg a csatornázás után a duzzasztott szint időtartama állandó lesz.

Nem tulajdonítok az időtényezőnek nagyobb jelentőséget a tiszai duzzasztás következtében beálló talajvízmozgásoknál az alábbi megfontolások alapján:

a) A folyóból adott duzzasztási viszonyok mellett történő szivárgásra vonatkozó számítások a Tisza alsó folyásánál lévő területek egyikére határozott eredményt adtak. E számítások szerint a folyó közelében a talajvízszint jelentéktelen mértékben emelkedik, a folyótól távolabb azonban ez gyakorlatilag megszűnik.

A számított emelkedett talajvízszint a legtöbb esetben alacsonyabb a fentemlített alföldi területek felszínénél és nem veszélyes annak elmocsarasodása szempontjából.

b) Abban az esetben, ha a magas vízszint és a talajvíz között összefüggés volna, a talajvízszintnek, a tavaszi magas áradásnak 1—5 hónapnyi ideje alatt bár nagy időeltolódással, reagálnia kellene.

c) A Tiszához csatlakozó alföldi területeket alkotó talajok geológiai összetétele és azok geológiai értékelése vízáteresztőképeség szempontjából kedvező.

d) *A tervezett viszonyok között a talajvíz emelkedését korlátozó fontos tényező a felső és az alsó böge közötti vízszintkülönbség. Ez utóbbi a gát megkerülésével a felső böge felől az alsó felé jelentős esést okoz.* Ez az esés a szivárgási áramlásokat — ha ilyenek elő is fordulnak — nem a folyótól oldalirányban, hanem a gátat megkerülő irányban alakítja ki. Igaz, hogy ennek az esésnek a hatása a folyón felfelé a gát szelvényétől való távolodás mértékében csökken, de viszont ugyanúgy csökken a duzzasztás nagysága is, közeledve a természetes feltételekhez.

Abban az esetben, ha közvetlenül a folyóhoz csatlakozó helyek elmocsarasodása a műtárgyak építése után előfordul, akkor az csak korlátozott keretek között képzelhető el és ellene a jelenlegi belvízátemelés segítségével könnyűszerrel védekezhetünk.

Valamennyi fent felsorolt következtetés vonatkozik a Bodrog—Tisza közére abban az esetben, ha töltésekkel körül lesz zárva.

Ilyen módon a fent elmondottakból kiindulva az alföldi területek egyes részeinek a folyóból szivárgás útján történő elmocsarasodásának lehetőségét nem kell gátló tényezőnek tekinteni a tiszai probléma megoldásában.

4. A talajvizek áramlása kérdésének további kiderítése céljából folytatni kell azok szintjének állandó megfigyelésével kapcsolatos munkát. Ezenkívül meg kell szervezni a talajvizek mozgási irányára és azok sebességére vonatkozó megfigyeléseket. A mozgás irányára és sebességére nézve kapott adatok a talajvíztükör ingadozására vonatkozó adatokkal együtt lehetővé teszik, hogy kellő megbízhatósággal felderíthessük a talajvizek egész természetét. Különösen ki-

deríthetjük, hogy mi okozza a talajvizek felszínén a tölcserképződést és a nagy ingadozásokat a Tisza folyóval kapcsolatban álló részeken. Ez megkönnyíti azt is, hogy megállapíthassuk a földalatti víztároló természetére befolyással bíró egyéb tényezőket is. *A talajvizek mozgásának tanulmányozási rendszerében igen fontos körülményként szerepel a tervezett viszonyok között a tiszalöki vízerőmű befejezése és azon a tervezett duzzasztás létesítése. Megfelelő észleléseket kell majd elvégeznünk a talajvíztükör változásának rögzítésére a tiszalöki vízerőmű üzembehelyezése után.*

A talajvizek mozgásának a tervezett viszonyok közötti tanulmányozásával kapcsolatban fentebb elmondottaknak igen nagy jelentősége lesz az egész földalatti víztároló tanulmányozása szempontjából.

Ez a kérdés különösen fontos a szegedi vízerőmű tekintetében, amennyiben a talajvizeknek a tervezett viszonyok közötti kedvezőtlen mozgása a város területén káros hatásokat okozhat.

Abban az esetben, ha a további tanulmányozás során megerősítést nyer az a feltételezés, hogy az ingadozások nagy értékei a folyó mentén összefüggésben vannak a tektonikus törésekkel, akkor szükségessé válik, hogy mennyiségileg értékeljük a folyóból a duzzasztásnál az adott repedésbe menő szivárgási veszteségek nagyságát. Ez a körülmény fontos a vegetációs időszak alatti minimális vízhozamok esetében vízszegény évben.

Annak a kérdésnek eldöntésénél, hogy milyen sorrendben kell elvégezni az előttünk álló, e tanulmányban leírt munkát, tekintetbe kell venni, hogy a hidrológiai kérdések, amikor azok nagy területet átfogó általános, regionális természetűek, az adott vidék általános geológiájába tartoznak.

Ebben az esetben nem lehet a hidrológiai folyamatot tanulmányozni anélkül, hogy párhuzamosan és azzal szoros összefüggésben ne tanulmányoznók a geológiát is. Ezzel kapcsolatban helyes volna a munkák leírt terjedelmét két részre osztani.

Az elsőt, a tulajdonképeni *hidrogeológiai részt*, amely egyik részében geológiai is, és amelynek igen nagy része tudományos jellegű, a Földtani Intézet végezné el.

A második részét pedig, amelynek szükségességét a Tiszacsatornázás megvalósítása diktálja, át kell adni az építéssel kapcsolatban levő szervezetnek (*Hidrológiai Intézetnek*). A munka második részébe a következő elemeket kell felvennünk:

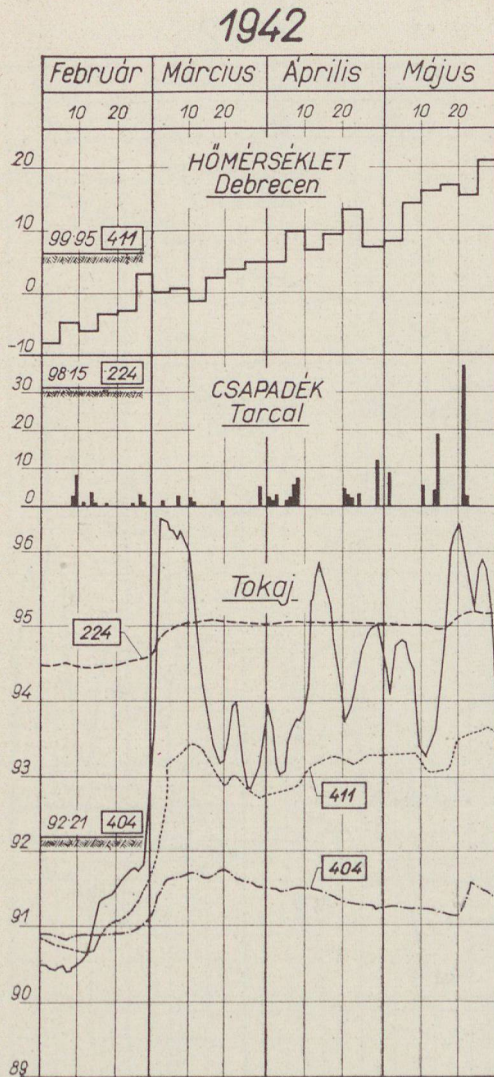
a) a hidrológiai viszonyok változásának rögzítése a tiszalöki körzetben a mű megépítése után,

b) a szükséges hidrológiai munkálatok megállapítása Szeged környékén a kiinduló adatok kiderítése szempontjából,

c) annak megállapítása, hogy lehetséges-e tektonikus repedésbe való szivárgás a Tisza folyó mentén a tervezett körülmények között,

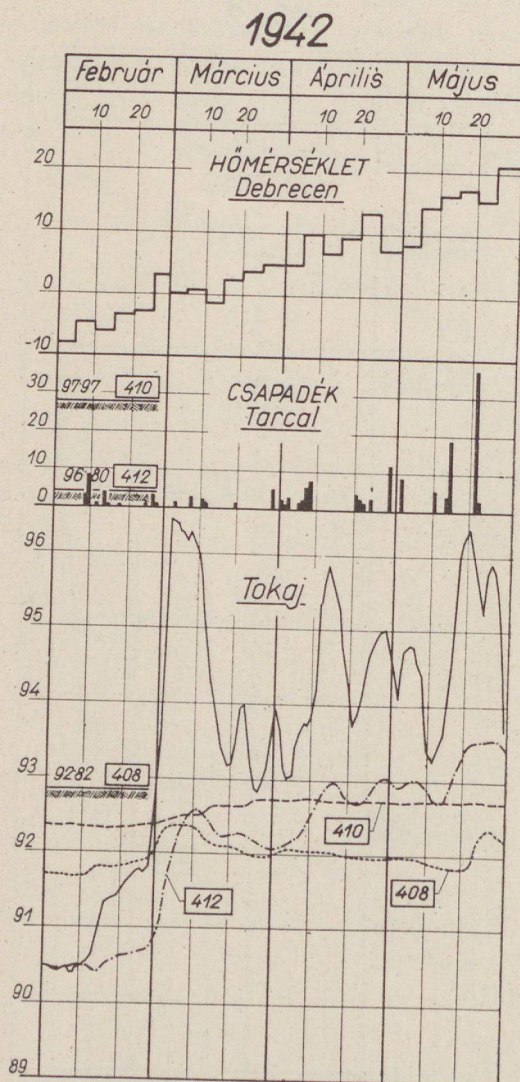
d) a szivárgásra vonatkozó számítások, éspedig mind a meglevő, mind pedig a tervezett körülmények között stb.

Abban az esetben, ha a munkák szétválasztására vonatkozó fent leírt elképzelésünket figyelembe veszik és meg is valósítják, akkor e munkák végrehajtói között a legszorosabb kapcsolatot kell létesíteni, hogy kiküszöböljük a munkában előállható párhuzamosságot, valamint abból a célból, hogy a gyakorlat által támasztott összes feladatot helyesen és kötelezően vegyük figyelembe.



1. ábra magyarázata

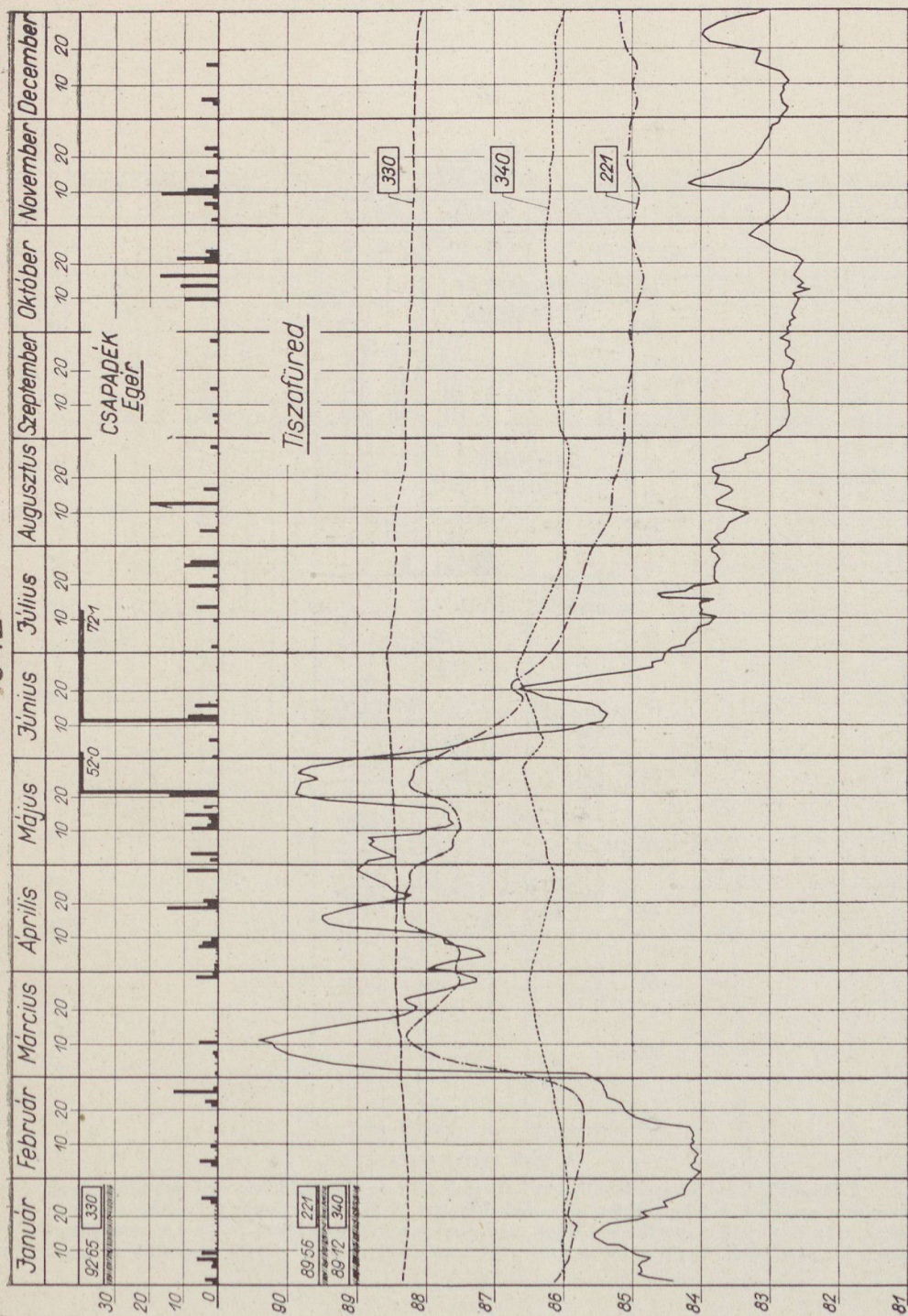
Az ábra feltünteti a Tisza 1942. évi vízállás idősora mellett 3 talajvízkút vízállásidő-sorát is. A 411-es kút a Tiszától 70 m-re helyezkedik el és az a) típusba tartozik. A 404-es kút a b) típusnak egy jellemző példája, ahol a talajvíz általában 1 m-re van csak a terep alatt és ezért a csapadék döntő befolyással van a vízállásra. A 2500 m-re fekvő 224-es kút vízszí-nek kismértékű mozgását a talajvízszint mélysége mellett a felszint borító talaj vízzárósága okozza.



2. ábra magyarázata

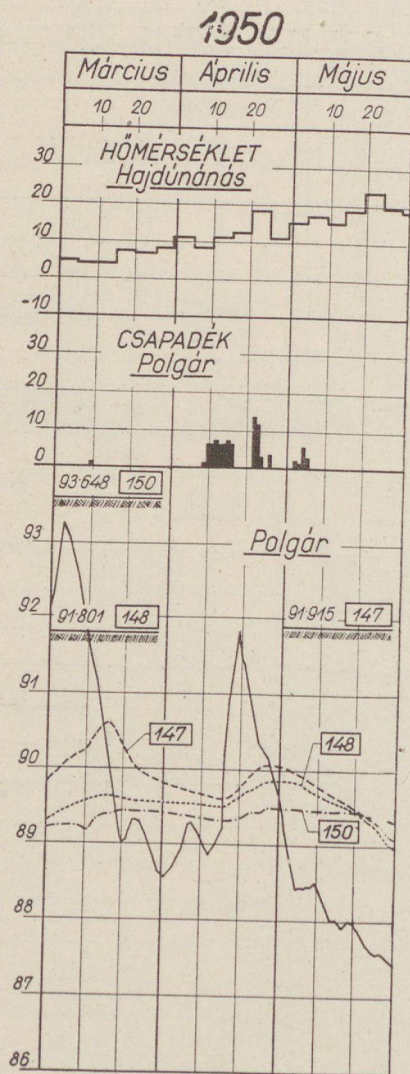
A Tisza 1942-ben levónuló 3 hónapos magas árvízét és három kút idősorát tünteti fel az ábra. A 412. számú kút 200 m-re fekszik a Tiszától és talajvízszintje láthatóan együtt mozog a Tisza vízállásával. A 6,6 km-re fekvő 410. sz. kút vízszintje a terep alatt mintegy 5 m-re helyezkedik el, ezért a csapadék igen kevésbé befolyásolja, ugyanakkor a 9,5 km-re fekvő 408-as kút, melynek átlagos talajvízállása a terep alatt mindössze 1 m-re helyezkedik el, teljesen a csapadék és hőmérsékleti viszonyok hatása alatt áll, melyet a talajvízállás feletti csapadék és hőmérsékleti idősorok jól mutatnak.

1942



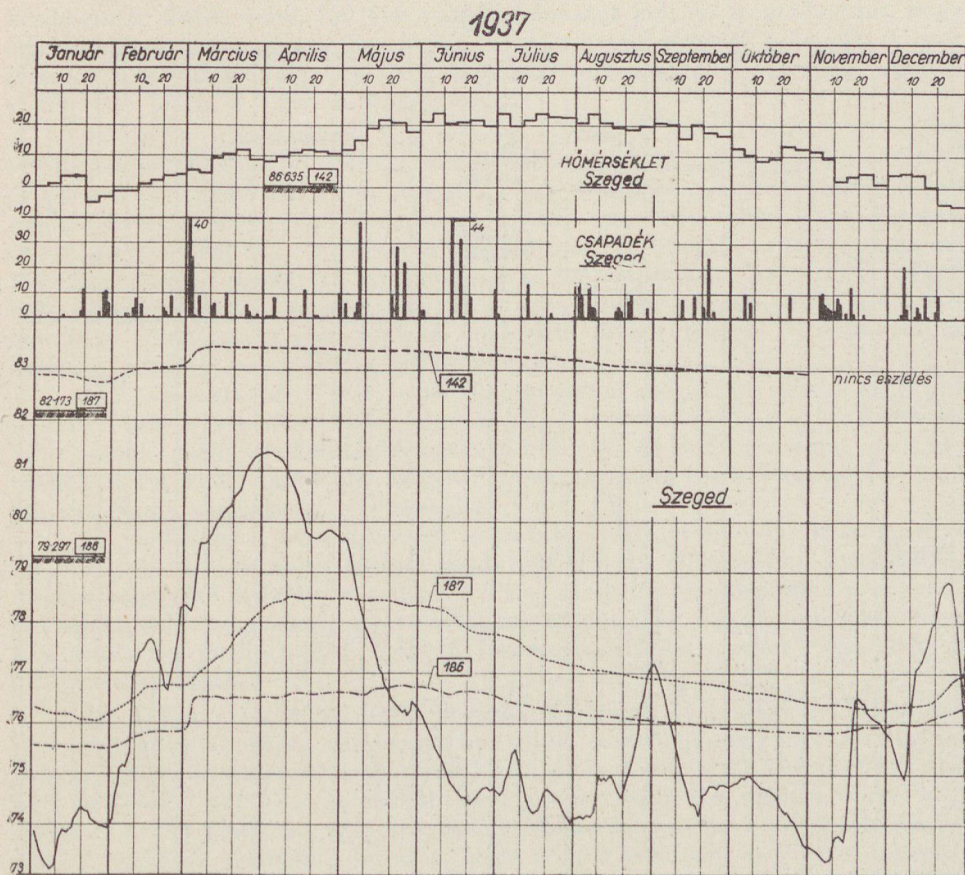
3. ábra magyarázata

A Tisza 1942. évi vízállásidőszora mellett három különböző jellegű kút idősorát láthatjuk. A Tiszától 70 m-re fekvő 221. számú kút szembeötlően az a) csoportba tartozik és némi késéssel bár, de kifejezetten követi a Tisza vízállását. A b) csoportba tartozik a folyótól 13 km-re fekvő 340. számú kút, míg a Tiszától 2 km-re lévő 330. számú kút a c) csoportra jellemző idősgörbét mutat.

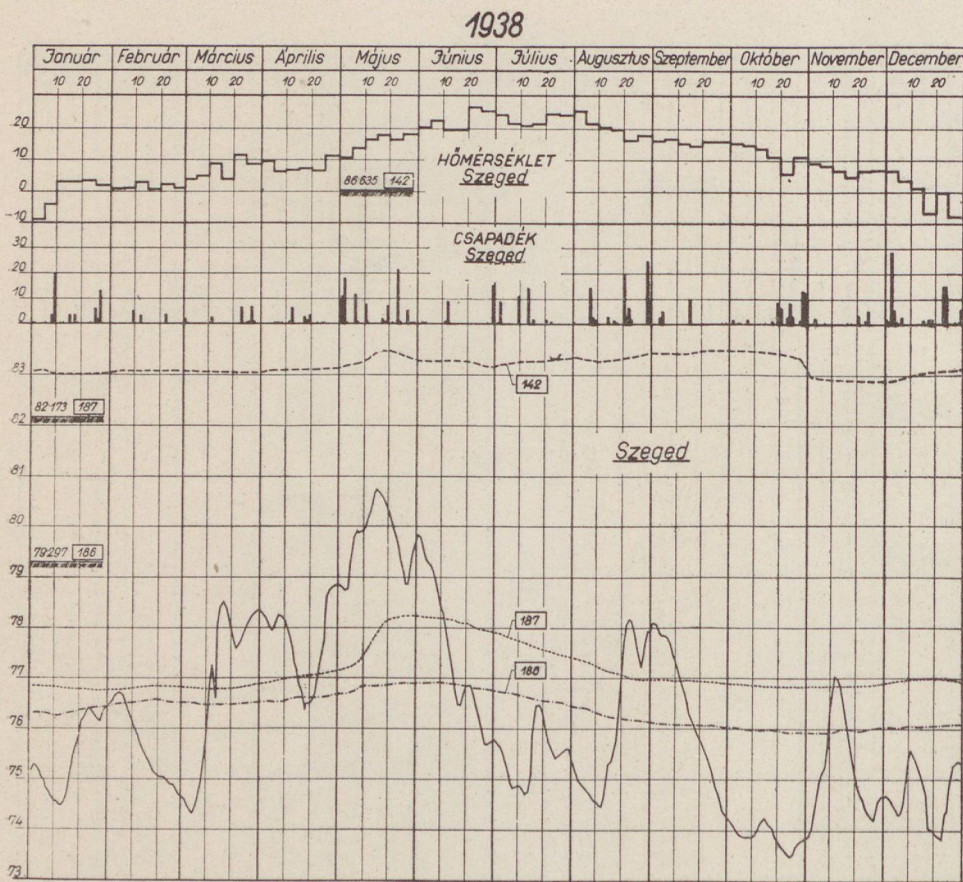


4. ábra magyarázata

A Tisza 1950. évi tavaszi árhullámát láthatjuk a 3 talajvízészlelő kút egyidejű idősorával, valamint a csapadék és hőmérsékleti idősorokkal együtt. A 147-es kút, mely a Tiszától 514 m-re fekszik, még az a) jelű csoportba sorozható, ugyanakkor a 876 m-re fekvő 148-as kút már jellegzetesen b) csoportbeli. Végül a 150-es kút, a Tiszától 3372 m-re, a c) jelű csoportba tartozik.



5/a. ábra



5/b. ábra

5/a. és 5/b. ábrák magyarázata

Két jellegzetes évet: az 1937-t és 1938-t tüntetik fel az ábrák, a csapadék és hőmérsékleti idősorokkal együtt. A talaj szerkezetének a Tisza mentén lefelé haladva bekövetkező finomodására mutat az, hogy a Szeged melletti 187-es kút, amely 200 m-re van a Tiszától, még az a) csoportba tartozik, mert az 1937. évi tavaszi és 1938. évi nyári árhullám észrevehető emelkedést okozott benne, a Tiszától 750 m-re fekvő 186-os kút azonban már a b) típusba tartozik. Végül feltüntették a királyhegyesi kút vízállásidősorát, amely a c) típusba tartozik, főként a felső talaj igen kis vízáteresztőképessége miatt. Ez a kút a Tiszától 30 km-re van. Az előírányzott szegedi duzzasztás vízszintje 79.0 m-t, amiből jól látható, hogy még az 1937. évi nem nagy árvizek idején is jóval magasabb vízállások fordultak elő a duzzasztásban előírtnál.

HOZZÁSZÓLÁSOK

L. A. ELIAVA előadásához.

NÉMETH ENDRE műegy. ny. r. tanár

A Tisza-csatornázás egyike a magyar népgazdaság legfontosabb súlyponti kérdéseinek. Több, mint 150 éve vajúdó feladatot kell itt megoldanunk, hogy az Alföldet a korszerű mezőgazdasági termelésre alkalmassá tehessük. Ennek biztos alapja a Tiszavölgy korszerű vízgazdálkodásának megvalósítása, aminek előfeltétele pedig a Tisza csatornázása.

Az ilyen nagyszabású vízgazdasági program megvalósítása érdekében létesített műtárgyaknak az előirányzott célhatáson kívül kisebb-nagyobb mértékű és jelentőségű mellékhatásai is vannak, amelyek gyakran nyilvánvalóan hátrányosak, néha pedig egyenesen számottevő áldozatot követelnek meg. Egészen természetes tehát, hogy a Tisza-csatornázásnak is lesznek, a vízgazdálkodás jóformán minden ágazatára kiterjedő üdvös hatása mellett, helyenként jelentkező hátrányos következményei is. Az okszerű tervezés feladata ezeket a várható hátrányos következményeket feltárni, megfelelő létesítmények tervezésével elhárítani, illetőleg megengedhető mértékre szorítani.

A Tisza-csatornázás terveinek elkészítésével megbízott állami szerveink is azt a helyes utat követték, hogy a Tisza csatornázásának igen sokoldalú kihatásának megítéléséhez szükséges hidrológiai és hidrogeológiai vizsgálatoknak egész sorát indították meg, sőt egyes fontosabb hidraulikai kérdéseknek laboratóriumi vizsgálatát is elrendelték.

L. A. Eliava a rendelkezésére bocsátott megfigyelési adatok és kutatási eredmények alapján a ma tartott rendkívül érdekes előadásában áttekinthető módon meggyőző erővel tárta elénk a Tisza-csatornázás hidrológiai problémáit és nagyon sok olyan szempontot vetett fel, amelyeknek figyelembevétele nagyban hozzá fog járulni ahhoz, hogy a Tisza-csatornázást a lehető legjobb megoldáshoz juttassuk.

Az Alföld vízrajzi helyzetét ábrázoló földrajzi, hidrológiai és hidrogeológiai adatok hatalmas és egymással bonyolult összefüggésben lévő adathalmazából a nagy tapasztalatú szakember biztosságával emelte ki a jellemző és egyben mértékadó adatokat és azokat olyan csoportosításban foglalta össze, hogy mindenki előtt világossá vált nemcsak a Tisza-csatornázás hatásainak megítélésénél betöltött szerepük, de az is, hogy milyen területen és milyen irányban kell még az adatgyűjtést folytatni, illetőleg kiterjeszteni. Minthogy a Tisza-csatornázásnak a folyómederben vízgazdálkodási céloknak (öntözés, hajózás, vízerőhasznosítás) legjobban megfelelő vízszint tartásában megnyilvánuló célhatása mellett jelentkező legjelentékenyebb mellékhatása a talajvízszint új helyzetének alakulása, ennél fogva az előadó is ennek szentelte a legnagyobb figyelmet. Idevágó következtetéseit:

- a) hogy az Alföld földalatti vízgyűjtőit a csapadék táplálja,
 - b) a talajvízszint alakulásában a csapadék mellett a hőmérséklettel szoros összefüggésben változó párolgásnak van legnagyobb szerepe és
 - c) csak a folyómederrel közvetlenül szomszédos sávokon van a folyóvízszint ingadozásnak szerepe,
- teljes mértékben osztom és nagyjelentőségű elvi megállapításnak tartom, mert arra a további végkövetkeztetésre vezetnek, hogy a Tisza-csatornázás után várható hátrányos mellékhatások aránylagosan kis területre korlátozód-

nak és így megfelelő létesítményekkel (belvízhálózat kiegészítése, néhány újabb belvízátemelő telep létesítése) gazdaságosan ki is küszöbölhetők.

Rendkívül fontosnak tartom azt a javaslatot, miszerint a Tiszántúl talajvízmozgásának további részletesebb megállapítása érdekében a tudományos munkát folytatni és a kutatás alapjául szolgáló észleléseket kibővíteni szükséges.

Legyen szabad e helyütt rámutatnom arra a javaslatomra, melynek alapján a Vízügyi Intézet a talajvízszint-megfigyelőkutak néhány fontosabbikánál a csapadékmérés és a hőmérsékletmegfigyelés bevezetését határozta el. Az így beszerzett újabb adatok birtokában a talajvízszint változásának okairól pontosabb képet fogunk nyerni és bizonyos mértékű *talajvízállás-előrejelzési módszer* is kidolgozhatunk.

Az eddig rendelkezésre álló talajvízállásadatokat csupán távolabb fekvő megfigyelési helyek hőmérsékleti és csapadékadatával lehetett összehasonlítani. Természetesen ilyen körülmények között a talajvízszintet befolyásoló tényezők korrelációjának szabatos vizsgálatáról szó sem lehetett. Mindazonáltal a talajvízmélységek és a hőmérséklet havi középértékei között így is lehetett bizonyos törvényszerűséget találni. Nagyon sokat várhatunk a kutak környezetében történő hőmérséklet- és csapadék-megfigyelések bevezetésétől.

Mindent összefoglalva nagy megnyugvásunkra szolgál az előadónak az a megállapítása, amellyel előadását bevezette, hogy t. i. a talajvízmozgásokra vonatkozó nézeteinkhez véleményével csatlakozik és őszinte hálával tartozunk neki azokért az értékes új szempontokért, amelyekkel a tudományos kutatások folytatására és kiegészítésére irányt mutatott.

VITÁLIS SÁNDOR egy. m. tanár

L. A. Eliava szovjet tanácsadó mérnök előadásának bevezetőjében kihangsúlyozta, hogy a rendelkezésére bocsátott adatok és a magyar szakemberekkel folytatott megbeszélései alapján »a talajvízmozgásokra vonatkozó elvi kérdésekben a nézetek megegyezők«.

Ez a megállapítás gyakorlati szempontból azért fontos, mert igazolja, hogy pl. a tiszalöki duzzasztómű tervezésével kapcsolatos hidrológiai előtanulmányok és az azokból levont következtetések *helyesek*.

Eliava a feldolgozott adatok alapján igen szemléltető grafikonokkal bizonyítja, hogy a Tisza közelében lévő megfigyelő kutaknál (a) kúttípus) a *vízállás ingadozása követi a folyó vízállásingadozását*. Ez a vízállásingadozás a folyótól néhány száz méter, de legfeljebb 1—2 km távolságig hat. A vízduzzasztás magasságának megválasztása szempontjából, amint később arra rátérek, igen fontos ez a megállapítás.

A második b) kúttípus már távolabb van a folyótól, de a vízszint közel van a felszínhez (mélyedések). Eliava igen szellemesen mutat rá hőmérsékleti grafikonok figyelembevételével arra, hogy itt a talajvíztükör alakulása elsősorban a csapadék és hőmérsékleti viszonyoktól függ és nem a tiszai vízállástól.

A harmadik c) kúttípus, ami ugyancsak távol van a Tiszától, de a talajvízszint mélyen van a terep alatt. Az Eliava által *kidolgozott* grafikonok azt bizonyítják, hogy itt *ugyancsak nincs* hatása a talajvízállás változására a folyó vízállásváltozásának.

A Vízügyi Intézet és Bogárdi János által kidolgozott talajvíz rétegvonalas térkép bizonyítja, hogy pl. a Nyírségi talajvíz és Duna—Tisza-közi talajvíz-

domborulat, (mely kb. 50 m-rel magasabb, mint a Tisza-vízállás) semmi befolyással nincs a Tisza-vízállás változására, viszont a Tisza-vízállás nincs behatással pl. a Nyírségi talajvízállásra.

Világos és mindenki előtt nyilvánvaló Eliava meggyőző bizonyítékai alapján, hogy a kereken 1000 km hosszú és 157,000 km² nagyságú vízgyűjtőterülettel rendelkező Tisza folyó víztömege elenyésző csekély a vízgyűjtőben raktározott hatalmas tömegű talajvízhez képest. A Tisza folyó víztömege alig egy hajszál ebben a felszín alatti hatalmas talajvíztengerben. Ha most még hozzátesszük, hogy a Tisza vízgyűjtőjének 45%-a alföld, 31%-a dombvidék és 24%-a hegyvidék, nyilvánvaló, hogy a vízgyűjtőben a Tisza felé áramlik ez a Tisza vízszintjénél, pl. a Nyírségen, Duna—Tisza-közén 50 m-rel, a domb- és hegyvidéken többszáz méterrel magasabb vízállású talajvíztömeg s a csapadékon kívül, főleg alacsony Tisza-vízállások idején, ez a Tisza fővíztáplálója.

A tiszalöki vízlépcső duzzasztási vízszintjét a tervezők nagyon óvatosan az Adria felett 94 m-ben állapították meg. Véleményem szerint a tervezésnél a jövőben merészebbnek kell lennünk s a duzzasztási szintet a lehetőséghez képest a maximális szintben kell megállapítani. Az Alföld első nagy öntözési tervénél a Ruttkay—Gruner-tervénél a tiszaszederkényi gát maximális duzzasztási szintjét az Adria felett 97,50 m-nek vették fel, s a második tervnél Trummer Árpádék 95,10 m-nek. A további vízlépcsők tervezésénél ezt feltétlen figyelembe kell venni, mert nagyobb tározott vízmennyiség mellett nagyobb és állandóbb az energiatermelés és öntözés lehetősége.

Eliava javasolja a további tudományos kutatás szükségességét. Ebben vele mindnyájan egyetértünk s épp ezért sürgetjük a Hidrológiai Tudományos Kutató Intézet mielőbbi megszervezését.

SÜMEGHY JÓZSEF geológus

Két nagy folyónk vízerőhasznosítására vonatkozó, nagyszabású terv kidolgozásához szélesebb alapú, többoldalú megvilágítás, a természeti adottságok rendszerezett ismerete szükséges. A hidrológiai kérdések megvitatása, irányelvek kitűzése, de magának a tervnek a kivitelezése is, a hidrogeológiai tényezők figyelembevétele nélkül el sem képzelhető. Feltétlenül ismernünk kell azt a széles horizontú hidrogeológiai miliót is, amelybe a Duna és a Tisza egész hidrológiai problémaköre beletartozik, mert ez az alap, a pillér, amelyre az épületet is felhúzhatjuk. Vízerőműveket, folyócsatornázást, folyószabályozást, öntözést, belvízrendezést és vízraktározást reálisan, időtállóan a mérnök is csak úgy tervezhet, ha nem marad meg csak a mérnöki vonalon, hanem számol a hidrogeológiai adottságokkal is. Eliava ezt a körülményt tekintetbe vette, mert óriási méretű terveink alappillérijéül ő is a vízföldtani ismereteket tette meg. Előadásának ehhez a részéhez szölok hozzá.

A magyarországi Tisza-meder négy nagyobb földtani egységet érint. Törmelékkúpsorozat mind a négy. Hidrogeológiai adottságaik külön is, de együttesen is hatnak a Tisza-meder s közvetlen környezetének vízviszonyaira. A tiszaujlak-záhonyi szakasz a szatmári síkság, a záhony—szolnoki szakasz a Bükk—Mátrahegység és a Berettyó—Kőrös közti, míg a szolnok—szegedi szakasz a tiszai mélyvonalban érintkező, összeérő, dunai-, illetve marosi törmelékkúpsorozat hidrogeológiai adottságaihoz igazodik. Mind a négy törmelékkúp az alföldi peremről, magasabb térszínről indul ki és lejt az Alföld belseje felé. Abban is megegyeznek, hogy üledéksoruk a csúcscrészükből még durvaszemű

hordalék, míg attól távolodva, az mindinkább felaprózódik. Ennek következtében a törmelék-kúplejtők első, illetve felső harmadában a réteg- és talajvíz jelenléte csak időszakos s a két víz állandóbb szintje csak a lejtők második harmadánál kezdődik s azon végig folytatódik. A lejtők lábához való közeledés mértéke szerint a talajvíz szintje állandóan emelkedik, s a folyómedrekben, mélyedésekben az a felszínre is kijuthat. Ugyancsak ennek következménye, hogy a talajvíz mozgási sebessége a lejtők lába felé fokozatosan csökken, míg annak mennyisége állandóan növekszik.

Ahol a törmelék-kúp végei találkoznak, ott a lejtők talajvize is találkozik, megtorpan. Az érintkezési vonalak azonban egyúttal tektonikai vonalak is, hidrogeológiai szempontból szélesebb, mély árkok, amelyekben az összefutó talajvíz nem stagnál, hanem a mély árkok vízvezető rétegsorának dőlésirányához igazodva halad tovább. A szatmári síkság medencerészének réteg- és talajvize a Nyírség felé, a Bükk és Mátra-alji és a marosi törmelék-kúpé a berettyókőrösi, míg a dunai törmelék-kúpé a tiszai mély árok felé mozog. *Fővízgyűjtő a tiszai mély árok, amelyben az Alföld talajvize összegyűlve halad dél felé. A talajvizet összegyűjtő és vezető törmelék-kúpok felszínére elsősorban víztározó-, vagy gyengén vezető szikes-, illetve agyagos lösz-, réti agyag-, öntésagyagréteg települt. Csak néhány ablakon át, a Nyírségen, a Nagykunság ÉNy-i részén, s a Duna—Tisza között jutott ki a felszínre a törmelék-kúpok folyami homokjából összefűjt futóhomok. Ezek leszámításával az említett agyagos részben gazdag takaró a talajvíz szintjét leszorítva tartja.*

A talajvíz szintjét leszorító felszíni agyagos réteg nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a törmelék-kúp-lejtők alsó harmadában, tehát már az Alföld belsejében, a talajvíz szintjében bizonyos fokú állandóság mutatkozik. Ezt a jelenséget azonban az is előidézi, hogy a talajvíz szintjét befolyásoló csapadékvizek főgyűjtői a törmelék-kúp csúcsrészének, nagyjában egyforma évi csapadékú területek. Ezekről nagyjában egyforma távolságnyira fekszik az Alföld belseje is, ahová nagyjában egyenlő idő alatt jut el a talajvíz is. A talajvíz mindig a nedvesebb részek felől igyekszik a szárazabb felé. Az agyagos fedőréteg alá szorított talajvíz az Alföld belsejében azonban már alig találhat szárazabb részeket, ezért kénytelen be-, illetve fölnyomulni az agyagos fedőrétegbe is. Ezért van az itt nyomás alatt.

A Tisza Tokajtól lefelé végig löszablába vágta be medrét. Feneke majdnem mindenütt eléri a törmelék-kúpok felszínét, sőt azok rétegsorát helyenként mélyebben is feltárja. Ahol medre nem mesterséges, ott átlag 8—10 km széles s 10—15 m mély árok az, amit ugyancsak elsősorban löszös üledékekkel töltött fel. A meder üledékeiben felgyülemlett víz részben saját, részben talajvíz. Ha utóbbinak van is bizonyos fokú önállóbb mozgási komponense, végeredményben a feltárodott törmelék-kúpok vize az. Ennek a Tiszához képest óriási víztömegnek se mozgási együtthatóját, se mennyiségét a Tiszáé nem befolyásolhatja, legföljebb csak helyileg s csak medrére összeszorítva. Különben, minden tekintetben a Tisza vize tartozik amannak hatáskörébe, ahol a Tiszavíz: csepp a tengerben.

A tervezett tiszai műtárgyakkal felduzzasztott víz a mederben alul még a törmelék-kúp rétegsorával, felül azonban már a vizet alig, vagy rosszul vezető löszréteg falával érintkezik. *A meder vize csak alul, a törmelék-kúp talajvizével együtt haladhat tovább a meder falában, de belvízfelfakadásokat nem okozhat, mert a löszrétegben az fölfelé alig mozoghat, nyomulhat. Nedves évjáratokban az Alföld sziklaposaiban, réti agyagos mélyedményeiben nem a folyók magas*

vizeinek a medrektől távolabb felfakadó vize, hanem az azokban összefolyt, de vízzáró felületen összegyűlt csapadékvíz jelenik meg. Ennek azonban semmi köze a talajvízhez. Nem ezt vezette le s nem ennek szintjét szállította le a magyar mérnök, hogy az elszívatagosítás veszélyét felidézze, hanem a felszíni csapadékvizeket. *Csak az évi csapadék s a talajvizet hordozó törmelékkúprendszer befolyásolhatja, szabályozhatja az alföldi talajvíz mozgásirányát, vízszíntingadozását és mennyiségét is, de a Tisza és az alföldi folyók vize azokra alig hathat.* Sőt, a folyók főtáplálója a talajvíz. A felsorolt adatok, természetesen, csak nagy vonásokban adhatják vissza a Tisza-meder hidrogeológiáját. A szóbanforgó tervek kivitelezéséhez már eddig is sok részletvizsgálat történt, főleg mérnöki, műszaki vonatkozásban, a rendszeres, hidrogeológiai felvételi munkák azonban még hiányzanak, illetve csak tavaly indultak meg. Ezért magam is helyeslem Eliava munkatervezetének azt a részét is, hogy a Tisza-csatornázás mérnöki vonalával együtt kell futnia a hidrogeológiai vizsgálatoknak is. *Elsősorban a Tisza-mederben és annak közvetlen környékén, azután a medret hordozó törmelékkúpokban felgyűlt talajvíz mozgásirányát, vízszíntingadozását, a mederrel szomszédos üledéksorra gyakorolt hatását kell részleteiben is tanulmányoznunk.* De ismernünk kell a műtárgyak helyén a rétegsor felépítését, minőségét és vízvezető képességét is, hogy meglepetések itt se érhesse senkit. Mert nincsen szabály kivétel nélkül. Nem mindenütt lösz a Tisza-meder falának felső része sem, mert helyenként homokos, iszapos, tehát vizet vezető üledékek is közbeiktatódnak s ezeket a sebhelyeket a geológusoknak kell kinyomoznia. Ilyen pl. a tiszadob—tiszadadai, vagy a tiszaföldvári tiszavölgy balparti részlete is, ahol a *felduzzasztott víz felfakadásai* ellen esetleg védőműveleteket kell majd végrehajtani. Kisebb-nagyobb mérvű vízfelfakadásokkal, pl. a Bodroghöz Ny-i részében is, számolnunk kell, de ezek is *kivédhetők s a tervek kivitelezését meg nem akadályozhatják.*

OTTO DUB egy. m. tanár (Állami Vízgazdálkodási Kutató Intézet, Pozsony)

Azokat a tapasztalatokat mondja el, amelyeket a Vág folyón létesített vízerőművek építése kapcsán szerzett a talajvíz-problémákkal kapcsolatban.

Eliava azt tanácsolta, hogy a talajvízre vonatkozó észleléseket és tudományos kutatásokat folytassák tovább és annak alapján hajtsák végre a többi tiszai műtárgy építését. A Vágon épített műtárgyak esetében hasonlóan jártak el Csehszlovákiában is. A helyzet hasonló volt a Tiszáéhoz, de a problémák nehezebbek voltak. A talajvíznek szivattyúteleppel való levezetése nem mutatkozott szükségesnek, de fontos volt az *alvízcsatorna leszívóhatásának vizsgálata*, különösen az 1947—49. száraz években. A káros hatás azonban akkor sem volt olyan nagy, hogy ne lehetett volna kiküszöbölni. Ahol a depresszió hatással volt a lakótelepekre, ott csökkentette a kutak vízszintjét, ahol talajkiszáradást okozott, ott öntözéssel védekeztek. *A talajvízszint változása észlelésére kereszt-szelvények mentén megfigyelőkutakat helyeztek el és limnigráf segítségével észlelték.* A műszerek behelyezése még az építkezés megkezdése előtt történt, 1938-ban, amikor azt akarták megállapítani, hogy a talajvíz a földbirtokosoknak milyen arányú kárt fog okozni. Ilyen kapitalista problémák ma már nincsenek, ma a *vizsgálásokat arra használják fel, hogy a talajvizek mozgását tanulmányozzák.* Az építkezés előtt, alatt és után történő talajvízészlelések segítségével meg tudták állapítani a talajvíz mozgását és irányát. Ha a tiszai és a Vágon észlelt talajvízhatásokat össze akarjuk hasonlítani, a különbség csak az, hogy míg

a Tiszánál széles alföldi medencéről van szó, a Vágnál keskeny völgyről, a Vágnál vízáteresztő talajról, a Tiszánál finom hordalékokról. *A Tisza vízének felduzzasztása nem fog a mezőgazdaságban kárt okozni.* Eliavá előadásából és az elhangzott hozzászólásokból megállapítja, hogy az építkezés jó kezekben van, a kérdést minden oldalról áttanulmányozták és biztosra veszi, hogy az építkezéshez fűzött aggályok alaptalanok.

AUJESZKY LÁSZLÓ egy. m. tanár

Az előadás második részéhez kívánok hozzászólni, amely a tiszamenti Alföld talajvízszint ingadozásainak az okait elemzi, világos okfejtéssel jelölve ki azt a kiemelkedő helyet, amelyet ezek közt az okok közt a meteorológiai jelenségek elfoglalnak.

Tudvalevő, hogy az időjelenségek igen sokféle módon befolyásolják a talajvíz magasságát és a talajbeli vízmozgásokat, úgymint a csapadékjelenségek által, a hőviszonyok által, a szélviszonyok által, a levegő vízgőzkészletének a folyamatosan ingadozása által; egyszóval csupa olyan jelenség által, amelyek szeszélyesen változnak helyileg is és az idő folyamán is, és egymással a legkülönbözőbb változatokban kapcsolódnak össze.

Ezek a sokféle és szeszélyes hatások azonban két főbb osztályba különíthetők el:

az egyik osztályt alkotják a talajban közvetlenül működő helyi hatások (mint amilyen pl. a talajnak a beázása, vagy a talajt fedő hólepelnek az elolvadása, illetőleg a hónap egy kontinentális szélben való szublimálódása, vagy a talaj jelentékeny felmelegedése folytán elgőzölgési veszteségek a meleg évszak folyamán).

A hatásoknak a másik osztályát alkotják a közvetett hatások, amelyek nem a helyi időjelenségek alakulásából fakadnak, hanem a vízgyűjtőnek távoli vidékein lejátszódó időviszonyokból táplálkoznak, és pedig azáltal, hogy a távoli időesemények a folyók vízviszonyaiba avatkoznak bele, és a vízviszonyoknak a megváltozása, mint közbeeső ok, fejt ki a maga hatását, legalább a folyómenti sávnak a talajvíz jelenségeiben.

Nyilvánvaló azonban, hogy az időviszonyoknak ez a kétféle hatása nem ugyanolyan súllyal esik latba. Teljesen osztom az előadó igen alapos fejtegetését, midőn megállapítja, hogy a közvetett hatások csak a folyómenti sávban túlnyomóak, mindenütt máshol azonban, éppen a legfontosabb meleg évszakban, a közvetlen időhatások jutnak túlsúlyba, vagyis a csapadéknak a mennyisége, a csapadéknak az időbeli eloszlása, a talaj hőviszonyainak alakulása, a a levegőnek a vízgőzhétsége, és a légmozgásnak az elgőzölgtető hatása képviselik a döntő hatótényezőket.

A talajvízszint megváltozásának a mindennapi életben való nagy fontossága maga után vonja, hogy a változások elképzelhető okai a laikus közönség képzeletét is élénken foglalkoztatják. Laikus és fél aikus személyek közt még ma is sokan vannak, akik a folyók vízállásából fakadó közvetett hatásokat nagyon túlbecsülik, a talajvízszint lassan végbemenő nagy ingadozásait csakis a folyók vízszintváltozásainak tulajdonítják és ebből következőleg a tájvízviszonyok kedvezőtlen alakulásának előidézésével a folyók vízszabályozási munkálatait vádolják.

Olyan nagyszabású vízepítési beavatkozásnál, mint amilyen a Tiszavölgynek a csatornázása lesz, a közvéleménynek ilyen téves vélekedései foko-

zott módon léphetnek fel, és igen fontos, hogy a tudomány objektív fényével világítsuk meg ezeknek az aggodalmaknak alaptalan voltát.

Az ilyen téves hiedelmek ellen csakis azáltal lehet hatékonyan küzdeni, ha népszerű fogalmazásban is meggyőzően ki tudjuk fejteni, hogy *a folyó közvetlen szomszédságát nem számítva, a talajvízviszonyokat még tökéletes síkságokra is nem a folyók vízállásán át működő közvetlen időjárási hatások szabják meg, hanem a helyi időváltozásoknak közvetett hatásai, valamint a helyi geológiai tényezőknek a változatlan adottságai.*

Ezt a tényállást eddig csak a tudományos világ tette magáévá, de a lakosság széles tömegeinek a tudatába eddig még nem tudott behatolni. *Az elhangzott előadásnak egyik nagy hasznát abban látom, hogy az idevágó tényeket olyan világosan exponálja, ami nemcsak a szakutatók egyhangú tetszését váltja ki, hanem szélesebb közönségnek a felvilágosítására és meggyőzésére is alkalmas.* Ez különben olyan jellemvonás, amelyet a szovjet szakírók kiváló alkotásaiban általánosan megtalálunk és saját működésünkben is példakép gyanánt kell elfogadnunk!

MOSONYI EMIL műegy. m. tanár

A tiszavölgyi talajvízszíntalakulás kérdéséhez *L. A. Eliava* mérnök szakértő igen értékes és mélyreható vizsgálatai nyomán, néhány megjegyzést kívánok fűzni.

Hozzászólásom két részre tagozódik, egyfelől az *Eliava* által bemutatott ábrák nyomán kívánok néhány fontos összefüggést kidomborítani, másfelől pedig a szívárgás problémájának további kutatásához szándékozom javaslatot tenni egy új kísérletsorozat előterjesztésével.

Ha a Tisza vízállása és az alföldi talajvízállás közötti kapcsolatot vizsgáljuk, akkor azt találjuk, hogy e két jelenség között szoros korreláció van és ez a korreláció a szokásos matematikai úton igen jól kimutatható. Ez a kapcsolat látszólag még a Tiszától igen távolos kutakra vonatkozólag is megvan.

A kapcsolatot azért nevezem látszólagosnak, mert ha mélyebben megvizsgáljuk a kérdést, mint ahogy azt *Eliava* is megtette, azt találjuk, hogy itt nem a valóságos, hanem az ú. n. szimptomatikus korreláció esetével van dolgunk. A Tisza vízjárásának és az alföldi talajvíztükör alakulásának közös oka van és ez a Kárpát-medence éghajlatával jellemezhető.

Tekintettel arra, hogy *a Tisza forrásvidéke és Alföldünk egy klimatikus zónába esik*, amelyen belül a jellemző meteorológiai körülményekben való eltérés és ingadozás igen csekély, önként értetődően általában egyidejű csapadékperiódusok és egyidejű száraz periódusok okozzák a Tisza és az alföldi talajvíztükör magas, ill. alacsony vízállásait. Ily módon tehát egy a Tiszától távolabb eső — már 2—3 km-re levő — kútban nem közvetlenül a Tisza vízállása, tehát a Tiszából való átszivárgás okozza a magas talajvíztükör kialakulását, hanem az egyidejű csapadék.

Ezt a megállapítást akkor tehetjük világossá, ha szakítunk azzal a kutatási módszertani szempontból szerény véleményem szerint alaposan kifogásolható elvvel, ami a gyakorlatban túlzottan elterjedt — hogy mindig átlagok közötti kapcsolatot keresünk. Az átlagok között igen magas fokú korreláció mutatkozik, de ez nem mond semmit a talajban való szivárgás szempontjából, legfeljebb megerősíti azt a tényt, hogy Alföldünk és a Tisza forrásvidékének csapadékjárása átlagban igen nagy hasonlóságot mutat. Ha az a gyanu merül fel,

hogy a vizsgált jelenségek között szimptomatikus korreláció van, azaz a jelenségek nem egymással vannak ok-okozati kapcsolatban, hanem mindegyik egy közös oknak az eredményeként jelentkezik, akkor az egyetlen helyes módszertani út az átlagok teljes mellőzésével a szélsőséges esetek vizsgálatára való áttérés. Ezt pontosabban a következőképpen fogalmazhatjuk:

Meg kell vizsgálni mindazokat az eseteket, amikor a közös ok nem volt azonos, ami jelen esetben azt jelenti, hogy keresnünk kell azokat az *átlagostól eltérő eseteket*, amikor a Tisza-forrásvidék és az Alföld csapadék- és hőmérsékleti viszonyaiban figyelemreméltó időszakos eltérések mutatkoznak. Az ilyen szinguláris esetekre számított korreláció igen laza, sőt olyan alacsony fokú, hogy a vizsgált jelenségek között ok-okozati kapcsolat már ki sem mutatható.

Az *Eliava* előadásában bemutatott több ábrán jól látszik, hogy a helyi csapadék hatása ugyanolyan víztükörlingadozást okoz, mint amekkorát okozni látszik a Tisza rendkívül magas vízállása. Az egyik ábra szerint a Tiszától 4 km-re lévő kútban észlelt talajvízszint sokkal magasabban van, mint a Tisza mentén közvetlenül kialakult talajvízszint. Több ábrán élesen kitűnik, hogy *a Tiszától távolabb átlagosan is magasabban áll a talajvízszint, mint a Tiszához közel*. A szivárgás még magasabb Tisza-vízállások idején is elsősorban az Alföld felől történik a Tisza felé.

A duzzasztóműveknél előálló és a környező térszinthez képest viszonylag alacsonynak nevezhető duzzasztás szivárgást okozó hatása *elsősorban a Tisza folyásirányában érvényesül*, mert ebben az irányban a gradiens többszázszorososa a keresztirányú gradiensnek.

Eliava vizsgálatai, valamint saját, éveken keresztül végzett megfigyeléseim arra mutatnak, hogy *a Tiszától távolabb eső területek talajvíztükrének alakulását a helyi csapadék és általában a helyi meteorológiai viszonyok befolyásolják döntően*.

A végzett vizsgálatok és a közben szerzett tapasztalatok arra indítanak, hogy ezen a Hidrológiai Konferencián egy elvi kérdésre hívjam fel a hallgatóság figyelmét.

Mind gyakrabban előfordul, hogy az átlagokból való következtetés alapján sok esetben hidrológiai vizsgálatokat tovább finomítani nem lehet és különösképpen a mellékjelenségekre nem lehet kielégítő fényt deríteni. Éppen azért a hidrológiai vizsgálatok fejlesztésénél a jövőben teljesen le kell térnünk az átlagok kapcsolatának kizárólagos vizsgálatától és *a szélső, szinguláris esetek beható analizisét kell egyik legfontosabb célul kitűzni*. A szélső — az átlagostól szóródó — eseteket élesen meg kell vizsgálni a mérési hibalehetőségek szempontjából és az így *kiszűrt*, tehát feltétlenül megbízhatónak tekinthető mérésekből származó eredményeket kell mélyebben tanulmányozni. Az ilyen szóródó esetek mutatnak rá mindazokra a hidrológiai kapcsolatokra, amelyek nem szimptomatikus jellegűek. Ezeknek vizsgálata pedig azért fontos, mert rendszerint kényelmesebbnek látszik a szóródásokat egyszerűen hibáknak tekinteni, amivel figyelemreméltó kapcsolatok kiderítése marad el.

Hozzászólásom második része arra irányul, hogy az alföldi talajvízmozgások további felderítése céljából olyan alapkísérleteket volna célszerű végezni, amelyeknél a hidraulikai viszonyok hasonlóak az alföldi tényleges talajvízáramláshoz. Itt az egyéb szempontokon kívül különösképpen arra akarok rámutatni, hogy a talajvíztükör esése Alföldünk számos helyén finom altalajokban alig haladja meg a m/km, vagy dm/km értéket. Mi megszoktuk, hogy a Darcy-féle szivárgási formula alkalmazásánál olyan áteresztőképességi tényező

értékeket helyettesítünk be, amelyeket nagy relatív eséssel dolgozó laboratóriumi permeabiméterekben állapítottunk meg. Ilymódon nagyságrendi eltérés van a tényleges és a kísérleti adottságok között.

Javasolom olyan *mikroszivárgási* kísérletek végrehajtását, amelyeknél 3—4 m hosszú, finom talajokkal kitöltött csövekben, a valóságos relatív esésnek megfelelően, csak néhány mm, vagy néhány cm rendű esést állítunk elő. Ugyanakkor hasonló kémiai és elektromos állapotokat is elő lehet állítani megfelelő sótartalmú és keménységű víz átszivárogtatásával. *Az esésnek ennél a nagyságrendjénél már az egyébként elhanyagolt, mellékesnek látszó körülmények is jelentős szerepet játszanak, sőt döntőek is lehetnek.*

HORUSITZKY FERENC egy. ny. r. tanár

Eliava előadásában hangsúlyozta, hogy a hidroizohipszák megszerkesztését, a víz áramlási irányának és a kőzetek vízáteresztő képességének vizsgálatát részleteiben is el kell végezni. A hozzászólásokban Sümeghy József azt fejtette ki, hogy a törmelékűvekben a víz magasabban áll, mint a völgyekben, tehát egyik a másik vízállását nem befolyásolja. Otto Dub hangsúlyozta, hogy megfigyelő kutaitak geológiai céltudatossággal építették. Mosonyi Emil ki ejtette, hogy a szoródó adatokkal is foglalkozni kell és az egyes területekkel esetenként külön-külön kell foglalkozni.

A szükséges adatokat 500 kútból hozták össze, ezek az adatok sematikusak, mert helyi adottságok befolyásolják, 500 talajvízkút, mely geometrikusan van elhelyezve, kevés a probléma megoldásához. Javasolom, hogy ezt a kúthálózatot sűrítsék meg és a telepítéseket már geológiai céltudatossággal végezzék el, mert csak így tudják a felrajzolt grafikonokat kiértékelni. Az egyes megfigyelő kutak között geológiai profilokat kellene végighúzni, amelyek ne csak a telepítés helyére, hanem a szemcsenagyságra, vízáteresztőképességre stb. is kiterjedjenek. Ennek alapján talán választ fogunk tudni adni a víznyelő tölesekrekre vonatkozólag is. Fontos a speciális elbírálás. Ahol nincs probléma, elég ritkán telepíteni a kutakat, ahol van, ott sűrűn.

SZILÁGYI GYULA műegy. ny. r. tanár

Az elhangzott előadás nevezetes esemény a vízimunkálatok és hidrológiai kutatások folyamatában. Ismeretes, hogy az eddig végzett munkálataink és kutatásaink nyomán igen széles körben indult meg a bírálat. Ez nagyon helyes és üdvös, mert egyrészt új szempontokat vet fel, másrészt alkalmat ad rá, hogy a helyes álláspontot a nyilvánosság előtt megvilágíthassuk és megvédhessük. A vita fontosságát mindannyian éreztük. Nagyközönségünk nem volt tájékozódva a felmerült problémák tekintetében és mi sem voltunk eléggé informálva ahhoz, hogy megegyezően tudjuk az álláspontot képviselni. A Tisza-csatornázással kapcsolatban is fel fognak lépni bírálatok, ezekben a vitákban másként fogunk állni, mert a tanu mányozás terén előrehaladunk. Széles-kátórkörü mérnök tanulmányozta hónapokon át a viszonyokat és mondotta el véleményét, akinek megállapításai megegyeznek a mi álláspontunkkal. Ezért örömmel üdvözlöm az előadást és nagy jelentőséget tulajdonítok neki, mert tőlünk távoleső, pártatlan fél — akinek tudományos felkészültségében megbízhatunk — kimondotta, hogy *a Tisza változó vízállása és az Alföld talajvízállása között kapcsolat csak bizonyos mértékig van.* Ez megegyezik a mi álláspontunkkal is.

POP RADU egy. m. tanár (Bukarest)

Sokra értékelem Eliava munkásságát és rendszerességét s a világos előadási módot. A Román Népköztársaságban az utóbbi időben hasonló problémák merültek fel és hidrogeológiai tanulmányokat folytattak a talajvizekkel kapcsolatban, elsősorban a Duna—Feketetenger-csatorna tervezésével és kivitelével kapcsolatban. Különleges tanulmányokat végeztek, hogy a talajvízzel kapcsolatos problémákat feltárják és *a megfigyelések nagyon sok szempontból azonosak voltak Eliava által előadottakkal.* Nagymértékben segítette munkánkat a szovjet tudomány és a szovjet szakértők. Mazlon elvtárs, aki talajvíz-geológiai problémákkal foglalkozott és más szakértők közreműködésével sikerült egy hajószilip kb. 20 000 m² kiterjedésű munkahelyével kapcsolatos nagyon nehéz feladatokat megoldani. Jelenleg a talajvíz visszatartására elektroosmotikus kísérletek vannak folyamatban. Eliava tanulmánya nekünk is segítségünkre lesz az elkövetkező feladatok megoldásában, melyeknek egyike a Bukarest—Duna-csatorna.

SCHERF EMIL geológus

A meglévő anyag nem elég a műszaki kérdések megoldásához, hanem kiegészítésre szorul. A jelen állapot kiépítésénél egy általános talajvízszint-megfigyelő hálózatot terveztünk, amellyel áttekintést akartak kapni az egész Alföldről. Ezért vannak a kutak 20—30 km távolságban egymástól. Már akkor is gondoltak a Tisza vízállása és a talajvízállások összefüggésének vizsgálatára, ezért Tiszapolgárnál 12 kutat helyeztünk el, a Tiszától logaritmikusan növekvő távolságban, amelyek alkalmasak a további vizsgálatokra.

A Tisza-völgyben levő eltemetett morotvák is okai lehetnek annak, hogy a Tiszától 70 m-re lévő kút nem érzi meg az árvizet, azonban egy több kilométerre levő kút, amely egy morotva mentén van, megérzi. Ezért van az, hogy egyes laikusok összefüggést tételeznek fel a Tisza-völgy talajvízállása és a Tisza vízállása között. Eliava éleslátását bizonyítja, hogy ebből a kis anyagból ki tudta szűrni a szükséges alapot. Fontos körülmény a talajvízmegfigyelő kutak szempontjából az, hogy gazdasági, vagy mérnöki szempontból vizsgáljuk a talajviszonyokat, mert a hálózatot eszerint kell elosztani. A jelen hálózat mindkét szempontot igyekezett szem előtt tartani. A talajvízkutak körül geológiai szelvények felvétele is tervbe volt véve, de nem volt rá pénz. Ez az akadály most megszűnik.

HEVESI GYULA lev. tag

A világos és rendkívül meggyőző érveket tartalmazó vezető előadás és a vele kapcsolatos hozzászólások végre teljesen tiszta helyzetet teremtettek egy előzőleg sokat vitatott kérdésben a Tisza szabályozását és speciálisan a tiszalöki erőmű építését illetően. A konferenciát megelőzően az itt ma világosan leszögezett és egyöntetűen elfogadott tudományos álláspontot hosszú időn keresztül sikerült megingatni és kétségessé tenni olyan nézeteknek, amelyek alaptalanságát és tudománytalan voltát csak ezen a konferencián sikerült a szovjet tudomány segítségével és tekintélyének súlyával általánosan elismertté tenni. Hogy a konferenciát megelőzően szakembereink idejét ilyen hosszantartó, meddő viták foglalták le, annak egyik főoka, hogy tudományos életünkben

még nem alakult ki eléggé a bátor kritika és önkritika szelleme, ami nem tette lehetővé, hogy gazdasági vezetészerveink e kérdést világosan lássák és határozott állásfoglaláshoz jussanak. Ez a konferencia azonban tanúságot tesz arról, hogy szakembereink egyre inkább felismerik a kritika és a marxista dialektikus módszer alkalmazásának jelentőségét, amely hatalmas fegyvert ad kezükbe igazuk megvédésére, mindennemű helytelen és áltudományos támadással szemben. Ezért is tudott ez a konferencia ilyen hasznos és jó munkát végezni, amiben döntő része volt *Eliava* mérnök személyében a szovjet tudomány baráti segítségének. Meg kell állapítani azt is, hogy ez a konferencia teljességében és egyértelműen megerősítette *Mosonyi Emil* kartársunknak e kérdésben kezdettől fogva elfoglalt helyes álláspontját.

L. A. ELIAVA válasza

A felszólalásokkal kapcsolatban semmi ellenvetésem nincs és azokra csak röviden kívánok válaszolni. Németh Endre megállapítását helyesnek találok, a Tisza-csatornázás valóban a magyar mezőgazdaság egyik legfontosabb problémája. A talajvízre vonatkozó eddigi kutatásokat helyesnek találok és folytatásukat ajánlom. Vitális Sándor Tiszalöklével kapcsolatos felszólalására megjegyzem, hogy a kiválasztott duzzasztási szint a biztonsági feltételeknek megfelel. Köszönöm Sümeghy Józsefnek a geológiai helyzetre vonatkozó igen érdekes hozzászólását, úgyszintén Otto Dubnak a Vágról tartott igen értékes előadását. Aujeszky részletesen analizálta a meteorológiai tényezőket és ezzel hozzájárult a kérdés világos felismeréséhez. Mosonyi Emil előadásának második részére vonatkozólag megjegyzem, hogy nagyon nehéz beszélni a teoretikus adatokról, amelyeket felhozott, mert ezek még sem gyakorlatban, sem elméletileg nincsenek lefektetve. Ennek a fontos kérdésnek laboratóriumi és elméleti szempontból való tanulmányozása feltétlenül szükséges, ez mindenki előtt tisztán áll, aki a hidrológiai tudománnyal foglalkozik. Ha a laboratóriumi és elméleti megvilágítás után eredmény fog mutatkozni, ez igen nagy lépést fog jelenteni a tudományban, a talajvízmozgásokat új szemszögből fogja megvilágítani, ami tudományos felfedezésnek számítható. A gyakorlatban is nagy jelentősége van a tiszai alföld talajvízmozgásának tanulmányozása szempontjából. Horusitzky Ferenc és Scherf Emil hozzászólása hozzájárult a kérdés tisztázásához, a további kutak felállítása és tanulmányozása szükséges és helyes. Pop Radu érdekes vízepítési példával gazdagította a mai konferenciát. Hevesi elvtárs hozzászólása értékes és fontos, mert rámutat a kritika- és önkritika nagy jelentőségére a műszaki tudományok fejlesztésében.

Végül megköszönöm az összes megjelentek érdeklődését és figyelmét és a tolmácsok értékes munkáját.

AZ ÁRVÍZ ÉS JÉGVISZONYOK FIGYELEMBEVÉTELE A VÍZÉPÍTÉSI TERVEZÉSEKNÉL

LÁSZLÓFFY WOLDEMÁR

műegyetemi m. tanár

Műszaki alkotások megtervezésénél olyan megoldást keresünk, amely biztosítja, hogy az alkotás a külső körülményeknek (erőhatások, igénybevételek, üzemi feltételek) lehetőleg minden változása között kifogástalanul megfelelően rendeltetésének. A tervezőnek tehát nemcsak művének pozitív feladataira kell gondolnia, hanem számba kell vennie mindazokat a tényezőket, amelyek az alkotás (létesítmény vagy gyártmány) rendeltetésszerű működését hátrányosan befolyásolhatják és művének anyagát, szerkezetét, alakját úgy kell megválasztania, hogy ezek a hátrányos befolyások egyáltalán ne érvényesülhessenek vagy a lehető legkisebb mértékre szoruljanak. De mert a műszaki alkotás sohasem öncélú, hanem a gazdasági élet szolgálatában áll, a tervezőre mindig egy *relatív szélső-érték* probléma megoldása vár: az említett követelményeket a viszonylag legkisebb áldozat árán kell kielégítenie. A szocialista gazdasági rendben tehát nemcsak az alulméretezés hiba, amikor az alkotás bizonyos körülmények között csődöt mond, hanem a túlméretezés is, mert a népvagyon okatlan pazarlását jelenti. Ezért a szorosabban vett méretezést megelőzően gondos vizsgálattal kell megállapítani az alkotás rendeltetésszerű működését befolyásoló tényezők változásának figyelembeveendő határait. A tapasztalat arra tanított, hogy az ú. n. normális ingadozási határok mellett olyan rendkívülieket is megállapítsunk, amelyek mellett az alkotás kevésbé tökéletesen, de mégis megfelelően még céljának. Világos, hogy ezeknek a határoknak a felvételével bizonyos körülményeket eleve »vis maior«-nak jelentünk ki, amivel rendkívüli felelősséget vállalunk.

I. A mértékadó árvíz meghatározása

Víziépítmények, és így a folyócsatornázás műtárgyainak méretezésénél is, a vízjárás szélsőségeihez kell igazodnunk. Amíg a rendkívüli kisvizek az üzemben okoznak többé-kevésbé súlyos zavarokat, az árvizek ezen kívül a műtárgy állékonyságát is veszélyeztetik, sőt szűkebb vagy tágabb környezetében is okozhatnak károkat. A hidrológus feladata a vízjárás törvényszerűségeinek vizsgálata és ennek alapján a méretezésnél *mértékadó árvízi hozam* megállapí-

tása.¹ Csak ezután következhetik a tulajdonképpeni tervezés, amelynek során a műtárgyak méreteit úgy kell megállapítani, hogy a mértékadó árvíz kártétel nélkül vonulhasson le.

A vízépítési gyakorlatban régebben a vízállásfeljegyzésekre és a különböző vízállásoknál végzett vízhozammérésekre támaszkodva határoztuk meg a vízfolyások legnagyobb árvízi hozamát. Mivel az árvíznél végzett vízhozammérések száma (különböző technikai okokból) általában csekély, a legnagyobb vízállásnak megfelelő vízhozam megállapítása rendszeren extrapolálással történt. Kényesebb műtárgyak méretezésénél — tehát pl. folyami duzzasztóművek nyílásainak számításánál is — az így felvett árvízmennyiségnél 25%-kal nagyobb vízhozamot vettek alapul. Ez az eljárás nagy általánosságban kielégítő méretekre vezetett, különösen ott, ahol több évtizedes vízrajzi észlelések szolgáltattak hozzá alapot. De önkéntelenül felmerült az a kérdés, hogy az éppen rendelkezésre álló észlelési sorozaton belül valóban előfordult-e a legnagyobb vízállás, tehát helyes volt-e a kiindulási alapunk? S követte ezt a kérdést a másik: miért éppen 25% a biztonsági tényező? Miért nem elegendő 5, 10 vagy 20%, vagy miért nincs szükség 50 vagy 100%-ra? Végeredményben tehát a tervező gyakorlati érzékén és egyéni megítélésén múltott a mértékadó árvízhozam megállapítása, sőt gyakran — pl. hídnyílások meghatározása alkalmával — hatalmi kérdéssé vált. A »Sok lúd disznót győz« alapján a közigazgatási bejárások alkalmával egyszerűen leszavazták a »túlzott« méreteket sürgető vízimérnököt.

A statisztikai módszerek fejlődésével és különösen a valószínűségszámítás statisztikai alkalmazásával, az árvizekre vonatkozó hidrológiai vizsgálatok régebbi bizonytalansága megszűnt. Behibonyosodott, hogy a nagy számok törvénye a hidrológiai jelenségekre is alkalmazható. A vízhozamok ingadozása, sőt az egymás utáni esztendőök évi maximumának változása is jellemezhető valamely — rendszeren aszimmetrikus — gyakorisági görbével, amelyet 3 paraméter: 1. az észlelési adatok középértéke, 2. az ingadozás határainak tágassága szerint változó variációs tényező és 3. az aszimmetriatényező egyértelműen meghatároz. K. Pearson alapvető vizsgálódásait a hidrológia területén A. Foster értékesítette. Kimutatta, hogy a fentemlített statisztikai paraméterek meghatározásához már aránylag rövid — néhány évtizedes — észlelési sorok is elegendők és rámutatott, hogy ha a vízjárást befolyásoló tényezők nem változnak (de csakis akkor!), a különböző vízhozamok megfigyelt gyakorisági megoszlását a jövőre vetíthetjük, vagyis jövőbeli előfordulásuk valószínűségére következtethetünk. Ily módon egyszerű számítással következtethetünk pl. az átlag 100, 200, ... 1000 stb., évenként egyszer megismétlődő rendkívüli árvizek hozamára. Foster eljárását szovjet kutatók fejlesztették tovább (Szokolovszki, Krickij, Menkelj, Ribkin, Boldakov). Különösen D. L. Szokolovszki professzoré az érdem, hogy a valószínűségszámítás módszere a Szovjetunióban

¹ Lásd bővebben: Lászlóffy: A hídnyílások és vízépítési műtárgyak hidrotechnikai méretezéséről. Mélyépítéstudományi Szemle, 1951. 6. és 7. szám.

bevonult a mindennapos hidrológiai gyakorlatba. A tervezési normák sora, és 1948 óta országos szabvány² állapítja meg a különböző valószínűséggel várható árvizek számításának módját, az eljárás alkalmazásához szükséges adatsor minimális hosszát, ill. a különböző hosszúságú sorokból levezetett adatokat terhelő hiba meghatározásának mikéntjét. A szovjet kutatók azonban még ennél is tovább mentek. Megállapították és térképen izometrikus vonalakkal ábrázolták, hogy hogyan változik az említett statisztikai paraméterek értéke a földrajzi fekvés szerint a Szovjetunió egész területén és ezzel lehetővé tették a mértékadó árvízi hozam számítását olyan vízfolyásokon is, amelyekre vonatkozóan semmiféle vízrajzi megfigyelés nem áll rendelkezésre.³

A szovjet módszereket a Duna budapesti és a Tisza tokaji szelvényére alkalmazva (1. ábra) azt kapjuk, hogy

az átlag	10	20	33	100	200	1000	éven-
ként egyszer előforduló árvíz tetőző hozama							
a Dunán Budapestnél	6650	7260	7550	8380	8850	9830	m ³ /sec
a Tiszán Tokajnál	2965	3380	3620	4345	4775	5740	«

Az 50, 100, 1000 vagy 10 000 évenként egyszer előforduló árvízi hozamok meghatározása azonban magában véve nem elegendő.

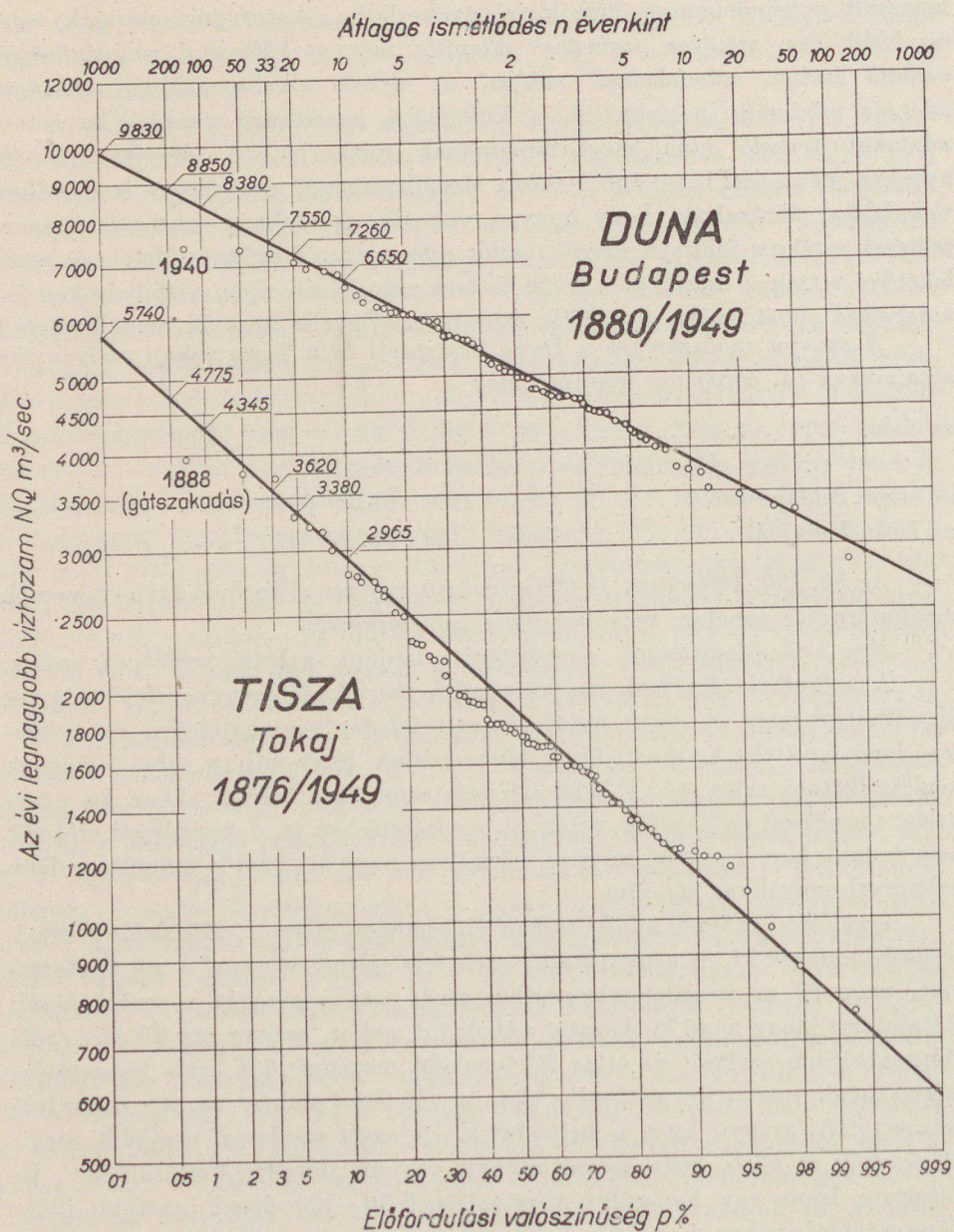
Meg kell állapítanunk a méretezés alapjául szolgáló mértékadó árvízet.

A technikai alkotások nagyrésznél a mértékadó igénybevételt magunk állapíthatjuk meg. A gépet meghatározott feladat végrehajtására, és a velejáró igénybevételre szerkesztjük, a hídra kiírjuk, hogy milyen súlyú járművek közlekedhetnek rajta stb. Tökéletesen más azonban a helyzet akkor, ha a terhelést természeti erők adják, tehát pl. a vízepítésben is. A természeti erőknek nem tudunk határt szabni, mert pl. bármilyen nagy árvíznél is tudunk legalább valamivel nagyobbbat képzelni.

Természeti erőkből adódó terhelések esetében ezért az előfordulás gyakoriságából indulunk ki, és a mértékadó érték felvételénél vagy a) a mű élettartamát, vagy b) az üzemképtelenségéből eredő kár nagyságát vesszük alapul. Kétségtelen, hogy némi kockázatot vállalnánk akkor, amikor egy 20 évre szóló hídprovizórium nyílását az átlag 20 évenként megismétlődő árvíz levezetésére méreteznénk, mert a két évtizedbe akár egy 10 000 évenként egyszer előforduló katasztrófális arányú árvíz is beleeshetik. De azért gazdasági érzékünk mégis tiltakoznék az ellen, hogy ezt az utóbbit vegyük alapul számításunkban. És fölösleges lenne egy hajózsilip méretezésénél 50—100 évnél hosszabb időre előretekinteni, mikor ennyi időn belül a műtárgyat — technikai berendezéseinek elavulása vagy a forgalmi igények-változása miatt — amúgy is átépítik. Szokolovszki azt ajánlja, hogy általában a műtárgy előrelátható élettartamának kétszeresére számított gyakorisággal előforduló árvízet vegyük mértékadónak. Ter-

² GOSzT. 3999—48.

³ Lásd pl. : Ogijevskij, A. V. : Hidrologicsni rozrachunki dlja riesok URSzR. Kijev, 1947.



1. ábra.

A különböző valószínűséggel meghaladott évi jégmentes nagyvizek a Duna budapesti és a Tisza tokaji szelvényében

mészeten kivétel az, amikor tömegek életbiztonságáról van szó. Ilyenkor valóban »abszolút« biztonságra kell törekednünk.

A *technikai mű gazdasági jelentősége* a multban is közrejátszott a tervezésnél, de teljesen esetenkénti, egyéni megítélés szerint. A szocialista gazdasági rendben ez természetesen megengedhetetlen. Mivel a műtárgy megkívánt biztonsági foka és így a mértékadó terhelés végeredményben költségkérdés, a Szovjetunióban országos szabvány állapítja meg a műszaki alkotásoknak és részleteiknek népgazdasági jelentőségük szerinti osztályba sorolását, amelyhez a méretezésnél igazodni kell.⁴

A szabvány a műszaki létesítmények 5 osztályát különbözteti meg: I. különleges, II. fokozott és III. szokványos gazdasági jelentőségű létesítmények, továbbá olyanok, amelyeknél IV. könnyítések, ill. V. különleges könnyítések engedhetők meg.

A besorolásnál figyelembe kell venni: a) A létesítmény termelési kapacitását — pl. villamos erőműnél a generátorteljesítményt és az évi energiatermelést, öntözőműnél a kiszolgált terület nagyságát, védtöltés esetében az öblözet kiterjedését. b) A létesítmény szerepét (főmű, másodrendű és kisegítő mű). c) Az élettartam szempontjából a mű állandó vagy ideiglenes jellegét. A besorolás mértékadó:

1. a mértékadó terhelések, megengedett igénybevételek és biztonsági tényezők,

2. a felhasználható építőanyagok neme és minősége,

3. a mértékadó árvizek felvétele,

4. az előmunkálatok és a terv részletessége és

5. az alkalmazandó számítási eljárások tekintetében,

amelyekre vonatkozóan a tervezési irányelvek és további szabványok tartalmaznak részletes előírásokat.

A szovjet szabvány a technikai alkotással szemben támasztott követelményeknek a mű gazdasági jelentőségével, ill. beruházási értékével való részletes összehangolása révén a legmesszebbmenően biztosítja a gazdaságosságot, és így a nép vagyonával való takarékoságot. Jelentőségét legjobban a következő példa világítja meg: Egy dunai erőmű, s a hozzátartozó duzzasztómű és hajózsilip, minden az üzem szempontjából lényeges részével a II. osztályba tartozna. Egy tiszai vízlépcső hasonló műtárgyai a III. osztályba volnának sorozandók. Ugyanezeknél egy terelőfal, betétgerendás vagy segéd táblás elzárás, — tehát a másodrendű szerkezeti részletek, a III., ill. IV. osztályba. Az építés tartamára készülő körülzárás a IV. osztályba, a 2 évnél rövidebb időre készülő az V. osztályba.

A továbbiakban, tárgyunknak megfelelően a hidraulikai méretezésnél maradva, minden osztályra vonatkozóan megállapítják: 1. a rendes üzemi viszonyokra mértékadó árvizet és 2. a rendkívüli árvizet, amelyet bizonyos könnyített feltételekkel, de még mindig üzemzavar nélkül kell kiállnia a léte-

⁴ GOSzT. 3315—46.

sítménynek. Pl. az előbb említett dunai vízlépcső esetében a duzzasztó nyílásait úgy kell méretezni, hogy az átlag 100 esztendőnként előforduló (röviden 100 éves) árvíz ($8380 \text{ m}^3/\text{sec}$) a normális duzzasztás túllépése nélkül folyják le, de az 1000 éves árvíznek ($= 9830 \text{ m}^3/\text{sec}$, az előbbinél 20%-kal több!) sem szabad a mű állékonyságát érintenie. Ugyanennél a műnél pl. a betétgerendarak-tár vagy egy szolgálati híd építésére az 50, ill. 200 éves árvíz a mértékadó. Az előbbinek még nem szabad üzemzavart sem okoznia, az utóbbi elboríthatja az említett másodrendű műveket, de nem szabad elsodornia őket. Az építés előreláthatóan többéves időtartamára a munkagödört úgy kell körülzární, hogy a 20 éves árvíznél ($7260 \text{ m}^3/\text{sec}$) még szárazon maradjon. A 100 éves árvíz már elöntheti a munkateret, de még tetemes rongálások nélkül kell levonulnia. Végül a két évnél rövidebb időre készülő körülzárás a 10, ill. 33 éves árvíz figyelembevételével kell, hogy megépüljön.

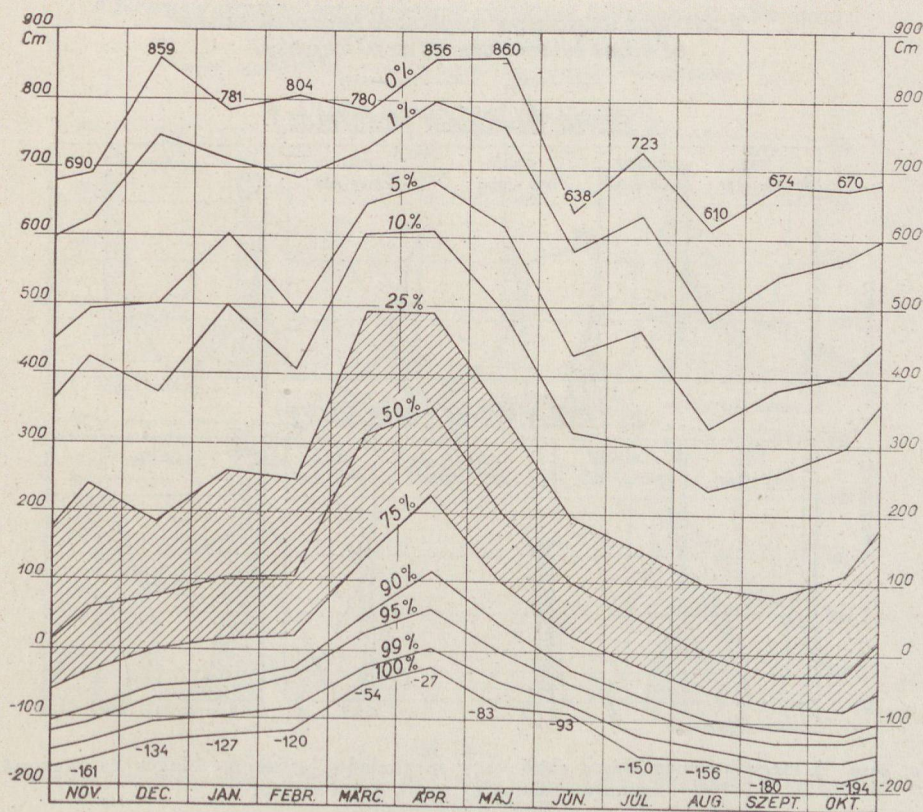
Látjuk tehát, hogy a valószínűségszámítás módszereinek hidrológiai alkalmazásával és a műtárgyak és részleteik népgazdasági jelentőségének egyidejű figyelembevételével a *mértékadó árvíz* meghatározása egyértelmű feladattá vált. Ma már tehát alig lehet szó arról a mérnöki tudományt megcsúfoló eljárásról, hogy kiszámítunk valamilyen árvízi hozamot és azután — érzés szerint — csökkentjük, mert a műtárgy méretei és vele a költségei »túl-ságosan nagyra« adódtak. A hidrológia is túljutott már azon, hogy a koefficien-sek tudományának nevezzék.

II. A vízi építkezések időpontjának megválasztása

A valószínűségszámítás megmondja, hogy hosszú időn belül *átlag* hány-szor fordul elő bizonyos nagyságú árvíz. De ebből semmiképpen sem következtet-hetünk az ismétlődések időközére, tehát az előfordulás időpontjára. Pedig — különösen az építés idejének megválasztása szempontjából — rendkívül fontos lenne a vízjárás időbeli alakulásának előzetes ismerete. Így tudnók eldönteni, hogy meghatározott építési időtartam esetén mekkorára vehetjük az egyszerre körülzárható munkateret (minél nagyobb ez, annál gazdaságosabb a munka) és, hogy milyen legkisebb körülzárási magassággal érhetjük be a munkatér árvízi elöntésének kockázata nélkül.

Az *egyéves hidrológiai cikluson belül*, amely meglehetősen szabályos, a statisztikai módszerek segítségével meghatározhatjuk valamely szelevení *víz-járásának jellegzetes vonásait*. A gyakoriság, illetve valószínűség fogalmát ter-mészetesen itt is gyümölcsözően használhatjuk, és a csupán durva jellemzésre szolgáló havi középértékek mellé előbb a szélsőségeket, majd a különböző valószínűséggel meghaladott vízszintek vagy vízhozamok értékeit soroljuk (2. ábra). Így már elég jó támpontot kapunk a legfeljebb néhány hónapig tartó mederbeli munkák időpontjának alkalmas megválasztására és közvetlenül megállapíthatjuk, hogy a körülzárás bizonyos magasságának felvétele után milyen elöntési valószínűséggel kell számolnunk.

A technikai okokból használatos, naptári hónapok szerinti, statisztikai adatfeldolgozásnál még jobbnak látszik az évszakok követése. Biztos ugyanis, hogy az egyéves hidrológiai cikluson belül van egy vagy több jellegzetesen száraz és nedves időszak (pl. a Tiszán típusos a koratavaszi [hóolvadási és az ezt nyomon követő zöldár, nemkülönben a télelő árvize, továbbá a nyári kis-



2. ábra.

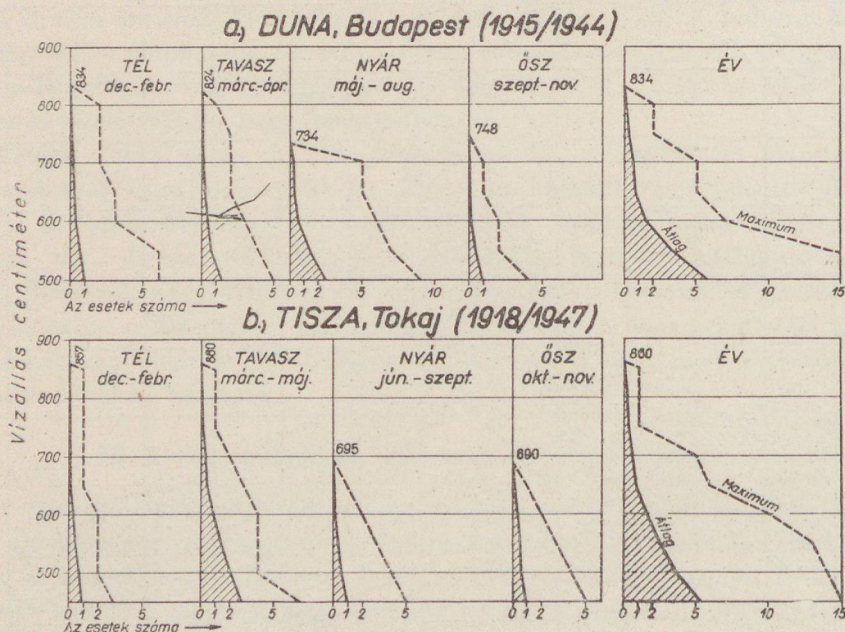
A 0, 1, 5, 10, 99, 100 % valószínűséggel meghaladott vízállások Tokajban (1900—1940. évi adatok)

víz), de beköszöntésük időpontjában többhetes eltolódások fordulnak elő. (Pl. a Tisza előbb említett koratavaszi árvizének ideje általában március, de gyakran már februárban levonul és nem ritka, hogy erősen belenyúlik az áprilisba.) Ennek folytán a hónapok szerinti statisztikában bizonyos kiegyenlítő-dés érvényesül. Építési célokra használhatóbb tehát az adatfeldolgozás, ha 2—4 hónapos időszakok vízjárási jelenségeit összefogva vizsgáljuk úgy, mint a 3. ábrán látható. Az árhullámok gyakoriság és időtartam szerinti elemzésének adatai főfolyóinkra vonatkozóan rendelkezésre állnak és biztos útmutatói a folyami munkálatok megtervezésének.⁵

A vízjárásban uralkodó törvényszerűségek ismerete azonban éppen a hosszabb idejű — 2—3 éves — építkezések szempontjából lenne fontos, itt biztosítana különösen jelentékeny költségmegtakarítást. Ha pl. előre tudnók, hogy rendkívül árvizes esztendő előtt állunk, amely után néhány szárazabb következik, nyilván ennek megfelelően választanók meg az építés idejét. A leg-

A bizonyos magasságot meghaladó tetőzések száma az egyes évszakokban és az év folyamán

—— átlag, ----- maximum



3/a. ábra. A megadott magasságot elérő vagy meghaladó tetőzések átlagos és maximális száma évszakonként és az egész évben.

több esetben a munkakezdet időpontjának ilyen eltolódását is ellensúlyozná a körülzárás egyszerűbbé válása és a nagyobb munkatéren símábban haladó építés élénkebb üteme.

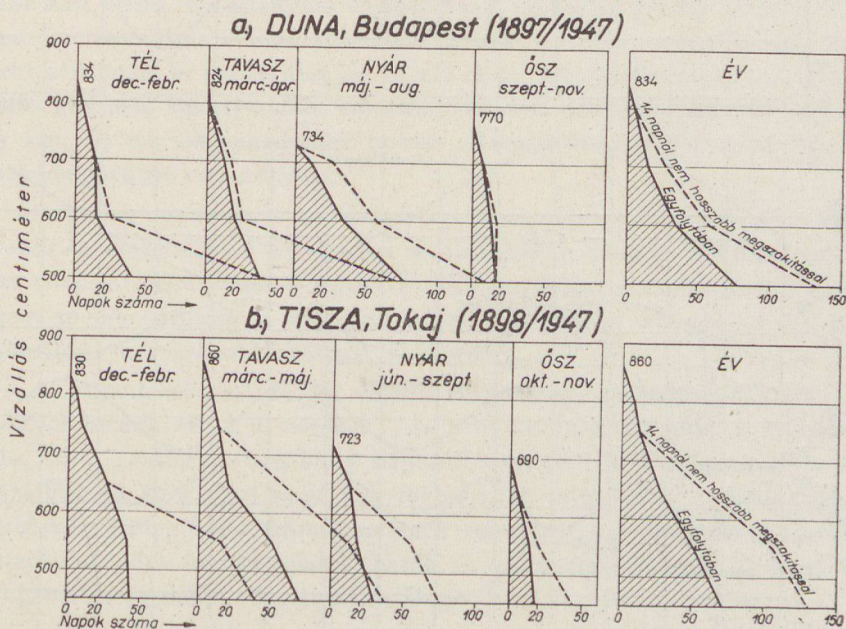
Kétségtelen, hogy a vízjárásnak és okozójának, az időjárásnak alakulásában az évek egymásutánját tekintve is határozottan kimutatható a ritmus. Egyik közismert okozója a napfolttevékenység. A benne megnyilvánuló szakszösszagról azonban már Labroust kimutatta, hogy maga is több összetevő eredménye. A perióduskutatás ma még nem támaszkodhatik elegendő hosszú

⁵ Lászlóffy: A dunai és tiszai árhullámok időtartama és gyakorisága. Hidrológiai Közlemény, 1949. 5—6. és 7—8. szám.

észlelési idősorokra — már a 200 évre visszanyúló homogén megfigyelési anyag is ritka — és ezért inkább csak kísérletekről beszélhetünk. Az időjárási és vízjárási elemek ingadozásában *harmonikus analízissel* és egyéb módokon a kb. 35 éves Brückner-féle, és a 11 év körüli napfoltperiódus mellett számos más, 2—7 éves és szekuláris hullámzást találtak. De egyrészt az összetevő hullámok

A bizonyos magasságot meghaladó vízállások leghosszabb időtartama az egyes évszakokban és az év folyamán

—— egyfolytában, - - - - - 14 napnál nem hosszabb megszakítással.

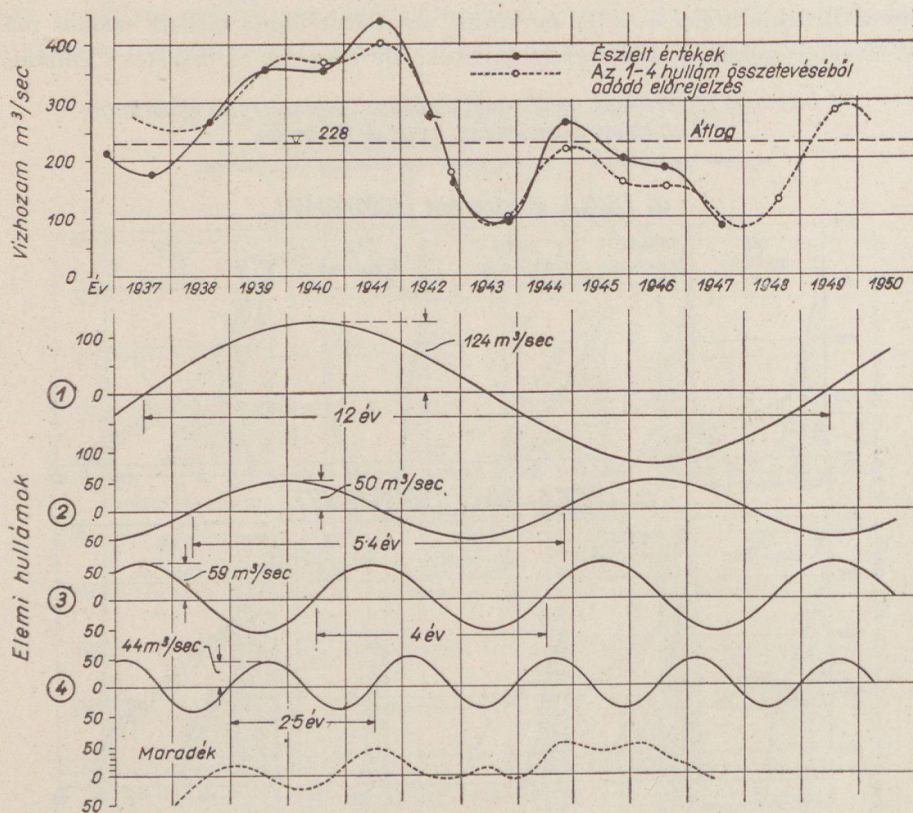


3/b. ábra

A megadott magasságot meghaladó vízállások leghosszabb időtartama évszakonként és az egész évben

időben változó amplitudója, másrészt a véletlen jellegű eltérések nagysága miatt az eredmények gyakorlati használhatóságától még messze vagyunk. Hidrológiai vonatkozásban megnehezíti a munkát az, hogy a lefolyás — minden egyéb tényezőt figyelmen kívül hagyva — nemcsak a csapadék mennyiségének, hanem a hőmérsékletjárásnak is függvénye. Így pl. az, hogy lesz-e tavaszi árvíz, vagy sem, a téli csapadék nagyságán kívül nem is annyira a téli középhőmérséklettől, mint inkább attól függ, hogy részleteiben hogyan alakul a hőmérséklet. Sok hó sem okoz árvizet, ha a tél folyamán apránként elolvad és ez bekövetkezik akkor is, ha a tél középhőmérséklete az átlagnál alacsonyabb. A téli hónapok középhőmérsékletét ugyanis egy-egy rendkívül hideg fagyhullám leszoríthatja akkor is, ha a közbenső időszakokban a meglévő hótakaró leolvad.

A kutatómunka azonban széles fronton folyik. Az idevágó közlemények között *dr. Bratrának A.* szép tanulmányát említhetem, amely — az egyik kétség-



4. ábra

Az Elba folyó kisvízi hozamának előrejelzése a nyári félévre Děčinnél. Az észlelési adatokból kielemezett négy szabályos (2,5, 4, 5,4 és 12 év periodusú) vízjárási hullám összetétele (szaggatott vonal) a valóságot jól megközelítő görbét ad, de a véletlen jellegű eltéréseket tartalmazó „maradék” mégis bizonytalanná teszi az előrejelzést (*Dr. Bratrának A.*)

telenül legegyszerűbb esetben ugyan, a nyári félév kisvízeinek előrejelzésében, de mégis — figyelemreméltó eredményeket adott az Elba folyó⁶ csehszlovák szakaszára vonatkozóan⁶ (4. ábra).

Hangsúlyozom azonban, hogy maga a szerző is próbálkozásnak nevezi munkáját és szerinte is messze vagyunk még attól, hogy a nagyobb vízi építkezések végrehajtásának legcélszerűbb időpontját tudományos alapon jelöljük ki.

⁶ *Bratrának, A., Doc Ing. Dr. : Kolísání přírodních zjevů a jeho využití pro dlouhodobé předpovědi. (Fluctuation des phénomènes naturels et leur utilisation pour les prévisions à longue durée). Státní Ústav Hydrologický T. G. Masaryka v Praze-Podbabě. Práce a Studie, Sešit 73. Praha, 1948. — Lásd még : Bull. Ass. Intern. Perm. des Congrès de Navigation. 24^e année, No.33. Bruxelles, 1950.*

III. A vízerőművek üzemének hidrológiai kérdései

A vízerőművek üzemében — mint minden ipari üzemben — természetesen zavart okoz az anyaghiány, vagyis a *kisvíz*, de ezen kívül a nagyvíz is, mert ilyenkor az esés csökken. *Folyami erőművek esetében* az utóbbi körülmény a súlyosabb, mert *árvíz idején* az alsó vízszint bizonyosfokú emelkedése után az *energiatermelés teljesen megszűnik*.

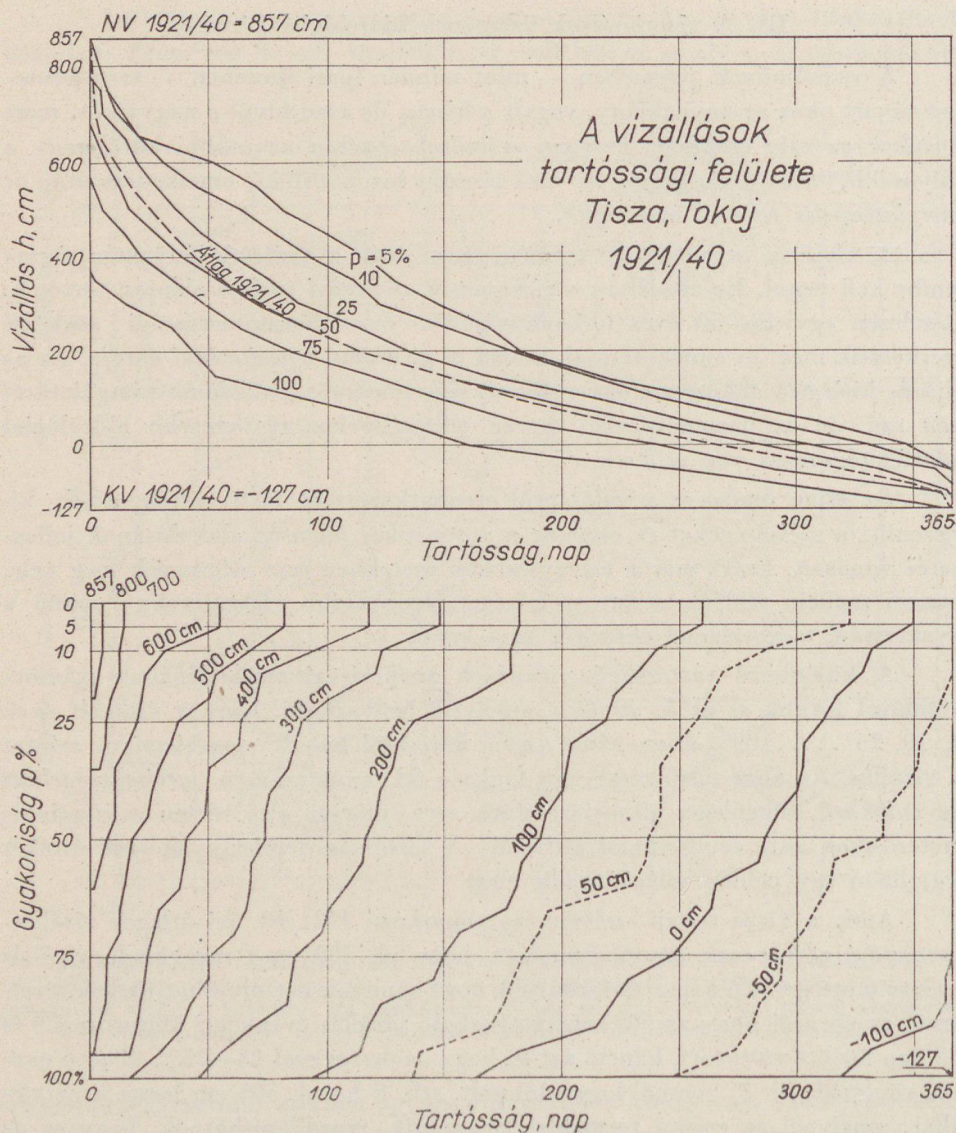
A vízjárás ingadozásait természetesen már a tervezés folyamán figyelembe kell venni. Ez általában a *vízhozamok tartóssági görbéje* alapján történik. Rendesen egy 10—50 éves időszak vízállás- és vízhozamtartóssági görbéjét szerkesztik meg és ennek alapján készül el az erőmű *teljesítményi ábrája*. Ez az eljárás kielégítő akkor, amikor valamely vízerőlehetőség *általános vizsgálatáról* van szó, de az üzemgazdasági tervek elkészítéséhez részletesebb hidrológiai adatfeldolgozásra van szükség.

Az átlag rendesen a valóságtól elvonatkoztatott fiktív érték, amely kiegyenlíti a szélsőségeket és elmossa a statisztikai jelenség alakulásának jellegzetes vonásait. Ezért már a legegyszerűbb esetekben sem elégszenek meg vele, hanem melléje állítják a két szélsőséget. Igényesebb vizsgálatoknál aztán a gyakorlati megoszlással egészítik ki a képet.

A különböző tartósságú vízállások gyakorisági megoszlásának számbavételével jutunk el az 5. *ábrához*, amelyről leolvasható, hogy a vizsgált évek 5, 10, 25100%-ában hány napon keresztül haladt meg bizonyos szintet a vízállás. Az ábra felső része úgy fogható fel, mint az ú. n. *tartóssági felület* egyenlőközű, függőleges síkmetszeteinek sora, míg az alsó részen a vízszintes metszősíkok adta szintvonalak láthatók. A tartóssági felület gyakorlati értékét legjobban egy példán világíthatjuk meg.

Amíg a Tisza tokaji szelvényére vonatkozó 1921/40. évi átlagos vízállás-tartóssági görbe csak annyit mondott, hogy pl. 500 cm-t meghaladó vízállás évente mintegy 24,6 napon át fordul elő, most nemcsak azt olvashatjuk le közvetlenül az ábráról, hogy az 500 cm-t meghaladó vízállás évenkénti időtartama 0 és 82 nap között változott, hanem azt is, hogy az összes eset 25—25%-ában 6 napnál rövidebb, ill. 37 napnál hosszabb volt, stb. S ha pl. 500 cm lenne az a vízállás, amelynél az erőmű termelése megszűnik, megállapíthatnók, hogy ez az eset 20 év közül 19-ben bekövetkezik, mégpedig átlag 20, 10, 5, 3 és másodévenként rendre 82, 67, 51, 30, ill. 17 nap tartamára. Nyilvánvaló, hogy ezek az időnként igen tekintélyes termelési szünetek alapján érintik a termikus tartalék kérdését, amelyet az egyszerű tartóssági görbéről leolvasott »évenként átlag 25 nap« nem világít meg kellőképpen.

Hasonló statisztikai elemzést kell végeznünk a kisvízi hozamokra vonatkozóan is. Ha pedig az erőműnek a fogyasztási csúcsok kielégítésében kívánunk szerepet juttatni, az egyéves időszak helyett a 4—6 hónapos téli időszak vízviszonyaira kell tartóssági felületábrákat szerkesztenünk.



5. ábra.

Tartóssági felület. Az ábráról valamely meghatározott vízállás különböző valószínűséggel előforduló évi tartósságai olvashatók le. (Pl. a 200 cm-nél magasabb vízállás évi tartóssága mindenkor több 45 napnál, az esetek 50 %-ában meghaladja a 117 napot és 10 %-ában a 178 napot)

Nem annyira a vízerőmű, mint inkább a hőerőtartalék és az általános energiagazdálkodás szempontjából lenne fontos a várható vízienergiatermelés előrejelzése. Ez végeredményben meteorológiai kérdés. A hosszúidejű meteorológiai és hidrológiai előrejelzések nehézségeit már fentebb említettem. Bármilyen fizikai vagy statisztikai módszerrel történjenek is, egész kontinensekre kiter-

jedő állomáshálózat időjárás viszonyainak folyamatos nyilvántartását és az elmúlt évtizedek észleleteivel való állandó összehasonlítását teszik szükségessé. Erré olyan kis országnak, mint hazánk, nincsenek meg az anyagi lehetőségei. De az Egyesült Államokban és különösen a Szovjetunióban egy-két évtizede nagyarányú kísérletek folynak a hosszúidejű hidrológiai előrejelzéssel, főként a tározó medencék vízgazdálkodásának tervszerűvé tétele érdekében. (A tavaszi árvizekre, illetőleg a következő hidrológiai félév általános jellegére vonatkozó előrejelzések.) Noha energiagazdasági szempontból kevésbé jelentős, megemlítem a 4—6 hetes előrejelzést is, amellyel ma már csaknem minden meteorológiai intézet kísérletezik, többek között a budapesti is. Mivel legtöbb folyónk határainkon túl ered, *hidrológiai szempontból mindenképpen a külföldi előrejelzésekre vagyunk utalva. A Tisza tekintetében a Moszkvai Központi Előrejelző Intézet (Centralni Insztitut Prognozov, CIP.)* adatai jelenthetnek részünkre értékes segítséget.

A vízerőtermelést ugyancsak kevésbé érdekli, de a parti területek árvízi biztonsága szempontjából rendkívül fontos csatornázott folyón a várható víz-állások, különösen pedig az *árvizek előrejelzése*. Ez a 24—48 órás, esetleg 3—6 napos előrejelzés teszi lehetővé, hogy az üzem vezetősége a közeledő árvíz hírére a zsilipek nyitásával a tárolt víztömegeket idejében lebocsássa, a medret az árhullám befogadására szabaddá tegye.

Itt elsősorban azt a kérdést kell tisztázni, hogy a tárolt víz levezetéséből eredő *mesterséges árhullám nem jelenthet-e veszélyt a vízlépcső alatti szakaszra nézve*. Ha figyelembe vesszük, hogy a Tisza napi hozama nagy árvíz idején 300—350 millió m³, míg a tiszalöki vízlépcső feletti szakaszon a mederben tárolt vízmennyiség mindössze 30 millió m³, nyilvánvaló, hogy még a tetőzésesei egyidőben való lebocsátás is csak 8—10%-kal növelné a természetes hozamot. A helyzet azonban lényegesen kedvezőbb, mert az erőmű, esés hiányában, amúgy is kénytelen megállni, még mielőtt a víz a part magasságáig emelkednék és így a duzzasztás is megszüntethető. Ha ebben az időpontban az eddig észlelt leghevesebb árhullám közeledését jelzik és a mederben tárolt 30 millió m³ vizet 24 óra alatt kívánjuk lebocsátani, legfeljebb 2300 m³/sec hozamot kapunk, míg a legnagyobb árvízi hozam ezen a szakaszon 4000 m³/sec! Világosan látható tehát, hogy *a duzzasztás megszüntetésével előidézett mesterséges árhullám nem módosíthatja érdemlegesen a felülről érkező árhullám alakulását*. Még kevésbé lehet erről szó, ha a tárolt víz lebocsátására 24 óránál hosszabb idő áll rendelkezésre.

Már pedig 24—48 órás árvíz-előrejelzés a hazánk területén fekvő víz-mérceállomások vízállásadatai alapján is lehetséges. Ha pedig a szomszédos baráti államok területén fekvő vízmérceállomások, vagy éppenséggel az ottani csapadékmérőhálózat adataira támaszkodhatunk, *az előrejelzés ideje 3—4 napra is megnövelhető*. Ennek két feltétele van: 1. *Rendszeres meteorológiai és hidrológiai adatfeldolgozásunkat ki kell terjesztenünk a folyóvizek vízgyűjtőjének egész területére*. (Az árhullámok kialakulását és levonulását jellemző törvényszerű-

ségek megismerése céljából ezt természetesen a *multra* is el kell végezni.) 2. Szorosabbá kell tennünk az együttműködést a szomszéd államok hidrometeorológiai szerveivel és természetesen meg kell teremtenünk a szakértők személyes érintkezésének, tapasztalatcserének lehetőségét is.

IV. Jégviszonyok

Mind a hidrológiai előtanulmányok, mind a vízerőművek üzeme szempontjából különös figyelmet kell szentelnünk a jégviszonyoknak.

A hidrológiai előtanulmányoknál — a vízállásokról a vízhozamokra való áttérésnél — általában el szokták hanyagolni azt a körülményt, hogy a jég-takaró gyökeresen módosítja a vízlefolyási viszonyokat és így a vízállások és vízhozamok összefüggése más a jeges időszakban, mint jégmentes időben. Általános jellegű előtanulmányoknál ez megengedhető, mert elhanyagolása a mi éghajlatunkon legfeljebb 5—8% hibát okoz az évi vízhozamban és többéves átlagban még ennél is kisebbet, tehát elhanyagolható. De már részletes üzemgazdasági vizsgálatoknál, különösen ha a téli időszakra vonatkoznak, figyelemmel kell lenni a jégre, mert enélkül a havi vízhozamértékeket 30—40%-kal is túlbecsülhetjük.⁸

A tervezés szempontjából a duzzasztóművek pillérei közötti szabad nyílás megválasztását érinti a jégkérdés. Világos ugyanis, hogy a duzzasztóműnek nem szabad károsan befolyásolnia a jég levonulását, mert így súlyos árvíz oka lehet. A minimális pillértávolságot nem lehet számítással meghatározni, mert a zajló jég elakadása számos körülmény szeszélyes összejárása folytán következik be. A hidrológus és sztatikus szembekerül ebben a kérdésben, de a megépült vízerőművek példája mutatja, hogy 25—30 m-es szabad nyílások általában megfelelnek. A duzzasztómű pillérei közötti szabad nyílás a dunai Kachlet-műnél 25 m, a rajnai Ryburg—Schwörstadt-i műnél 24 m. A birsfel-deni műnél (ugyancsak a Rajnán) 27 m-es nyílásokat terveznek. A Vladimirescu testvérek a Vaskapu vízerejének kihasználására tervezett vízlépcsőnél 40 m-ig mentek.⁹

A jéglevonulás szempontjából azonban nem is annyira a szabad nyílások nagysága, mint inkább a jó elhelyezésük fontos. A zajló jégtáblákat, tehetetlenségük miatt, nem lehet útjukból egyszerűen kitéríteni. Ezért meg kell figyel-nünk pályájukat és ennek megfelelően kell a pilléreket kiosztani. A visegrádi áttörés alatti dunaszakasz jéglevonulási viszonyainak felderítése végett légi fényképeket kellene készíttetni a jégzajlásról. A Tiszán ez kevésbé fontos, mert ott a zajlás nem szokott veszedelmes lenni.

⁸ Lászlóffy: A folyók jégviszonyai, különös tekintettel a magyar Dunára. *Vízügyi Közlemények*, 1934/3. szám és Lászlóffy: A folyók jégviszonyai. *Magyar Technika*, 1949/2. szám.

⁹ Studiu pentru amenajarea hidrotehnică a Dunării la Porțile de Fier. IRE, București, 1944.

Az építkezés munkatervének elkészítésénél jó szolgálatot tesz a *jégstatistika*, amely egyrészt a jégjelenségek bekövetkezésének időpontjáról, másrészt a jégelőfordulás valószínűségéről tájékoztat. Mivel éghajlatunkon teljesen jégmentes tél is lehetséges, az alábbi táblázatban a középértékek mellett csak egy szélsőség szerepel.

A Duna és Tisza jégviszonyainak jellemző adatai

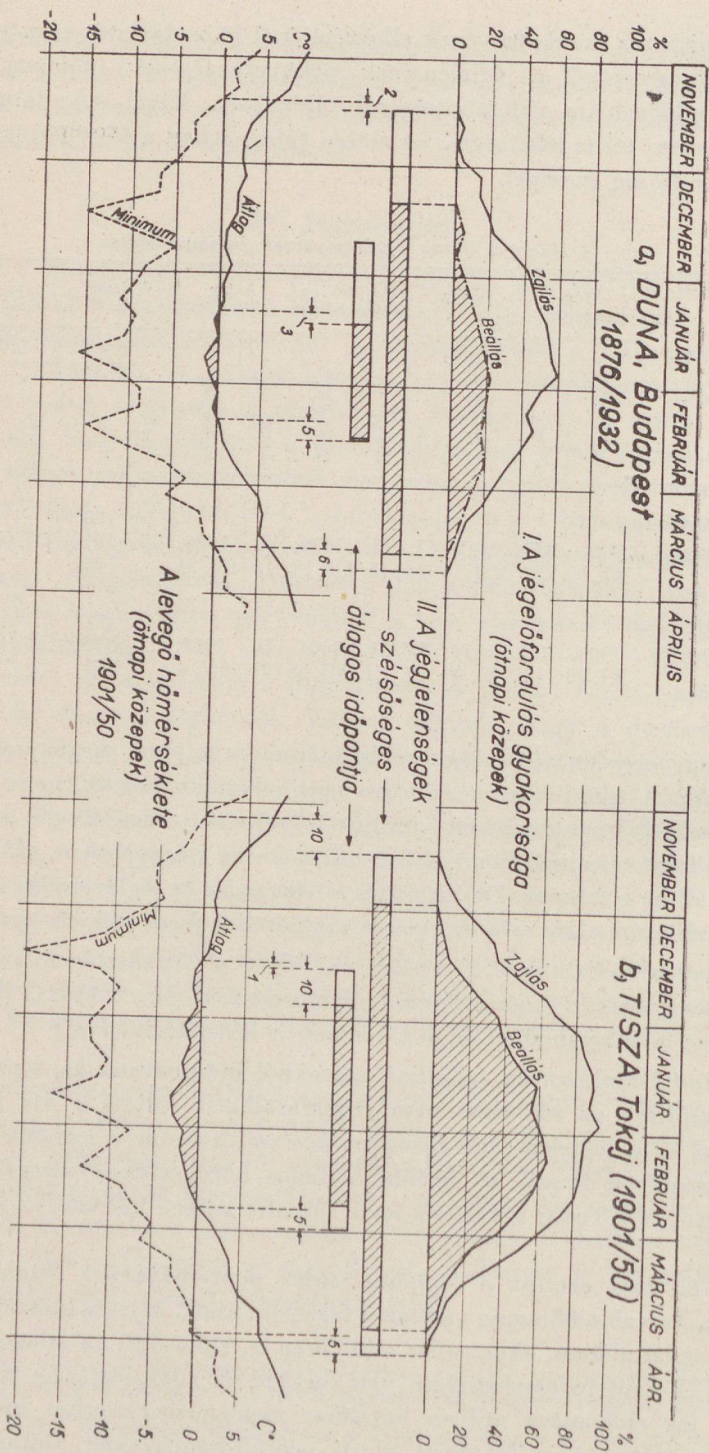
Vízfolyás és víz- mérce Vizsgált időszak	Jég- megjelenés		Beállás		Az álló jég felengedése		A jég eltűnése		A jeges időszak		A beállás		Az évek hány %-ában	
	legkorábban	átlag	legkorábban	átlag	átlag	legkésőbbben	átlag	legkésőbbben	időtartama, nap				marad-e a jég?	áll be a folyó?
									átlag	max. és éve	átlag	max. és éve		
<i>Duna, Budapest</i>														
1876/77—1932/33	1888. XI. 15	XII. 22	1879. XII. 11	I. 14	II. 15	1929. III. 19	II. 16	1929. III. 24	37	98 (1879/ 80)	12	83 (1879/ 80)	3	39
<i>Tisza, Tokaj</i>														
1901/02—1949/50	1908. XI. 15	XII. 18	1915. XI. 29	XII. 27	II. 21	1907. III. 28	II. 28	1909. IV. 4	71	127 (1908/ 09)	53	118 (1908/ 09)	0	76

A jég megjelenésének legkorábbi időpontja teljesen megegyezik a Dunán és a Tiszán. A többi adaton azonban már világosan látszik, hogy a jégviszonyok alakulását lényegesen befolyásolja a folyók esése. Minél kisebb az esés, annál lassúbb a folyó és annál könnyebben hűl le a vize a fagypontra, ill. annál könnyebben áll be a felszíne. De kitolódik a felengedés és jéglevonulás időpontja is, és ennek folytán *a kis esés lényegesen megnöveli a jeges időszak tartamát.*

Mivel a vízszintesés a vízlépcsők fölött a duzzasztás folytán csökken, *a folyócsatornázás a jégviszonyok súlyosbodásával jár.* Kérdés, hogy milyen mérvű lesz a súlyosbodás és mik lesznek a következményei?

Számításainkban az éghajlati adatokból indulhatunk ki, mert az erőművek megépítése az időjárást nem befolyásolhatja. Mivel a víz hőmérséklet-változásai és a jégjelenségek bizonyos késéssel követik a léghőmérséklet járását, elegendőnek látszik az utóbbi 5 napos középértékeit vizsgálni, amelyek Budapestre és a Tokaj közelében levő Tarcálra készen kiszámítva rendelkezésre állanak.

A 6. ábra szerint a léghőmérséklet pentád-közepei Budapesten átlag 32 napig, Tarcalon 68 napig vannak a fagyponthoz alatti. A jeges időszaknak (amelyben jég egyáltalában, akár zajlás alakjában is, előfordul) az átlagos időtartama (37, ill. 71 nap) jó összhangban van ezekkel az adatokkal, ha meggondoljuk, hogy a jég elolvadása milyen hatalmas melegmennyiségeket kíván. A jeges időszak tartama és a fagyponthoz alatti pentád-hőmérséklet időtartama között



6. ábra.
A téli hónapok hőmérsékleti viszonyainak és a jégjelenségek alakulásának áttekintése.

tehát elég szoros az összefüggés. *A folyócsatornázás legfőbb következménye az, hogy az egyszer már megjelent jég meg is állhat, tehát a fenti 37, ill. 71 nap a jövőben nemcsak a jeges napok összes számát, hanem gyakorlatilag a beállás időtartamát is jelenti. Legfeljebb arról lehet szó, hogy a hosszabb állás miatt jobban megerősödő jégpáncél egy-két nappal tovább marad meg a fenti értékeknél.*

A beállásnak a jövőben lehetséges leghosszabb időtartamát is kereshetnők a pentád-hőmérsékletek alapján. E végből tüntettük fel a 6. ábrán az 50 év alatt észlelt legkisebb pentád-értékeket is, amelyek Budapesten 125, Tarcalon 145 napos időtartamot adnának a jeges időszak lehetséges felső határául. De a minimumok görbéje különböző évekből adódik. A valóságban nincs olyan év, amelyben ilyen hosszú ideig tartana a fagyos idő. Ha tehát pontosan akarunk eljárni, az egyes évek hőmérsékleti viszonyait kellene feldolgoznunk. Ezek azonban a jégviszonyokban amúgy is kifejezésre jutnak és így részletesebb meteorológiai vizsgálat nélkül is feltehetjük, hogy *a multban előfordult leghosszabb (a zajlást is magában foglaló) jeges időtartam a jövőben a beállás maximális időtartamát jelenti.*

Ezekkel a megfontolásokkal kimondhatjuk, hogy a beállás átlagos időtartama Budapesten 12 napról 37-re, Tokajban 53-ról 71-re, a leghosszabb időtartama pedig 83-ról 98-ra, ill. 118-ról 127 napra emelkedhetik. A különbségek átlaga 17 nap. Ennyivel több ideje lesz a jégpáncélnak a hízásra. Tapasztalat szerint azonban a jég vastagsága elsősorban a jég megjelenésekor uralkodó időjárási viszonyoktól, a kezdetben képződött jégkristályok tömegétől függ, mert a már kialakult jégtakaró a továbbiakban hőszigetelőként hat. Ennek és a vízkoptató hatása folytán a jégtakaró 2—3 hét alatt alig vastagszik. *Nem kell tehát attól tartani, hogy a duzzasztó fölött huzamosabb ideig tartó jégborításnak a jéglevonulás szempontjából különösebben káros következményei lesznek.*

De természetesen nem vitás, hogy a duzzasztott szakaszokon gyakoribb lesz a beállás, mint jelenleg: *az évek 95—98%-ában meg fog állni a jég.*

Ez a gyakoribb beállás a vízerőmű üzeme szempontjából semmiképpen sem aggályos, mert a gerebek eltömődése ellen ma már sikeresen tudunk védekezni. A Szovjetunió kívül az északi államok és a magas hegységek számtalan vízerőművének zavartalan téli üzeme bizonyítja ezt.

De nem aggályos a jégborítás évenkénti visszatérése az árvédelmi biztonság szempontjából sem. Azokban az esztendőekben ugyanis, amikor a duzzasztómű alatt nincs jég, a gát felett megálló jeget időről időre le lehet bocsátani. Ha pedig kemény télen a folyónak a vízlépcső alatti szakasza is beáll, a duzzasztómű jelenléte semmit sem változtat a helyzeten. A jég levonulása egyébként a mélyen beágyazott medrű Tiszán — földrajzi és meteorológiai okokból — veszedelmesebb torlódások nélkül szokott történni. A Középduna jeges árvizeinek keletkezési fészke pedig messze a tervezett erőmű alatt, a Sió és a Dráva torlolata közötti szakaszon van. Ezeknek a befolyását egy Visegrád körüli duzzasztómű aligha érinti.

A jégborítás időtartamának megnövekedése a vízlépcső fölötti szakaszon a *dunai hajózás* szempontjából természetesen hátrányos. Ezen a hátrá-
nyon azonban — ha szüksége mutatkozik — egy *jégtörőhajó beállításával könnyű
segíteni*. A jégtörő működése mindaddig eredményes lesz, amíg a felaprózott jég
szabadon leúszatható, vagyis amíg a vízlépcső alatti szakasz be nem áll. A
nagy nemzetközi víziút forgalmi viszonyai ezért semmivel sem lesznek ros-
szabbak a jelenleginél.

Összefoglalóan nyugodtan állíthatjuk, hogy a *folyócsatornázás a jégviszo-
nyok szempontjából nem aggályos*. Az amúgy is kis esésű, lassúfolyású Tiszán
a vízlépcsők megépítése alig fog változtatni a jelenlegi viszonyokon, a
Dunán viszont a vízlépcső fölötti gyakoribb beállásnak nem várhatók káros
következményei sem árvédelmi, sem hajózási szempontból. Az erőművek
üzeme szempontjából természetesen már a tervezésnél gondolni kell a jégre.
Ez főképpen a gerekeltömődése elleni védekezés és a duzzasztás közbeni jég-
lebocsátás kérdésének gondos tanulmányozását teszi szükségessé.

HOZZÁSZÓLÁSOK

LÁSZLÓFFY WOLDEMÁR előadásához

KÉRI MENYHÉRT tanár

A vízepítési műtárgyak tervezése, építése és működése során felmerülő
meteorológiai problémák, amelyeket az elhangzott előadás meteorológiai —
szakmai szempontból is precízen határozott meg, a meteorológusok számára
is problémát jelentenek — még akkor is, ha hidrológiai vonatkozásaiktól
eltekintünk. Azonban ez a megállapítás nem jelenti azt, hogy ezeknek a problé-
máknak nemzetgazdasági jelentősége megszűnik abban a pillanatban, amikor
csupán meteorológiai problémaként fogjuk fel őket. Ellenkezőleg: a nemzet-
gazdaság legkülönbözőbb ágai támasztják a meteorológiával szemben a leg-
heterogénebb kívánságok egész sorát, amelyek többségükben megegyeznek a
hidrológusok kívánságaival és jó megoldásuktól nagymértékben függ mos-
tani kibővített öt éves tervünk, de különösen a következő öt éves tervek sikeres
végrehajtása.

Hozzászólásomban csupán érinteni szeretném azokat a feladatokat, amelyek-
nek megoldását tőlünk meteorológusoktól várja a hidrológia. Részletesebben óhaj-
tom tárgyalni ezen feladatok megoldásának módjait és végül fel szeretném
sorolni azokat a legsürgősebb teendőket, amelyeknek végrehajtása már most
módunkban áll és fontosak az előbb említett célok érdekében.

Először emlitem a különböző hosszúságú, rendszerint egy héttől három
hónapig terjedő időtartamon belüli ú. n. *hosszúidejű időjárás előrejelzések problé-
máját*, talán a legfontosabb és egész bizonyosan a legnehezebb feladatot, amely-
nek megoldása a közeljövőben a meteorológusokra vár. Olyan kutatási iránya
ez a meteorológiának, amely azóta foglalkoztatja kutatóit, amióta él a törek-
vés, hogy fellebbentsük a fátylat a jövőről, megtudni: milyen lesz az elkövet-
kező napok, hetek vagy hónapok időjárása. A probléma tehát igen régi. De
annál fiatalabbak azok a módszerek, amelyek ezt a problémát a meteorológiai

kutatás egyetlen lehetséges helyes módján: a fizikai törvényekkel megmagyarázható, matematikai formába önthető időjárási törvényszerűségekkel igyekeznek megközelíteni. Igen sok, alapos munkával kidolgozott, a meteorológiai-statisztika, vagy a dinamikus meteorológia mechanizmusába nyert bepillantás eredményeire külön-külön, vagy együttesen épített módszer ismeretes vagy van használatban, amelyekkel igen szép eredményeket értek már el a különböző országok, közöttük elsősorban a Szovjetunió meteorológusai. De egyrészt éppen a legkritikusabb időszakokban, nálunk pl. tavasszal, viszonylag alacsony ezeknek az előrejelzéseknek a beválási százaléka, másrészt az elért eredmények, éppen az ú. n. időjárási vis major esetekben, egyáltalán nem állnak arányban a rájuk fordított befektetéssel és munkával.

A fejlődés útja kettős: a nagy anyagi erővel rendelkező országoknak tökéletesíteniök, bővíteniök kell azokat a technikai berendezéseket, amelyek szükségesek a hosszúidejű előrejelzések mai lehető legjobb elkészítéséhez. Ez elsősorban a szinoptikus állomáshálózat teljessé tételében, a magaslégköri mérések széleskörű kiépítésében és az éghajlattani statisztikai munkák gépesítésében áll. A másik út: megadni minden lehetőséget az ebben az irányban vizsgálódó kutatóknak azért, hogy minél előbb kikerüljön közülük az első, elméletileg is mindenben helytálló és jól használható hosszúidejű előrejelzési módszer kidolgozója. Ezt a kutatót, a hozzászólásom végén ismertetendő feltételek megteremtése esetén, bármelyik kis állam adhatja a haladó emberiség javára.

Igen fontos és szerencsére a legkönnyebben megoldható, az árvizek előrejelzésével kapcsolatban felmerülő meteorológiai probléma, amelynek van egy éghajlati és egy időjárástani oldala. Szándékosan használom itt az időjárástani kifejezést a megszokottabb, de szűkebb tartalmú »prognosztika« szó helyett, mert ennek a problémának a megoldásában a közelmúlt és a pil anatónyi időjárás hű képének megrajzolása legalább olyan fontos szerepet játszik, mint a nagy beválási százalékú 24—36—48 órás előrejelzésekben. Egy-egy vízgyűjtő-területen belül a hidrológiai igényeknek megfelelő módon szervezett csapadékhálózattal lehetővé teszi, hogy a területről lefolyó víz mennyiségét és a nagy csapadékok vagy hóolvadás következtében beálló árvizek időtartamát, tetőzésük időpontját előre megbecsülhessük azon a ponton, amelyhez a vízgyűjtő-terület tartozik, csupán a jelentőhálózat által szolgáltatott, a közelmúlt vagy a jelen pillanatra érvényes időjárási helyzet hű ábrázolása segítségével.

Hangsúlyoznom kell, hogy egy ilyen speciális jelentőhálózat — eltérően az általános meteorológiai követelmények által megszabott jelentések tartalmától — egészen új elemeket is be kellene, hogy vegyen jelentéseibe, mint amilyen pl. a csapadék intenzitása, teljes időtartama, télen a hó alakjában hullott csapadék vízártéke, a belőle származó hótakaró vastagsága és a hótakaróban akkumulált téli csapadék vízártéke, a talajfagy mélysége stb., stb. Az is természetes, hogy ez a hálózat telepítése és műszerfelszerelése szempontjából is erősen eltérő lesz a szokásos meteorológiai állomásoktól. Telepítés tekintetében hidrológiailag döntő, hogy a vízgyűjtőterület különböző magasságú szintjeinek arányában legyenek jelentő-állomások hálózata és ne forduljon elő az a meteorológiai állomáshálózatban egyébként gyakori hiba, hogy hegyes vidéken az állomások túlnyomórésze a völgyekbe esik — aminek természetes magyarázata az, hogy a jól betelepült völgyekben könnyebb észlelőt találni, mint a kevésbé lakott hegytetőkön, vagy csúcsokon. Műszerfelszerelés tekintetében is lényeges eltérés lesz a hidrológiai és meteorológiai állomáshálózat között. A legegyszerűbb csapadékmegfigyelő állomás sem nélkülözheti — ha a hidrológiai célokért is dolgozik — a csapa-

dékmérőn kívül a hóvastagság- és hósűrűségmérőt és az esőíró. Ahonnan egyéb adatokat is várni fogunk, ott természetesen meg kell lennie a szükséges műszernek is (talajhőmérők és nedvességmérők, párolgásmérők stb.). Mindezek elsősorban a már üzemben lévő műtárgyak zavartalan működésének biztosítása érdekében szükségesek.

A tervezés és építés inkább éghajlati problémák megoldását várja tőlünk, bár az építés alatt igen gyakran van szükség a várható időjárás ismeretére, amint ezt az előadás is hangsúlyozta. Felbecsülhetetlen értéke van itt annak a hosszú évtizedek megfigyelési anyagát magába foglaló adattömegnek, amely a meteorológiai intézetek birtokában van. Pl. a mértékadó árvizek megállapítása éppen ezeknek a hosszú s több-kevesebb munkával még hosszabbá és homogénné tehető csapadékmegfigyelési soroknak a segítségével lehetséges. Minél hosszabb sor áll rendelkezésünkre, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a számított mértékadó árvíz értéke közel lesz az azon a vízgyűjtőterületen előfordulható maximális értékhez. Ugyanilyen értéke van a folyók jégviszonyainak tanulmányozása szempontjából a hosszú hőmérsékleti megfigyelés-soroknak, amint azt az előadás kapcsán bemutatott példa nagyon szemléltetően igazolja. Az éghajlati megfigyeléseknek hidrológiai értékét bizonyító példát még többet hozhatnánk, de talán az elmondottak is eléggé meggyőzően igazolják, hogy a vízepítési műtárgyak tervezése, ha nemcsak a biztonságot, hanem a kötelező takarékoságot is szem előtt tartja, nem nélkülözheti a műtárgy vízvidékének hosszú évtizedekre visszamenő meteorológiai adatait.

Most érkeztem hozzászólásomnak ahhoz a részéhez, amelyre az elején, mint megteendő javaslatra hivatkoztam: a már meglévő megfigyelési anyagnak az értéke csak akkor mutatkozik meg teljes egészében, ha az egész vízgyűjtőterületről rendelkezésre áll. A tiszalöki szelvényhez tartozó vízgyűjtőterület túlnyomó része azonban a Szovjetunió, továbbá a Csehszlovák és Román Népköztársaság területére esik. Ennek következtében a vízlépcső üzemének zavartalansága érdekében végzendő meteorológiai szervező- és kutatómunka első lépése csak ezekkel a szomszédos államokkal való együttműködés megteremtése lehet. Ezen a téren a hidrológusok előttünk járnak és bizonyára készséggel fogják tapasztalataikat rendelkezésünkre bocsátani a hidrometeorológiai problémák megoldása érdekében.

Az elmondottak után javasolom tehát, hogy

1. a szomszédos népi demokráciák hasonló intézményeivel vegye fel a kapcsolatot a magyar meteorológiai szolgálat;
2. valósítsuk meg a kölcsönös kutató- és tapasztalatszerét;
3. dolgozzunk ki egy hidrometeorológiai jelentő és táviratozó szolgálat tervezetet, közösen a szomszédos népi demokráciákkal és végül
4. az együttműködés tapasztalatai alapján teremtsük meg a Dunabizottsághoz hasonló Közép- és Kelet európai Hidrometeorológiai Bizottság létesítésének és működésének feltételeit.

OTTO DUB egy. m. tanár (Állami Vízgazdálkodási Kutató Intézet, Pozsony)

Az előadásban felvetett gondolatokhoz három megjegyzést kíván fűzni.

1. A vízerőművek duzzasztóinak szabad nyílását rendkívül nehéz meghatározni. A matematikai statisztika módszereinek alkalmazása, ahogyan a Szovjetunióban szokásos, jelentős haladást jelent, különösen a gazdasági szempontok egyidejű figyelembevételével. A szlovákiai gyakorlat szerint a víziműtárgyak

szabadnyílásának méretezésénél a mértékadó árvízen kívül kisebb vízfolyásoknál annak háromszorosával, nagyobb vízfolyásokon annak 1,3-szorosával is elvégzik a számítást és a műtárgynak — bizonyos megengedett túlduzzasztással — ezt a nagyobb vízmennyiséget is le kell tudnia vezetni. A hidraulikai méretezés terén a matematikai statisztika módszereinek alkalmazása nagy haladást jelent, de végleges megoldásról még nem beszélhetünk.

2. *Az árvizek előrejelzése* annál nehezebb, minél kisebb a vízgyűjtőterület. A folyók felső szakaszán a levonulási idők rendkívül rövidek és így a vízállásokból, illetőleg a lefolyó vízmennyiségekből való előrejelzés helyett a csapadékokból való előrejelzéshez kell folyamodni. A prognózis megállapításának alapjai tehát a csapadék mennyisége, a hótakaró víztartalma és a hőmérséklet. Ezekből az adatokból a korrelációs-számítás segítségével történhetik az előrejelzés. De az igényeket nagyon le kell szállítani, legfeljebb 6 órás előrejelzésről lehet szó. A hegyvidéken tehát a nehézségek mintegy felnagyítva jelentkeznek.

Tiszalök esetében a megoldás lényegesen egyszerűbb. Itt már a folyó felsőbb szakaszán teljesen kialakult árhullám alapján, vízállásokból történhetik az előrejelzés. Természetesen nincs akadálya annak, hogy az előrejelzést a hegyvidék meteorológiai adatainak felhasználásával, vagy szükség esetén újabb állomások felállításával, tökéletesítsük. Ebben *szlovák részről a legmesszebbmenő támogatást ígérheti*. Ily módon Tiszalökre olyan pontos előrejelzéseket lehet készíteni, amilyenekről Szlovákia hegyi folyóin még csak álmodni sem lehet.

3. *A hosszúidejű előrejelzés kérdése* az előbbieknél is nehezebb. Valószínű, hogy a korreláció-számítás segítségével itt is el lehet majd érni bizonyos eredményeket, de a harmonikus analízis alkalmazásának sikerében nem hisz. Vannak ugyan száraz és nedves évjáratok, de periodicitásról a hidrológiában aligha lehet beszélni, legalábbis nem a mi földrajzi övezetünkben. Ezzel a kijelentéssel a meteorológiai jelenségek szakaszosságának kérdését nem kívánja érinteni.

POP RADU egy. m. tanár (Bukarest)

A mértékadó árvizek számítása a vízműtárgyak gazdasági érték szerinti osztályozásának figyelembevételével, úgy, ahogyan a Szovjetunióban történik, a román vízügyi gyakorlatban is szokásos. Először *Ogorodin* szovjet szakértő végzett egy ilyen konkrét számítást a Dunára vonatkozóan, a torkolati szakaszra. Az az előadó által is hangsúlyozott nehézség, hogy az előfordulási valószínűség az előfordulás időpontjára vonatkozóan semmiféle útmutatást sem ad, a gyakorlatban sajnos nagyon hátrányosan érezteti hatását. Utal a romániai tervezéseknél alkalmazott gyakorlatra, amely figyelembe veszi a vízerőművek beruházási értékét és gazdasági jelentőségét. Az eljárás a folyamatban lévő nagyarányú tervezésekkel kapcsolatban alakult ki. *Črstea Mateescu* professzor kimutatta, hogy az eljárás, amely a hidrológiai jelenségekben megnyilvánuló ciklikus változások vizsgálatán alapszik és a múlt jelenségeiből következtet a jövőre, már 20 évi megfigyelési adatsor alapján is sikerrel alkalmazható. Így vizsgáljuk a vízhozamokat, a vízerőtermelési, tározási és öntözési lehetőségeket. A Beszterce folyón tervezett Lenin-erőművel kapcsolatban a vizsgálatokat a közelmúltban végezték el. Itt egy 1 milliárd m³ befogadóképességű tározó-medencéről van szó, amelynek vizét energiatermelésre, öntözésre és a Szeret hajózási viszonyainak megjavítására kívánják felhasználni.

Az előadó által említett nemzetközi együttműködésre a román szakkörök mindenkor a legnagyobb mértékig készek. Bízunk benne, hogy a közös meteorológiai

és hidrológiai problémákat teljes együttműködésben, a lehető legjobban fogják megoldani. Ezt az együttműködést úgy tekinti, mint a szoros baráti kapcsolat zálogát a két népi demokrácia szakemberei között.

MAURER GYULA okl. mérnök

A Szovjetunióban szabályzat van a víziműtárgyak méretezésére mértékadó árvíznek a valószínűségszámítás módszerével való meghatározására. Romániában is használják ezeket a szabályokat. Figyelemreméltó a víziépítkezések ideiglenes építési létesítményei és a végleges jellegű építmények biztonsága közötti különbségtétel. Az építkezés árvízi biztonságának kérdésénél sok tényezőt kell figyelembe venni. Természetesen más a helyzet akkor, ha a munkagödör önálló árvédelmi egység és ismét más, ha az árvédelmi rendszerbe illeszkedő műtárgy munkateréről van szó. Ebben az esetben ugyanis a munkatér elöntése egyben az árterület és esetleg belsőségek víz alá kerülését jelenti. A munkatér helyi adottságai is különbözők lehetnek. Tiszalök esetében pl. az árvízzel való esetleges elöntésnél befolyhatnak a rézsűk, amelyeket ezután már nem lehet helyreállítani, sőt tönkremehet a talajvízszint-süllyesztő berendezés is. Kötött talajnál az elöntés sokkal kisebb veszélyt rejt magában. Természetes, hogy minél kisebb műtárgyról van szó, annál kisebb biztonsággal elégedhetünk meg az építés megtervezésénél, mert ilyenkor a munkatér esetleges elöntése utáni újbóli berendezése nem okoz jelentékeny költséget.

Önkritikát kell gyakorolnunk, mert annak ellenére, hogy a magyar műszaki tudományban ez a kérdés sincs elhanyagolva és vannak hozzáértő kartársaink, *nem egyszer hozzáfogunk nagy építkezésekhez anélkül, hogy a mértékadó árvíz előzetesen meghatároznók.* A jövőben ezen változtatni kell. *A hidrológiai statisztikai számításokat el kell végezni és az adatokat kinyomtatva nyilvánosságra kell hozni,* hogy ne csak a tudományos fórumokon essék szó róluk, hanem rendelkezésre álljanak a helyszínen dolgozó építésvezető mérnököknek is, akik ma csupán megérzésekre vannak utalva.

A Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Egyesület lenne leginkább hivatott arra, hogy irányelveket dolgozzon ki a vízi létesítmények tervezésére vonatkozóan és megszabja, hogy a különböző építkezéseknél milyen fokú árvízi biztonságot, milyen valószínűségű árvíz kell figyelembe venni. Ebből a célból a Hidrológiai Társasággal karöltve minél sürgősebben munkabizottságot kellene alakítania.

SERF EGYED okl. mérnök

Az előadó részletesen ismertette a mértékadó árvízi hozamok kérdését a műtárgyak szempontjából. *A kérdés azonban különös figyelmet érdemel árvédelmi rendszerünk biztonságának megjavítása szempontjából is.* Mióta a 3500 km hosszú árvízvédelmi töltésrendszer népgazdaságunk kezelésében van, Kormányzatunk elsőrendű kötelességének tartja, hogy a töltésrendszer hiányosságait megjavítsa. Ebben a vonatkozásban a mértékadó árvízszintek helyes meghatározása rendkívül fontos, mert a hatalmas töltésrendszernek néhány centiméter magasságkülönbség is milliókat jelent a földmunka költségében. Az árvédelmi töltéseknél természetesen nem az árvízi hozam nagysága, hanem az árvízszint magassága mértékadó. Különösen áll ez a dunai védtöltések esetére, mert a Dunán mindig a jeges árvizek a veszélyesek, amelyek rendkívül magaságuk ellenére aránylag csekély vízszállításnak felelnek meg.

A Vízrajzi Intézet munkájában halaszthatatlan feladat a medernyilván-
tartási adatok tudományos feldolgozása, mert a vízmércezelvényekre korlá-
tozott vizsgálatok nem adnak elegendő támpontot a jellemző vízszintek meg-
határozására. A vízállások és vízhozamok összefüggését a mederváltozások
lényegesen befolyásolják. *Vízrajzi feljegyzéseink tudományos feldolgozását és az
adatgyűjtés bővítését programmá fogjuk tenni, hogy ármentesítési munkálatainkat
mezőgazdaságunk, közlekedésünk és közegészségügyünk javára a lehető leggazda-
ságosabban végezhessük el.*

KATONA ISTVÁN okl. mérnök

A különféle valószínűséggel előforduló árvízhozamok számításához szük-
séges adatsorokkal szemben támasztott követelményekről szól. *A valószínűség-
számítás módszerei csak homogén adatanyagra alkalmazhatók és a gyakorlati hidro-
lógia legfőbb nehézségei éppen itt mutatkoznak.* Ilyen nehézségek már a mértékadó
árvízszint régi és elavult módszer szerinti megállapításánál is felmerültek,
főként a Tisza esetében. A folyó életébe történt radikális beavatkozások ugyanis
(átvágások, az árvízi meder összeszorítása védtöltésekkel) arra vezettek, hogy
szinte minden árvíz más és más körülmények között folyt le. (Medermélyülés,
kanyarulatok vándorlása, gátszakadások, újabb öblözetek begátolása stb.).
Mikor a matematikai statisztikai módszereknek a mértékadó árvízhozamok
meghatározására való felhasználásáról van szó és ehhez az évi legnagyobb
árvízhozamok homogén adatsorát kell előállítanunk, elsősorban a vízállások
és vízhozamok összefüggését kell különböző időre megállapítanunk. Mindez a
mérceáthelyezések és a mederváltozások megállapítását és figyelembevételét
teszi szükségessé. Másodsorban, ettől függetlenül, a lefolyási viszonyokat és
változásokat kell figyelembe venni. (Töltésezések hatása magas árvizeknél,
töltésszakadások okozta vízhozamcsökkenés.) Sok esetben, főleg a Tiszán, a
fent felsorolt tényezők közül egyidejűleg többel kell számolni.

NÉMETH ENDRE műegy. ny. r. tanár

A felvetett kérdések közül különösen fontosak a biztonság gazdasági
vonatkozásai. Vízumunkálatoknál a biztonságot nem lehet egy egyszerű szorzó-
számmal, biztonsági tényezővel figyelembe venni, hanem minden létesítmény
esetében külön kell mérlegelni. *A biztonság kérdésének mindenesetre nagyobb
figyelmet kell szentelni, mint a multban.* Örömmel üdvözlí a bizottság alakítására
irányuló javaslatot és a Hidrológiai Társaság, ill. a Közlekedés- és Mélyépítés-
tudományi Egyesület együttműködésének gondolatát.

Nagyobb kollektíva munkájára van szükség. Meg kell állapítani a külön-
böző hidrológiai tényezők terület szerinti változásának jellemzésére alkalmas
módokat. A Szovjetunióban nemcsak a biztonság figyelembevételére vonat-
kozó normák vannak összeállítva, hanem olyan tervezői segédletek is, amelyek-
ből az egy-egy vízvidékre érvényes fajlagos vízhozam, lefolyási tényező stb.,
az egész birodalom bármely pontjára kivehető. Szovjet vízgazdálkodási szak-
értők bevezették a »vízgazdálkodási tényezőt« is, ezt a hidrológiai jellemzőt,
amely igen alkalmas az egyes országrészek hidrológiai feladatainak szétválasz-
tására. Ez nagy mértékben elősegíti a tájékozódást és megkönnyíti a nagy-
vonalú tervezést.

Magyarország földrajzi helyzetéből következik, hogy a vizek levonulásának olyan kivizsgálását, amilyenre a vízimunkálataink szempontjából szükségünk van, nem lehet elképzelni *a szomszédos baráti államok segítsége nélkül. Vízrendszerünk megosztottsága miatt igen fontos, hogy a nemzetközi együttműködést mielőbb megindítsuk.*

ÓCSVÁR REZSŐ okl. mérnök

A kivitelező mélyépítő mérnökök nevében csatlakozom az előadó megállapításaihoz és Maurer Gyula hozzászólásához. Eddigi gyakorlatomban sajnálattal tapasztaltam, hogy az árvízi adatok gyakran csupán a »műszaki érzék« alapján voltak megállapítva. Ma már tudományosan megalapozott módszerek állanak rendelkezésre és kitűnő adatfeldolgozások is vannak, de kell, hogy az érdekeltek ezeket megismerhessék és valóban fel is használják. Az idevágó javaslatához csatlakozva helyesnek tartanám, ha a Közlekedés- és Mélyépítés-tudományi Egyesület a kérdésben érdekelt többi tudományos egyesülettel karöltve olyan munkabizottságot alakítana, amely *mindenekelőtt az ötéves terv munkáira állapítaná meg a legszükségesebb hidrológiai adatokat.* A bizottságnak nem elvi alapon, hanem a súlyponti feladatok szempontjából kellene tehát foglalkozni a kérdéssel, hogy a tervezőknek előre megállapított árvízszint-adatok álljanak rendelkezésre munkájuknál. A mértékadó árvízszintet szovjet mintára külön kellene megállapítani a műtárgyak egészére és a kivitelezés részleteire is, mert ez gazdasági szempontból igen jelentős. *Ma még igen sokan idegenkednek a tervezési szabványoktól és normáktól. A Szovjetunió példája pedig azt mutatja, hogy ez az út igen jól járható.*

SZILÁGYI GYULA műegy. ny. r. tanár

A valószínűségszámítás hidrológiai alkalmazása bizonyos veszélyeket rejt magában, mert gépiesen alkalmazva, matematikai játékká lesz. A statisztikai számításokat mindig *minőségi elemzéssel* kell összekötni, mert enélkül könnyen tévútra vezetnek. A hidrológiai adatok minőségi elemzése hatalmas munka, de nem szabad elhanyagolni, mert csak így juthatunk a kisebb vízfolyásokra is alkalmazható megállapításokhoz. Nem szabad megfélemlíteni róla, hogy egyszer ezeknek a hasznosítása is előtérbe fog kerülni. A Szovjetunióban a módszeresen végrehajtott elemzések lehetővé teszik, hogy a *hidrológiai analógia* alapján olyan vízfolyások vizirajzi adataira is következtessenek, amelyekről semmiféle észlelés nem áll rendelkezésre. *A szovjet hidrológusok bizonyos jellemzőket állapítanak meg az egyes vízgyűjtőkre, ezeket térképen ábrázolják és így alapot teremtenek a hidrológiai hasonlóság elvének felhasználásához. Módszereiket tanulmányozni és a hazai viszonyokra alkalmazni kell.*

FILEP LAJOS okl. mérnök

A Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium folyamszabályozó osztályán sikerrel kísérleteznek többnapos vízállás-előrejelzéssel. Természetes, hogy kisebb vízfolyásokon és ott, ahol a levonulási idő rövid, a csapadékviszonyok figyelembevétele is szükséges. Véleményem szerint Tiszalökre, a mederben tárolt víz idejében való lebocsátása érdekében, *a meteorológiai adatok figyelembevételével igen jó prognózisokat lehet készíteni.*

MOSONYI EMIL műegy. m. tanár

A szovjet szabályzatokban szereplő mértékadó terhelések és biztonsági tényezők megállapítása nem általános érvényű, hanem a létesítmény gazdasági hasznától és jelentőségétől függnek. *A gazdasági értékelés a szovjet szabályzatokban a műszaki gyakorlat minden ágában érvényesülő alapvető fel fogást tükröz.* A gazdasági jelentőségtől függően osztályoz a szabályzat a hidrológiában, hidraulikában, a gátak alatti szivárgás, talajtörés és egyéb kérdésekben. Pl. a prof. Zamarin vizsgálatainak felhasználásával készült szovjet szabályzat a gátak alatti szivárgással kapcsolatban a műveknek 4 osztályát különbözteti meg: a kisebb mű egy csoportba tartozik a nagyobb mű provizóriumával. Az osztályozás alapján állapítják meg a biztonsági együtthatókat és az alacsonyabbrendű műtárgyak esetén redukciót alkalmaznak.

A duzzasztóművek szabad nyílásának nagysága szerkezeti kérdésekkel függ össze. Ha magas a tábla, a nyílás-szélességnek kisebbnek kell lennie. Nagy nyílásban csak viszonylag alacsonyabb vasszerkezet alkalmazható. Függ a nyílás nagysága a kivitel egységes, vagy megosztott voltától. Ha a dunai nagy műtárgyknál nem süllyesztőszekrénnel, hanem körülfárassal alapoznánk, 3 körülfárásra lenne szükség, ami legalább 3 évig tartó alapozási munkát jelentene. A nyílásszélesség helyes megállapítása fontos, de nem szabad a kérdést önmagában vizsgálni, hanem kapcsolatba kell hozni az átfolyási szelvény magasságával, amely szorosan összefügg a küszöbmagasság megválasztásával és a nagyméretű táblák szerkezeti megoldásával. Különbséget kell tenni olyan duzzasztóművek között, amelyeknél a duzzasztás mértéke kicsi és a megengedett duzzasztási szint nem éri el a legmagasabb árvíz szintjét és olyan gátak között, amelyeknél a duzzasztás meghaladja a maximális árvízszintet. Az egyik típus a folyami duzzasztó jellegzetes esete, a másik közeledés a völgyzárógátakhoz. Az idevágó irodalomból látjuk, hogy *minél magasabb a relatív duzzasztás, annál kisebb nyílásszélességeket alkalmaznak,* és minél inkább közelednek az alacsony duzzasztáshoz, annál inkább lehet szó a szabad nyílás növeléséről.

A Konferencia értékes gondolatokat adott annak a *vízépítési tervezési szabályzatnak* a kidolgozásához, amelyen a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium az Építéstudományi Intézettel karöltve dolgozik. Javasolom, hogy a végleges szabályzat kidolgozásának bevétele nélkül *a jelenleg programba vett nagyobb művekhez már most készüljön külön szabályzat.* Közben azonban változtatlanul folyjék a vízépítési tervezési szabályzat munkája és javasolja a Konferencia, hogy ennél a Konferencia eredményeit vegyék figyelembe.

LÁSZLÓFFY WOLDEMÁR válasza

1. Az előadásban felvetett hidrológiai kérdések *nagyrésze meteorológiai vonatkozású.* Öröndetes, hogy a Meteorológiai Intézet képviselője a magyar meteorológusok messzemenő megértését tolmácsolta a hidrometeorológiai kérdések iránt.

Mivel a hidrometeorológiai kutatásban földrajzi okokból a szomszédos baráti államok szakszerveinek támogatására szorulunk, *a Konferencia minden résztvevője örömteli megnyugvással vette tudomásul a külföldi vendégek részéről kinyilvánított segítő készséget.*

Reméljük, hogy a hidrológusok és meteorológusok mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban elhatározott szorosabb együttműködése rövidesen meghozza a gyümölcsseit a vízgazdálkodás számára.

2. Több felszólaló utalt a mérnöki gyakorlat szempontjából fontos hidrológiai kérdések megoldásának szükségességére. Az építőmérnök azonban mindig csak a számára fontos hidrológiai kérdést látja és ennek azonnali megoldását várja. Ezeken a konkrét feladatokon túl *rendkívül fontos az általános jellegű hidrológiai kutatás, mert csak módszeres adatfeldolgozásból lehet általános törvényszerűségeket leszűrni és ezek teszik lehetővé, hogy a vízrajzilag nem tanulmányozott vízfolyásokról is tudjunk tájékoztató adatokat adni.* Amíg a Vízrajzi Intézet a közigazgatási gépezetbe illesztett hivatal, mindig csak a konkrét hidrológiai feladatok megoldására lesz munkaereje és költségfedezete. A nem közvetlen és azonnali hasznot jelentő »elvont« *kutatásra, az óriási tömegű adatfeldolgozásra a jelenlegi keretek között nincs idő, pénz és ember. A tudományos haladást csak e három tényező együttes biztosítása teszi lehetővé.*

A FOLYÓCSATORNÁZÁSSAL KAPCSOLATOS HORDALÉKPROBLÉMÁK

BOGÁRDI JÁNOS
műegyetemi m. tanár

A vízfolyások kialakulására döntő befolyással van a medernek, a mozgó víz hidraulikus elemeinek és a szállított hordaléknak egymáshoz való viszonya. A meder, a folyó hidraulikus elemei, valamint a hordalék közötti összefüggést célszerűen úgy tudjuk megvizsgálni, ha a felsoroltaknak egymásra gyakorolt kölcsönös hatását a vízfolyás valamilyen egyensúlyi állapotánál figyeljük meg.

A meder, a vízfolyás hidraulikus elemei és a hordalék közötti kapcsolatot különböző módokon lehet kifejezni. A legtöbb ilyen kapcsolatot magának a vízfolyásnak a külső jellege már készen, bizonyítással együtt megadja. Pl. ismeretes, hogy sebesfolyású, nagyesésű folyók, vagy folyószakaszok hordaléka túlnyomórészt durva, lassú folyásnál, kis esésnél a hordalék finomszemű. Az is közismert, hogy a hordalék és a medret burkoló anyag között szoros összefüggés, hasonlóság van. És így tovább a vízfolyások külső megjelenési formái még számos egyéb hasonló kapcsolatot határoznak meg.

A könnyen felismerhető kapcsolatok közül azonban olyan összefüggéseket kell kiválasztanunk és megállapítanunk, amelyek a vízfolyások kialakulásánál lejátészódó jelenségeket a lehető legjobban határozzák meg.

Igen megfelelőnek mutatkozik ebből a szempontból *Lohtin V. orosz mérnök* mederállandósági tényezőjének az alkalmazása. Lohtin abból a feltevésből indult ki, hogy a vízfolyások medrének kialakulásánál a víz elragadó ereje és a meder falának, vagyis a medret burkoló anyagnak ellenállása állnak egymással szemben. Az elragadó erőt a fenéken nyugvó d átmérőjű hordalékszemre ható ütőerővel, a meder ellenállását pedig ennek a hordalékszemnek az elmozdítással szemben kifejtett ellenállásával mérve, *a mederállandóság egyenesen arányos a meder anyagát burkoló anyag átlagos szemátmérőjével és fordítva arányos az úgynevezett sebességmagassággal.*

Magyar viszonylatban a vízfolyások kialakulásának jellemzésére a felső dunai tanulmányainknál a $\frac{d_g}{RI}$ arányt kíséreltük meg bevezetni.

Vizsgálataink azt bizonyítják, hogy ez az arány, vagyis a medret burkoló anyag átlagos szemátmérőjének a hidraulikus sugár és a vízszintes szorzatával való viszonya lenne a keresett kapcsolatok legmegfelelőbb kifejezője. A $\frac{d_g}{RI}$

viszony alkalmazása a dunai vizsgálatoknál igen megfelelőnek bizonyult, mert a vízfolyások kialakulásánál az egyensúlyi állapot kifejezésénél valójában megadja a meder, a vízfolyás hidraulikus elemei és a hordalék egymásra gyakorolt hatását.

Példaképen a $\frac{d_g}{RI}$ arány felhasználásával vizsgáljuk meg, hogy milyen

változást jelent a mederanyag összetételében a tiszalöki duzzasztómű megépítése. Itt közbevetőleg meg kell jegyeznünk, hogy Tiszabecstől Szegedig a Tisza medrét burkoló anyagból vett minták segítségével az egész folyóhosszra megállapítottuk a medret burkoló anyag d_g szemátmérőjét. Ugyancsak meghatároztuk a medernyilvántartási felvételekből az 1931/40. évtized középvízállásaihoz tartozó R hidraulikus sugarakat, valamint az ezeknél a középvízállásoknál kialakuló I vízszinteséseket is. Ily módon a Tiszalök körüli Tisza-szakaszra

is rendelkezésünkre állott a $\frac{d_g}{RI}$ arány kiegyenlített értéke. Ez az érték Tisza-

lőknél, ha a szemátmérőt mm-ben, a hidraulikus sugarat méterben, az esést pedig m/km-ben vesszük számításba, 1,70-nel egyenlő. A mederanyagvizsgálatok szerint a Tisza medrét burkoló anyag átlagos szemátmérője Tiszalőknél mintegy $d_g = 0,3$ mm, a középvizeknek megfelelő esés $I = 0,046$ m/km, a hidraulikus sugár pedig $R = 3,85$ m. Ez a szemnagyság-, esés- és hidraulikus sugárérték — mivel a jelenlegi helyzetében egyensúlyban levőnek képzelhetjük a medernek, a mozgó víz hidraulikus elemeinek és a szállított hordaléknak

egymáshoz való viszonyát — természetesen kielégíti, a $\frac{d_g}{RI}$ kapcsolatot. A tiszalöki

duzzasztó megépítése után az esés 0,015 m/km-re csökken, a hidraulikus sugár pedig 7,35 m-re növekszik meg. A megnövekedett hidraulikus sugárnak és a lecsökkent esésnek megfelelően új egyensúlyi helyzet kell, hogy kialakuljon, ami csak úgy lehetséges, hogy az átlagos szemnagyságban változásnak

kell beállnia. Az új egyensúlyi helyzetnél természetesen $\frac{d_g}{RI}$ érték teljes szab-

tossággal némiképpen eltérő értékű lesz a fentiekben meghatározott 1,70-hez képest. Az eltérés azonban csak kismértékű lehet és így nagyobb hiba elkövetése nélkül a parameter értékét az új egyensúlyi állapotnál is 1,70-ben vehet-

jük fel. Így számolva, mivel $1,7 = \frac{d_g}{7,35 \cdot 0,015}$, az új egyensúlyi helyzetnél a

medret burkoló anyag átlagos szemátmérője $d_g = 1,70 \times 7,35 \times 0,015 = 0,19$ mm. Azt kaptuk tehát, hogy a duzzasztómű megépítése előtti 0,3 mm átlagos szemátmérő a csatornázás után kerekén 1/3-dal kisebb lesz. A medret burkoló anyag átlagos szemátmérője azonban csak abban az esetben csökkenhet, ha feliszapolódás révén a szállított hordalék egy része feltölti a medret.

A $\frac{d_g}{RI}$ parameter használata tehát megmutatja, hogy a tiszalöki duzzasztó megépítése után a duzzasztótérben feliszapolódásokkal kell számolnunk.

Ha az előző példánál a *Lohtin-féle mederállandósági tényezőt* kiszámítjuk, úgy nagyjából az előzőhöz hasonló eredményre jutunk. Legyen a mederfenéken nyugvó hordalékszem és a mederfenék közötti súrlódási tényező f , a hordalék fajsúlya $\gamma_1 = 2,65$, a víz fajsúlya kereken $\gamma = 1$, akkor a Lohtin-féle mederállandósági tényező

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2f(\gamma_1 - \gamma)}{3\gamma} \left(\frac{d_g}{h} \right),$$

ahol a $h = \frac{v^2}{2g}$, vagyis egyenlő a sebességmagassággal. f , γ_1 és γ értékek

megfelelően alakul $\left(\frac{d_g}{h} \right)$ hányados együtthatója. Az együttható azonban a mederállandósági tényező szempontjából érdektelen. Így f és γ_1 értékek bizonyos felvételével elérhető, hogy $\frac{d_g}{h}$ együtthatója az egységgel lesz egyenlő,

vagyis végeredményben $\frac{P_2}{P_1} = \frac{d_g}{h}$. Ha a Chezy-képlet sebességi együtthatóját $c = 45$ értékkel vesszük fel, akkor a duzzasztómű megépítése előtt a vízsebesség $v = 45 \sqrt{3,85 \cdot 0,000046} = 0,60$ m/sec, ill. a duzzasztómű megépítése után $v_1 = 45 \sqrt{7,35 \cdot 0,000015} = 0,45$ m/sec. Mármint itt is feltételezhetjük, hogy a Lohtin-féle mederállandósági tényező a duzzasztás előtti és utáni állapotban közelítőleg azonos értékű, vagyis a

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{0,3}{\frac{0,60^2}{2 \cdot 9,81}} = 16,4$$

érték használható a duzzasztómű megépítése utáni egyensúlyi állapot kifejezésére is. Ez viszont azt jelenti, hogy a medret burkoló anyag szemátmérőjét a $16,4 = \frac{d_g \cdot 19,62}{0,45^2}$ összefüggés állapítja meg. Eszerint $d_g = 0,17$ mm, ami ugyanazt jelenti, amit az előzőekben a d_g/RI paraméter alkalmazásánál már részletesen kifejtettünk.

Bármelyik viszonyszámot is használjuk a vízfolyások kialakulásának a jellemzésére, nyilvánvaló, hogy minden olyan vízimunkát, vagy más beavatkozást, amely a kérdéses viszonyszámot érinti, mederváltozásokat fog okozni. A mederváltozások alatt itt természetesen a legtágabb értelemben jelentkező változásokat értjük, vagyis a keresztiszelvény nagyságának és alakjának megváltoztatása mellett beleszámítjuk a mozgó víz hidraulikus tényezőiben, a szállított hordalékban, valamint a mederburkoló anyag összetételében bekövetkező változásokat is.

A folyók csatornázása is ilyen beavatkozásnak tekinthető, mert a beépített duzzasztóművek többé-kevésbé erőszakos módon megváltoztatják a folyó egyensúlyi állapotát azáltal, hogy a duzzasztógátak felett nagyobb vízmélységet és kisebb eséseket alakítanak ki. A csatornázással megszűnik tehát a hidraulikus elemek összhangja, ami változásokat, átalakulási folyamatot indít meg, hogy ezáltal a megváltozott körülményeknek megfelelő új egyensúlyi állapot kialakulhasson.

A fentiekből nyilvánvaló, hogy a folyócsatornázás a vízlefolyási viszonyok megváltoztatása mellett a folyó hordalékszállítását is nagymértékben meg fogja változtatni. A változások mind a duzzasztómű alatti, mind a felette levő folyószakaszra is kiterjednek. Gyakorlatilag mind felfelé, mind lefelé csak bizonyos szakaszon jelentkeznek számottevő változások.

Nyilvánvalóan más irányú változások keletkeznek a duzzasztómű feletti és ismét más a duzzasztómű alatti szakaszon.

A duzzasztómű felett a kisebb esés és sebesség következtében a szállított hordalék egy része leülepszik. *A duzzasztómű feletti szakaszon tehát feltöltődések várhatók*, amelyeknek mértéke és módja elsősorban a folyó által szállított hordalék mennyiségétől és milyenségétől függ. Általános megállapítás, hogy a víztározás szintje feletti völgyszakasz feltöltődésének következtében a felülről jövő hordalék tömege és szemnagysága idővel jelentős mértékben csökken, különösen, ha a hordalék durvaszemű és gyakori a maximális víztározás.

A feltöltődés szempontjából lényeges körülmény, hogy *medencés*-, vagy pedig *medertárolásról* van-e szó. Ha a tározótér és a vízhozam aránya igen nagy, mint pl. völgyzárógátaknál, akkor medencés víztárolásról, ha a tározótér a vízhozamhoz képest viszonylag kicsi, mint pl. síkvidéki folyószakaszokon épített duzzasztóműveknél, akkor medertárolásról beszélünk. Természetesen a feltöltődés módja és mérve más a medencés- és más a medertározás esetén.

Medencés víztárolásnál a felülről érkező hordaléknak csaknem a teljes része leülepszik a tározótérben. Ezzel szemben *medertározásnál* az árvíznél lebocsátott víztömegek az érkező hordalék igen jelentős részét tovább viszik a duzzasztó alatti szakaszra. Ennek ellenére a viszonylag kis tározótér következtében az évenkénti %-os feliszapolódás általában a medertározóknál a nagyobb.

Említettük már, hogy a gyakorlati tapasztalatok szerint tározás esetén a felülről érkező hordalék tömege idővel jelentős mértékben csökken. Ennek az a következménye, hogy a víztározás megindulásától számított első évekhez viszonyítva a későbbi időpontokban az évenkénti feltöltődés jelentős mértékben lecsökken.

A feltöltődés mérvének csökkenése természetesen a tározótér fenntartása szempontjából rendkívül fontos. A feltöltődések csökkenése összefügg azzal a körülménnyel is, hogy a vízfolyási viszonyokban beállott változások bizonyos idő alatt új egyensúlyi állapotot alakítanak ki, amelynél tehát a felülről érkező hordalékmennyiség teljes egészében átbocsátható a duzzasztóművön.

A víztározók feliszapolódásának módja leginkább a hordalék ülepedési sebességétől, vagyis a hordalék szemnagyságától függ. *A nagyobb szemű hordalék* aránylag gyorsan ülepszik és általában a folyók deltájához hasonló feltöltődéseket képez. Ezek a lerakódások területileg viszonylagosan kis kiterjedésűek és inkább magasak. *A finomszemű hordalék* a durvaszemű hordalékkal ellentétben a legalsó rétegben ülepszik le és a víztároló egész területére kiterjed.

A duzzasztógát alatt egészen más természetű változásokkal kell számolnunk, mint a duzzasztógát feletti szakaszon. A gát feletti hordalék lerakódásának következtében a duzzasztóművön át viszonylag tisztább, kevesebb hordalékot szállító víz jut az alsó szakaszra. Ezáltal a gát felett leülepedett hordalék-mennyiség, a folyó hordalékszállító-képességéhez viszonyítva, a gát alatti szakaszon már hiányozni fog. Így a gát alatti szakaszon a hordalékától részben megszabadított víz fölös energiáját medrének mélyítésére fogja felhasználni, vagyis a mederanyagból azokat a finom szemnagyságtörödékeket, amelyek szállítóképességének megfelelnek, kimossa és lefelé szállítja. *A duzzasztóművek alatti szakaszon tehát jellegzetes a meder kimélyülése.*

A folyócsatornázásnak a hordalékviszonyokra gyakorolt hatását a fentieknek megfelelően külön vizsgáljuk a duzzasztómű feletti és külön a duzzasztómű alatti szakaszon.

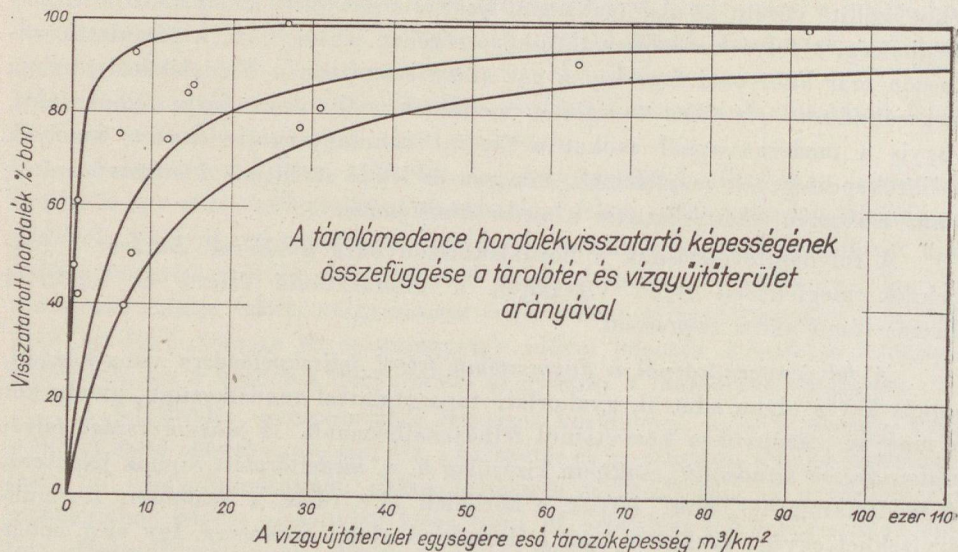
A folyócsatornázásnál a duzzasztómű feletti feliszapolódásra vonatkozóan, sajnos kevés olyan adattal, gyakorlati tapasztalattal rendelkezünk, amelyeket a magyar viszonyokra közvetlenül felhasználhatnánk. *A magyarországi folyócsatornázások mindenütt,* csaknem kizárólag ú. n. *medertárolást* fognak jelenteni. A medertárolásnál, mint láttuk, a hordalék egy része a szabadon levonuló árvizekkel együtt szabadon lejut a duzzasztó alatti szakaszra. Így elég nehéz feladatot jelent a feltöltődés mérvének a megállapítása. Néhány gyakorlati tapasztalatot azonban fel lehet arra használni, hogy a várható feltöltődések nagyságát megközelítőleg előre megállapíthassuk.

Ilyen megfigyelés, hogy a duzzasztóműveken át általában csak a 0,02 mm-nél finomabb hordalékot lehet átbocsátani az alsó szakaszra. Igen jó segédeszközt jelent a várható feliszapolódások mérvének a megállapításánál *Gottschalk grafikus összefüggése* (lásd az 1. ábrát), amely a vízgyűjtőterület egységére eső tárolótér függvényeként megadja, hogy az érkező hordalék hány %-a fog előreláthatólag a duzzasztótérben leülepedni.

Az említett tapasztalatok felhasználásával, segítségül véve a Tiszára mintegy 10 év alatt megállapított hordaléktörvényszerűségeket, *a Tisza folyó csatornázásánál az egyes vízlépcsők fölötti várható feltöltődéseket már sikerült közelebből meghatározni. Az eredmények azt mutatják, hogy a tervezett Tisza csatornázás jól átgondolt megoldás a Tisza folyó hordalékszállításával kapcsolatos kérdéseket illetően is. A várható feltöltődések ugyanis seholsem lesznek olyan mérvűek, hogy azok a Tisza-csatornázással kapcsolatos vízgazdálkodási terveket*

lényegileg zavarnák, vagy azok hatását gazdaságilag lehetetlenné tennék. A Tisza csatornázásának lépcsőbeosztását vázlatosan a 2. ábra tünteti fel.

Túlmissze vezetne, ha a Tisza-csatornázással kapcsolatos feltöltődések meghatározásának a menetét, akárcsak főbb vonásaiban is ismertetnénk. Így röviden csak azt említem meg, hogy a feliszapolódások számításánál az árvizek esetén minden duzzasztás nélkül szabadon levonuló hordaléktömegeket nem vettük figyelembe. Ezzel szemben a közepes vízmennyiségeknél kisebb víztömegekkel érkező hordalékmennyiség hatását teljes mértékben figyelembe vettük, vagyis ezt a hordalékmennyiséget a feltöltődés szempontjából a gya-

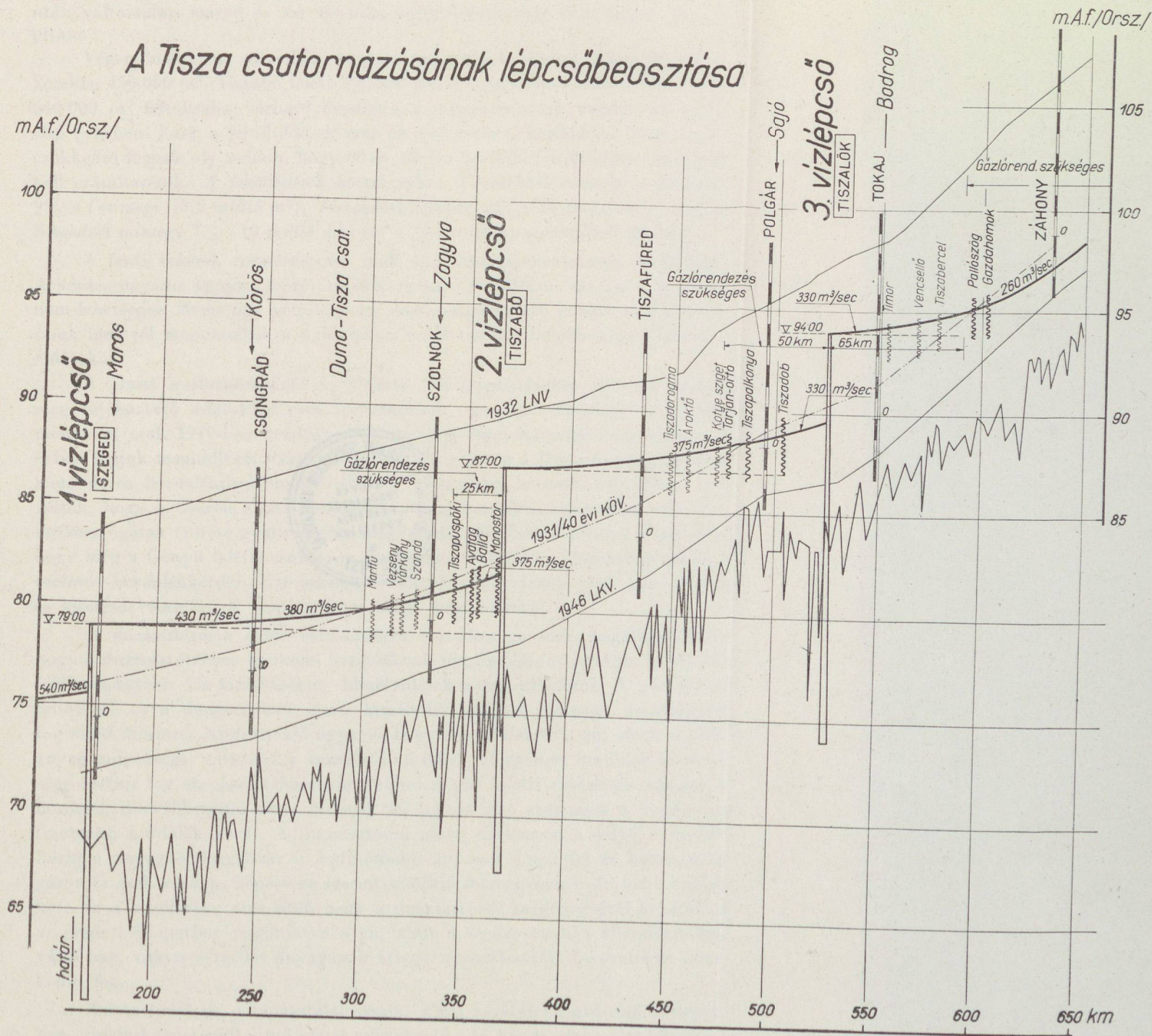


1. ábra

korlati tapasztalatoknak megfelelő módszerek alkalmazásánál teljes egészében mértékadónak tekintettük. Ezeknek a vízhozamoknak megfelelő vízszinteknél ugyanis a vízlépcsők tervezett maximális duzzasztása fennáll és így a duzzasztóművek hordalékviszatarthó képessége is teljes mértékben érvényesül. A maximális duzzasztási szinttől számítva pedig, a vízállások növekedésével arányosan eső duzzasztási szinteknél a részben szabadon átbocsátható hordalékmennyiségekre való tekintettel a feliszapolódás szempontjából mértékadó hordalékmennyiségeket oly módon határoztuk meg, hogy lineáris változást tételeztünk fel.

A feliszapolódások meghatározásánál a folyó új egyensúlyi állapotának kialakulására biztonságból a megkívánt 20–30 év helyett 60 évet vettünk fel, vagyis feltételeztük, hogy a duzzasztó megépítésétől számított 60 év elteltével már kialakul a megváltozott vízfolyási viszonyoknak megfelelő új egyensúlyi állapot. Ez azt jelenti, hogy a bekövetkezett maximális feltöltődés 60 év

A Tisza csatornázásának lépcsőbeosztása



2. ábra

után változtalan marad és azt további feltöltődések már nem fogják gyarapítani.

Végeredményben az eddig végzett számítások szerint Tiszalök felett kereken 450 000 m³, Tiszabő felett 790 000 m³, a szegedi duzzasztótérben pedig 640 000 m³ feltöltődés várható évenként a duzzasztógátak megépítése utáni első években. Ezek a feltöltődések már az első évektől kezdődően fokozatosan csökkenni fognak oly módon, hogy 60 év múlva további feltöltődésre már nem kell számítanunk. *A feltöltődések következtében Tiszalöknél összesen a tározótér 9%-a (mintegy 13,5 millió m³), Tiszabőnél kereken 10% (24 millió m³) és végül Szegednél mintegy 7% (19 millió m³) fog a víztározás szempontjából elveszni.*

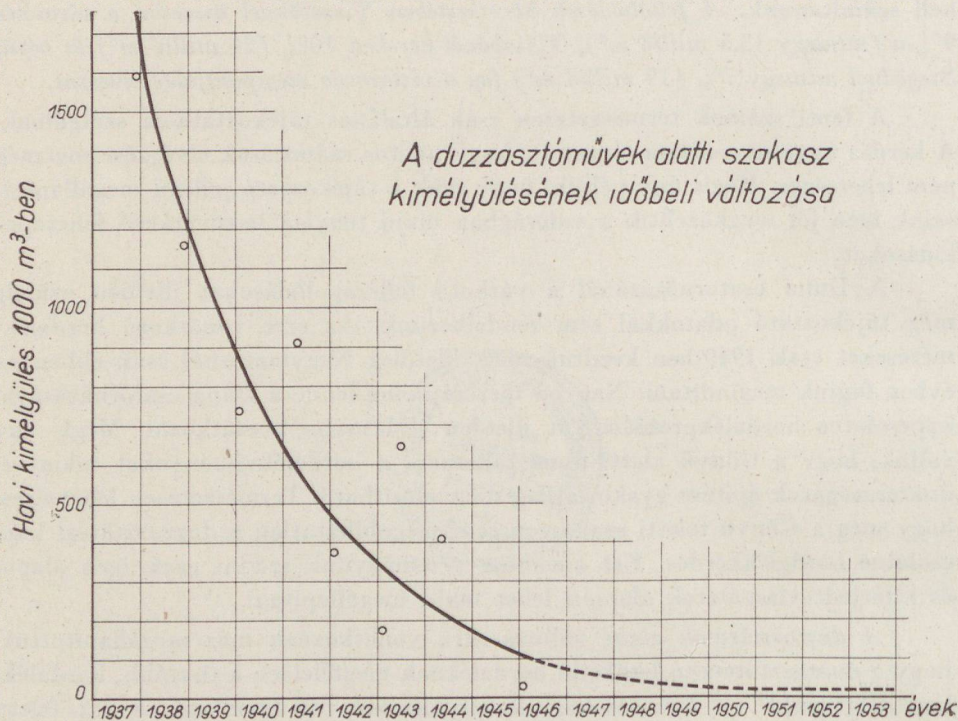
A fenti számok természetesen csak általános tájékoztatásra szolgálnak. A kérdés ugyanis annyira összetett, hogy pontos számítások elvégzése ma még nem lehetséges. Mégis úgy véljük, hogy ezek a tájékoztató jellegű megállapításaink igen jól megközelítik a valóságban majd tényleg bekövetkező feliszapolódásokat.

A Duna csatornázásánál a várható feliszapolódásokat illetően ezideig még tájékoztató adatokkal sem rendelkezünk. Az erre vonatkozó hordalék-méréseket csak 1949-ben kezdtük meg, illetőleg Nagymarosnál csak ebben az évben fogjuk megindítani. Nagyon merész dolog lenne a Duna csatornázásával kapcsolatos hordalékproblémákat illetően jóslásokba bocsátkozni. Mégis úgy véljük, hogy a Gönyű alatti dunaszakaszon a hordalékviszonyokat tekintve, duzzasztógátak építése gyakorlatilag megvalósítható. Természetesen lehetséges, hogy még a Gönyű feletti szakaszon sem megoldhatatlan a duzzasztással kapcsolatos hordalékkérdés. Ezt azonban véleményünk szerint csak igen alapos és kiterjedt vizsgálatok alapján lehet majd megállapítani.

A duzzasztógátak alatti változásokra vonatkozóan már megállapítottuk, hogy a duzzasztótérben lerakódó hordaléknak megfelelően a tisztább, hordalékban szegényebb víz kimosásokat, kimélyüléseket fog előidézni. A gát feletti feltöltődő és a duzzasztómű alatti kimélyülő szakasz bizonyos összefüggést fog majd mutatni. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a hordalék és a gát alatti mederanyag milyensége, valamint a duzzasztómű felett leülepedett hordalék mennyisége szerint fog az alsó szakasz kimélyülni. A gát feletti szakaszon ugyanis a hordalék durvábbszemű része ülepszik le, így az alsó szakaszra a viszonylag finomabb hordalék kerül. A duzzasztómű alatti szakaszon a folyó a medert burkoló anyagból legelőször a legfinomabb anyagot emeli fel és hozza mozgásba és csak később, képessége szerint szállítja fokozatosan a durvább szemeket. Ez a körülmény arra utal, hogy a duzzasztómű megépítésétől kezdődően az eredeti állapothoz viszonyítva a gát alatt a meder anyaga állandóan durvább lesz, vagyis a meder anyagának átlagos szemátmérője fokozatosan növekedni fog.

A kimélyülések, a tapasztalat szerint a gát zárását követő első hónapokban csupán közvetlenül a mű alatti mintegy 10—15 km-es szakaszon jelentkez-

nek. Itt a mélyülés kezdetben igen rohamos, úgy hogy méterrendű kimélyülések várhatók. Az erőteljes mélyülések idővel jelentős mértékben lecsökkennek, úgy, hogy az első 5 év eltelte után már lényegesen kisebbek a további kimosások, 10 év eltelte után pedig a kimélyülések gyakorlatilag meg is szűnnek. A duzzasztógátak alatti kimélyülések időbeli változásának vázlatát a 3. ábra tünteti fel. Természetesen különböző okokból a 3. ábra szerinti kimélyülési



3. ábra

görbe más és más lehet, de a kimélyülések fő jellegzetességei — az első években mutatkozó rohamos kimélyülés és azután a kimélyülések erőteljes csökkenése — feltehetőleg azonosak maradnak.

A mélyülések fokozatosan haladnak lefelé. Természetesen ha a duzzasztóművet a vízfolyás irányában lefelé haladva további vízlépcsők követik a folyón, akkor nyilvánvalóan a gát alatti kezdeti kimélyülések fokozatosan lefelé haladva elérkeznek egy olyan határhoz, ahol a már lejjebb fekvő duzzasztómű hatására feltöltődés indul meg. Így ez a két jelenség egymást ellensúlyozza, illetőleg kiegészíti. A mélyülések kiterjedésére, nagyságára vonatkozóan a rendelkezésre álló gyér tapasztalati adatok birtokában legtöbb esetben csak durva becslésekkel kell megelégednünk.

A gát alatti kimélyüléseket illetően a Tisza csatornázásánál valószínűnek látszik, hogy a tiszalöki vízlépcsőtől lefelé számítva mintegy 50—60 km, a tiszabői vízlépcsőtől lefelé számítva pedig mintegy 30—40 km-es szakaszon lesznek kimélyülések. A kimélyülések mérve teljesen bizonytalan. Valószínűnek látszik azonban, hogy különösen közvetlenül a duzzasztógátak alatt, méterrendű mélyülések is fognak jelentkezni. A Szeged alatti kimélyülések valószínűleg nagyobbak lesznek, mint a másik két vízlépcső alattiak és előreláthatólag csaknem a torkolatig fognak kiterjedni.

A Dunán építendő duzzasztóművek alatti szakaszon bekövetkező kimélyülések mérvére vonatkozóan ma még becslésszerű adatokat sem tudunk mondani. Ahhoz, hogy ezt a kérdést megközelítsük, részletesebben meg kell majd vizsgálni és kiértékelni a Duna hordalékszállítására vonatkozó mérési eredményeket.

A folyócsatornázással kapcsolatos hordalékproblémák megoldása minden esetben nélkülözhetetlenné teszi kiterjedt hordalékmérések végrehajtását. A hordalékméréseknek ki kell terjedniök a tervezett vízlépcső feletti és alatti folyószakasz hordalékszállítására, a medert burkoló anyag összetételének megállapítására, valamint a mederváltozások időbeli és nagyságbeli megállapítására is.

Mint már az előzőekben említettük, a Tiszára vonatkozóan — kisebb-nagyobb megszakításoktól eltekintve — csaknem 10 éves, vagyis végeredményben hosszú időnyre kiterjedő mérési sorozatokkal rendelkezünk már. Ezek a mérések tették lehetővé, hogy a Tisza csatornázásával kapcsolatban ma már kétséget kizáró módon megállapíthattuk a hordalékviszonyokban bekövetkező változások milyenségét és mérvét. Az eredmények ebből a szempontból, mint láttuk, megnyugtatóak. A folyócsatornázás következtében várható átalakulások a vizsgálatok szerint nem érintik a Tisza csatornázásával kapcsolatban remélhető gazdasági eredményeket. Ez röviden annyit jelent, hogy a Tisza-csatornázásnak a tervek szerinti végrehajtása a Tisza folyó gazdasági kihasználására megfelelőnek mondható.

A dunai vízerőhasznosítások kérdéséhez elengedhetetlen a Duna hordalékmozgásának részletesebb feltárása. A mindössze két évvel ezelőtt megindított mérések tovább folytatandók, sőt a kérdések teljes kitisztázásához véleményünk szerint még az alábbi mérések, illetőleg tanulmányok elvégzése lesz szükséges.

1. Minden tervezett vízlépcső helyén, valamint a fölötte és alatta lévő szakaszon egy-egy állandó hordalékmérő állomás kijelölése és a méréseknek több éven keresztül való folytatása :

2. a csehszlovák vízügyi szervekkel kötendő megállapodás révén, a Vág, Garam és Ipoly folyókon legalább egy-egy keresztszelvényben hordalékmérések végrehajtása ;

3. a tervezett vízlépcsők feletti és alatti szakaszokon a nyilvántartási szelvények közül néhány szelvény rendszeres felvétele ;

4. a békésszentandrás duzzasztómű felett a feliszapolódások megállapítása céljából nyilvántartási szelvények kijelölése és azoknak évenként legalább egyszer való felvétele, hogy ezáltal hazai adatokat is nyerhessünk a valóságban bekövetkező feliszapolódásokat illetően ;

5. a felsorolt mérések folytatása, illetőleg megismétlése a felmerülő szükségleteknek megfelelően a duzzasztóművek megépítése után.

Ezeknek a méréseknek a végrehajtása módot fog nyújtani arra, hogy roppant nagy beruházásokat igénylő folyócsatornázási munkálatainkat a folyók hordalékviszonyait illetően is a legmegfelelőbb módon tervezzük meg és hajtjuk végre.

A mérési eredmények kiértékelése során kiterjedt tanulmányokat kell majd folytatnunk, ahol a tudományos kutatásnak párosulnia kell a rögtön szembetűnő gyakorlati megfigyelésekkel. Minden erre fordított munka, fáradtság és költség biztonnal megtérül majd víziműveink kifogástalan és zavartalan működéséből származó óriási népgazdasági előnyök révén.

HOZZÁSZÓLÁSOK

BOGÁRDI JÁNOS előadásához.

SZILÁGYI GYULA műeg. ny. r. tanár

A vízfolyásokban végbemenő hordalékmozgás jelenségének ismerete, habár ezzel a kérdéssel már számtalan kutató foglalkozott, csupán a minőségi jellemzés szempontjából tekinthető feltárt kérdésnek, míg mennyiségi elemzés tekintetében még ma is további tanulmányozásra vár. Ennek megállapítása után tűnik ki annak jelentősége, hogy az előadó megkísérelte kiszámítani és mennyiségileg jellemezni azt a határt, amelyet a Tisza csatornázása következtében a folyó medrének átalakulásában várhatunk. Ehhez a becslésszerű számításokhoz felhasználta a Szovjetunióban végzett kutatások eredményét : a *Lohtin* mérnök által bevezetett mederállandósági tényezőt és az ezzel összhangban álló hazai tanulmányok eredményét, amely a Felső Dunán végzett mérésekből és vizsgálatokból szűrődött le. A végzett számítás módszerét és egyszerűsítő feltételezéseit többféle szempontból lehet bírálat alá venni és amikor erre rámutatok, előre kívánom bocsátani, hogy ezt nem azzal az igénnyel teszem, mintha a mennyiségi elemzés tekintetében megfelelőbb eljárást tudnék végrehajtani, hanem észrevételeimet azzal a céllal teszem meg, hogy ennek az összetett problémának másirányú megvilágításával a további kutatások irányát a magam részéről is megjelöljem. Észrevételeimet röviden az alábbi pontokba foglalom :

1. A tiszai vízlépcsők hatásának vizsgálatát illetően a dunai vizsgálatoknál megfelelőnek bizonyult mederállandósági tényező tekintetében mindenestre fennáll az a különbség, hogy a Felső Dunán görgetett hordalékkal, ezzel szemben a *Tiszán görgetett és lebegtetett vegyes hordalékkal van dolgunk*. Tehát a mederállandósági tényezőt ebből a szempontból közelebbi vizsgálat alá kell vennünk és esetleg módosítanunk.

2. Tegyük fel, hogy a mederállandósági tényező formulája helyes és alkalmazható, de ezzel kapcsolatban megemlítem, hogy az előadott tanulmányban nincs közelebbről meghatározva a vegyesszemű hordaléktömegnek számításba veendő mértékadó szemnagysága. A Budapesti Műszaki Egyetem vízépítési laboratóriuma erre nézve kísérletek alapján csaknem 20 évvel ezelőtt konkrét javaslatot tett, de az csak görgetett hordaléokra vonatkozik.

3. A mederállandósági tényező nevezőjében szereplő RI szorzat jellemezheti a hordalékmozgást és ezt — véleményem szerint — helyesen lehet alkalmazni a duzzasztás idején előálló állapotra vonatkozó számításokban, továbbá egyetértek a feltöltődés mértékének számítási módjával a duzzasztás időszakára, de — úgy vélem — *nem lehet feltételezni, hogy a duzzasztógát feletti szakaszon árvíz idején, amikor a mozgatható táblák felemelésével a duzzasztómű nyílásait szabaddá teszik, a víz nem sodorja ismét magával a duzzasztás idején leülepedett hordalék egy részét.* Erre nézve közelítő mennyiségi számítást úgy lehetne végezni, ha meg tudnánk állapítani, hogy a duzzasztásos időszak alatt előállott feltöltődési állapot mellett az árvíz elragadó ereje mennyi hordalékot képes magával vinni. *Ha erre képesek leszünk, az évenkénti feltöltődés mértékét a duzzasztásos és a duzzasztás nélküli helyzet tartóssága alapján számítani tudjuk.* El tudom képzelni, hogy ilyen számítással kiadódna a feltöltődés mellett kialakuló egyensúlyi állapot ideje és nem lenne szükség olyan önkényes felvételekre, amilyent a végzett számítás 60 év felvételével alkalmaz.

4. A gát feletti mederszakasz alakulására nézve vázolt számítás menete természetesen lényegesen befolyásolná a gát alatti meder kimélyülésére végezhető számításokat, illetve elképzeléseket is.

5. Dunai vízlépcső esetében a meder feltöltődésére, illetve kimélyülésére vonatkozó számítást — esetleg laboratóriumi kísérletekkel kapcsolatosan végzendő számítást — a megfelelő adatok beszerzése után egyszerűbben keresztülvihetőnek látom, mint a tiszai vízlépcsőkkel kapcsolatos mennyiségi elemzést, mert a Dunán görgetett hordalékkal van dolgunk, míg a Tiszán a fenékről megmozgatott hordalék jelentékeny része lebegtetett állapotban vitetik tovább, aminek mennyiségi elemzése bizonytalanabb, mint a görgetett hordaléké.

A fenti megjegyzések után hangsúlyozni kívánom az előadott tanulmány úttörő jellegét.

Az előadásban elhangzott javaslatokkal, amelyek a kérdés további tisztázása céljából a helyszíni mérések és tanulmányok kezdeményezéséről, illetve folytatásáról szólnak, egyetértek és azokhoz az alábbi kiegészítést fűzöm: a vízlépcsők feletti és alatti mederalakulatok tanulmányozása céljából meder-nyilvánartási szelvények vétessenek fel a Hernádon is a kesznyéteni vízerőműhöz tartozó felsőböcsi duzzasztómű feletti és alatti mederszakaszon.

PAPP FERENC egy. c. rk. tanár

Bogárdi János a hidrológia módszereivel fejtette ki, hogy a vízfolyások kialakulására a meder, a víz hidraulikai elemei és a szállított hordalék milyen döntő módon hatnak. — Legyen szabad e tényezők közül a meder és a hordalék képződésének geológiai és közettani vonatkozásaira rámutatva, egyrészt az általa előadottakat más szempontból is megvilágítani, másrészt néhány olyan kutatási eljárást javasolni, mely a folyócsatornázás és erőművek tervezésének kidolgozását elősegíti.

A vízfolyások iránya és a meder szelvénye nem a véletlen, hanem geológiai folyamatok eredménye.

A Tisza esetében nehezen ismerhetők fel a kéregmozgásoknak a meder irányát megszabó hatásai, de mivel kis erek, patakok esetében igen sok helyen kimutatható a törések és gyűrődések iránytszabó hatása, a Tisza esetében sem lehet ez kétséges, csupán jelentékeny vastagságú hordalék fedi-rejti az eredeti szerkezetet. — *A hordalék szerepének, képződésének tisztázása érdekében utalni kell arra a közismert tényre, hogy az függ a vízgyűjtőterület és a meder kőzetföldtani felépítésétől.* Amennyiben a vízgyűjtőterület teljesen tömött, összeálló, oldhatatlan, vagy igen kevésbé oldódó kőzetekből, pl. tömött eruptív kőzetekből állna, úgy nem keletkeznék hordalék, ha viszont teljesen laza üledékek lennének ott, akkor igen sok hordalék jutna a mederbe. A valóság a két végtet között van. Még a teljesen tömött, összeálló, nehezen, vagy nem oldódó kőzetek felületén is keletkezik leváló-elváló törmelék, mely a folyókba jutva a hordalék anyagát adja és a teljesen laza üledékeket is a legtöbb helyen, ha más nem, a nedvesség, még jobban a karbonátos anyag itatja át: fékezi, kissé összetartja.

A meder kőzetanyaga látszólag nem játszik fontos szerepet a hordalék-kérdéseknél, egyes kivételektől eltekintve, ahol a meder szikla és nem fedi semmi; a legtöbb helyen laza alluviális üledékek bélelik és magából a meder kőzeteiből nem jut a hordalék közé törmelék. Ez azonban nem áll fenn. A meder kőzetei közvetlenül és közvetve hatnak, szerepet játszanak a törmelék anyagában. Közvetlenül amennyiben a hordalék maga vonz, kitép a meder kőzetei közül darabokat, közvetve pedig fékezi, ill. siettet a hordalék tovavonulását. Amit a vízgyűjtőre és a mederre vonatkozólag eddig rögzítettünk, az tisztán közettani észrevétel volt, határozottan van azonban tágabb értelemben vett geológiai vonatkozása is a kérdésnek, nevezetesen az, hogy *a kőzetek települése a rétegek helyzete, dőlésiránya, hajlásszöge, továbbá nem utolsó sorban az élőszervezetek, beleértve az emberi tevékenységet is, befolyásolják a hordalék mennyiségét és milyenségét.* Vegyük a vízgyűjtőterületet tekintetbe. E kérdést vizsgálva, indokolt élesen különválasztani az összefüggő kőzeteket a laza üledékektől.

1. Az összefüggő, tömött kőzeteknél sem a vízszintes, sem a függőleges helyzetű rétegek nem szolgáltatnak számottevő hordalékanyagot. A kőzetek kohéziójának, súrlódási együtthatójának megfelelően 30—45° alatt viszont elég sok leválik. *Az antiklinális szerkezet a legkedvezőlenebb, azaz ebben az esetben válik le a legtöbb hordalék.* Az így levált kőtörmelékből lesz a kavics, ebből homok, iszap-lebegő, görgő hordalék.

2. Amennyiben laza üledékek találhatók a felszínen, úgy a függőleges — valójában vízszintesen rétegezett — *falakba málló löszből sok, finom rész válik le.* A vulkánikus tufák az agyag és iszap lejtőknél a rétegek dőlési iránya itt is igen fontos; — *a szinklinális szerkezetnél több anyag válik le a lejtőkről* ugyanolyan csapadék mellett, mint az antiklinális helyzetű rétegekből. Közismert tényező: élő szervezetek, elsősorban a növényzet szerepe a hordalék mennyiségére. A kopárok és a helytelen irányú földeket művelő mezőgazdálkodás e tekintetben ugyanúgy érezteti hatását, mint ennek ellenkezője.

Ezekután legyen szabad konkrét módon is röviden utalni arra, hogy épp az előadó hordalékstanulmányai érdekében a Műszaki Egyetem Ásvány és Földtani Tanszékének munkaközössége (Pojják Tibor, Horváth József, Penkala Tibor s magam) végzett megfigyeléseket. Hangsúlyozni kell azonban, hogy előzetesen Takáts Tibor a Dunán, Miháلتz István a Tiszán hasonló vizsgálataik-

kal, ha talán nem is egyformán, de ugyanazt akarták. A már lerakódott üledékre vonatkozólag kezdeményező vizsgálatokat 1906-ban *Vendl Aladár* végzett. Igen eredeti, nagyjelentőségű *Szádeczky Elemér* különösen a görgetett hordaléokra vonatkozó alapvető kavicsmonográfiája is.

Bogárdinak az a megállapítása, hogy a *Tisza nem fogja zavarólag feltölteni a tározóteret*, ismerve az előadó és munkatársainak tervszerű, pontos munkáját, elfogadható, de — és itt egy lényeges körülményre kell ez alkalommal gondolni — ez csak normális, tehát *nem szélsőséges évsorozatok és normális összehangolt vízgazdálkodás* esetében lesz így. Az említett két tényező közül az időjárást befolyásolni nem igen áll módunkban, de igenis gondolnunk kell arra, hogy a Tisza esetében a román, a Duna esetében a csehszlovák és az osztrák szaktársainkkal teljes egyetértésben állapítsuk meg a vízgyűjtőterületek vízgazdálkodási terveit, a kopárok rendezését, a vízmosások megkötéseit. Ha ugyanis e tekintetben nem történnék egységes intézkedés, előfordulhat az, hogy mégis zavaró jelenségek mutatkoznak majd a tárolóteren.

Ami a Duna hordalékmozgását illeti, itt különösen a görgetett kavics-törmelék mennyiségének csökkenése az, amiről több helyen szó esik. Ennek az oka minden bizonnyal az, hogy a csehszlovák szaktársak igen gondosan fásítanak, a vízmosásokat rendezik, szóval példásan járnak el és így egyre kevesebb törmelék jut le a Garam, a Vág, Nyitra stb. folyók révén a Dunába.

Bogárdi János javaslatai igen helyesek, de kívánatos lenne:

1. Idén és a következő nyáron a tervezett vízlépcsők helyén s fölötte és alatta, a meder alluviális rétegeit és amennyire lehetséges, a közvetlen fekü kőzetét, annak helyzetét fúrásokkal megállapítani. Ezt a felvételt esetleg egy-mérnök és szigorló geológus irányítása mellett honvéd utásaink végezhetnék, ill. ha ez nem kivihető, az arra illetékes szerv és vállalat.

2. A következő 5 éves tervben folyamatosan fontossági rendben más folyószakaszok medre is vétessék fel geológiai szempontból.

3. A folyók lebegő hordaléka vizsgáltságára továbbra is azokon a helyeken, ahol eddig, Budapesten és Szegeden, továbbá bekapcsolandó lenne még Sopron, Debrecen, Miskolc egyetemi Földtani Tanszéke is, de úgy, hogy az eddigi tapasztalatok alapján egységes eljárás dolgoztassék ki és a vizsgálatok folyamatosan végeztessenek. Az eredmények a VITI, ill. az Akadémiai Hidrológiai Kutató Intézettel is mindenkor közöltessenek.

4. Bízassék meg kifejezetten *Bogárdi János* és *Takáts Tibor*, hogy e kérdés hazai és külföldi eredményeit nyilvántartsák és a laboratóriumi vizsgálatoknál érvényesítsék erre vonatkozó tapasztalataikat. Külföldi kutatók közül pl. *Poljakov*, *Velikanov*, *Lévy* és *Corruens* vizsgálatait kell tekintetbe venni.

5. A Műszaki Egyetem I. sz. Vízépítéstani, valamint Geológiai tanszéke kéressék fel, hogy minden évben 2—3 hallgatóból és 1—1 segéderőből alakított komplexbrigáddal tanulmányoztassa a folyók hordalékmozgásának törvényszerűségét és e tanulmányaikról legkésőbb a II. félévet követő őszi hónapok egyikén számoljanak be a Hidrológiai Társaság egyik szakgyűlésén. A legközelebbi ilyen beszámoló — feltéve, hogy a javaslatot elfogadják — 1952 őszén lenne.

6. Kívánatos lenne a román és a csehszlovák szaktársakkal külön-külön megvizsgálni az ott folyó nagyszabású vízgazdálkodási terveket, hogy azok kihatása a mi erőműveink tervezésénél tekintetbe jöthessenek.

7. Az eredeti hordalék-tanulmányokat akadémiai kiadványban, a kisebb jelentőségűeket pedig a Hidrológiai Közönyben kellene kiadni.

KÁROLYI ZOLTÁN okl. mérnök

Az elhangzott értékes előadást szeretném folyami duzzasztóművek duzzasztóterének részletes tanulmányozása alapján szerzett adatokkal kiegészíteni.

A folyami duzzasztóműveket a hordaléklerakodások szempontjából meg kell különböztetni aszerint, hogy az üzemi duzzasztás szintje az árvízszint fölé ér-e, vagy sem. Az *árvízszintet el nem érő duzzasztás* esetében ugyanis nagyvízkor a mű építése előtti állapot áll vissza és *a víz a lerakódásokat igyekszik eltávolítani. Minél jobban megközelíti az üzemi duzzasztási magasság az árvízszintet, annál ritkább a szabad vízátbocsátás és természetesen annál nagyobb mérvű a lerakódás.*

Ha a duzzasztótérben lerakodott anyagot és annak mennyiségét közelebbről megvizsgáljuk, élesen meg kell különböztetnünk a fenéken görgetett homokot vagy kavicsot a lebegtetett szállított iszaptól. (A lebegtetett hordalék lerakódása homok is lehet, de a rövidség kedvéért az iszap szót használom.) A kétféle hordalék által okozott lerakódás jelenségei lényegbe vágó különbségeket mutatnak. Nagy különbség van mindenekelőtt a mennyiségben.

A Dunán eddig egyetlen duzzasztómű épült, a Kachlet-mű. Ennek a duzzasztóterében — amely legalább némileg alkalmas az összehasonlításra — 20 év alatt kerekén 5 millió m³ iszap és 500 000 m³ görgetett kavics lerakódását állapították meg.

A kavics és az iszap a duzzasztótér más és más részében különböző módon rakódik le. A duzzasztási határ közelében megáll a felülről görgetve érkező hordalék egy része. A másik, gyakran nagyobbik része, lefelé növekvő zátonyként egyenletes magasságban tölti fel a medret. A zátony alsó része meredek lépcsőben végződik, amely folyamatosan húzódik lejjebb és lejjebb. A lebegtetett hordalékból származó iszap a duzzasztótérben mindenhol, de legvastagabb rétegekben mégis annak alsó részén, valamint az elszélesedett és túlmély helyeken rakódik le. Vizsgálataim azt mutatják, hogy éppen úgy, mint a folyó más szakaszain, a duzzasztótérben is kialakul az a szelvény, amelyre az érkező vízmennyiség levezetéséhez a folyónak éppen szüksége van. Ha tehát bizonyos vízállásoknál valamely helyen több iszap rakódik le és ezzel a szelvényterület a szükséges mérték alá csökken, a legközelebbi nagyvíz a lerakódás egy részét elviszi és a szükséges szelvényt visszaállítja. Vagyis ha csupán az iszaplerakódást vizsgáljuk, valóban nagyon rövid idő alatt kimutatható a lerakódó mennyiség csökkenése és az egyensúlyi állapot bekövetkezésének jelei ismerhetők fel.

Mi történik azonban a görgetett hordalékkal? A fenéken görgetett hordalék *folytonosan és meglehetősen állandó* — bár a lebegtetett hordaléknál lényegesen kisebb — *tömegben érkezik felülről* és legnagyobb részben a duzzasztótérben rakódik le. A görgetett hordalék nehezen jut el a duzzasztóműig, mivel általában már jóval fölötte lerakódik. Minthogy a víz a durvább anyagot sokkal nehezebben ragadja el, mint a finom iszapot, *a görgetett hordalék fokozatosan elfoglalja az iszap helyét.* Ez a folyamat a duzzasztótér egyszerű felmérésével már nehezen állapítható meg, mert a lerakodott durvább anyag mennyiségének megfelelő finomabb szerkezetű anyagot az áradások elmosás, hogy a szükséges szelvény visszaálljon. Tehát bár *a duzzasztótér feltöltődésének folyamata megállapodottnak látszik, a valóságban mégis tovább folyik* és ha az iszapkiszorítás — esetleg több 100 év múlva — már megtörtént, akkor a feltöltődés újra gyorsabb üteművé válhat. Abból pedig, hogy a görgetett anyagot nehezebben mozgatja meg a víz, az is következik, hogy ott, ahol durvább anyagból álló tömör zátonyok keletkeztek, azokat egy átlagosnál nagyobb, rendkívüli

árvíz sem tudja hirtelen elvinni, ezért a vízszint megduzzad és az árvízszint felemelkedése következik be.

Az elmondottakból az szűrhető le, hogy a duzzasztótér feltöltődése szempontjából a kisebb mennyiségű görgetett hordalék a veszelmesebb, azért a duzzasztó tervezésekor a görgetett hordalékmenyiségek megállapítására és a nagyvizek által való továbbszállítás kikutatására nagy gondot kell fordítani. Különösen fontos ez magyar vonatkozásban, mert az alföldi lapos, kisesésű területeken az árvízszint emelkedése sokkal komolyabb következményekkel járhat, mint másutt.

FRANTISEK GROSSMANN okl. mérnök (Csehszlovák Építésügyi Minisztérium, Prága)

Az elhangzott előadással kapcsolatosan néhány gyakorlati példát szeretne elmondani. A magyar kartársak igen komolyan foglalkoznak ezzel a nehéz problémával. Csehszlovákiában tulajdonképpen ugyanezeknek a folyóknak a felső szakaszaival foglalkoznak. Csehszlovákiában a vízgazdasági viszonyok különböznek nyugaton és keleten. Az ország nyugati részén általában megállapodott, konszolidált vízügyi viszonyok vannak, különösebb kilengések nélkül. Ennek ellenére gyakran kellett foglalkozni a duzzasztott terek feltöltési fokának kérdésével. A duzzasztók és gátak egész sorozata akkor épült, amikor még nem voltak meg a feltételek ezeknek a kérdéseknek pontos módszertani kiszámítására. A várható iszap és kavics-hordalékokat közvetlenül mérték és különbséget kellett tenni, hogy a hordalék a szóbanforgó folyamból, vagy a szomszédos gyorsfolyású folyamokból ered-e. A hordalékmérések módjai nem alkalmazhatók egyformán a kis- és nagyésű folyóknál. Közvetlen számítások és bizonyos feltételezések alapján arra a megállapításra jutottak, hogy a hordalék nem fogja feltölteni a számításai alapján feltételezett duzzasztótereket. Annak az okát is keresték, hogy mi okozza a hordalékmozgást. Elsősorban igyekeztek gátak építésével, erdősítéssel kiküszöbölni a hordalékot, amelyet a gyors lefolyású hegyifolyók és patakok hoznak. Ma, tíz év távlatából megállapíthatják, hogy a feltételezett értékeket nem lépték túl. Idén pl. felmértek egy tárolót, amely már több, mint húsz éve működik. Megállapították, hogy a duzzasztó területének feltöltődése távolról sem éri el azt a fokot, amelyre számítottak. Ezt azzal magyarázzák, hogy a hegyi folyók és a szóbanforgó folyam medrének konszolidálódásával a hordalékot a legkisebb mértékűre tudták lecsökkenteni. Most nagyobb feladatok előtt állnak. Igen erősen kavicsos hordalékú folyamon Sziléziában talajvédő gátat kellett építeni. A folyamon méréseket végeztek a hordalék mozgására és a méréseket összehasonlították egymással matematikai kapcsolatok alapján. Ennél az összevetésnél nem jutottak egységes eredményhez. Mielőtt hozzálátnak a gát építéséhez, amely az ipar szempontjából igen fontos, messzemenő víz- és ásványkötési és fásítási munkálatokat fognak végezni. Remélik, hogy ennek a gátnak létesítése lehetővé teszi a vízhozam kiegyenlítését a duzzasztómű alatt.

Ami a folyó-csatornázásokat illeti, Csehszlovákiában egész sor folyót csatornáztak mozgógátas duzzasztókkal. Megállapították, hogy a folyamok vízviszonyai eléggé gyorsan egyensúlyba jutottak; nem is került sor túlságos kimélyülésekre a duzzasztó alatt és erősen csökkent a hordalékképződés a folyam medrében. Ez az eredmény azonban nem minden szempontból öröndetes, mert éppen ezek a folyók igen értékes építőanyagot hoztak magukkal. Tapasztalataik szerint a folyó kimélyítésére ott kerül sor, ahol csak szórványo-

san vannak duzzasztók. A hordalék és lerakódások képződése sokkal fontosabb az olyan folyómedrekben, amelyeknek csak a konszolidálására törekszenek, de nem építenek vízlépcsőket s így nem létesítenek duzzasztási tárolótérfogatot. Igen érzékenyen reagál a vízfolyás esésének, a meder mélységének és a duzzasztómű magasságának viszonyában beállt változásokra a hordalékkép. Iskolapélda erre az egyik folyó, amelyet kb. 50 évvel ezelőtt szabályoztak. A folyónak két ága van, ezek közül az egyik rendben van, csak kis karbantartási költséget kell ráfordítani, a másik ág nagy gondokat okoz, mindig nagyobb összegeket kell felhasználni rendbentartására. A két folyóág viszonyai, feltételei csaknem egészen egyformák, alig különböznek egymástól. Ennek a kérdésnek tanulmányozásával részletesen fognak foglalkozni, amint idejük engedi. A hordalék mozgásának és képződésének tanulmányozása azért nehéz, mert az egyik folyónál tapasztalt konkrétumok nem érvényesek vagy csak nehezen alkalmazhatók egy másik folyam esetében. A prágai Vízgazdálkodási Intézet is foglalkozik ezzel a kérdéssel. Egy nagyesésű, durva hordalékú folyón és egy kis esésű, finom hordalékú folyón tanulmányozza a problémát. A Vág folyó lépcsőinél nincs különösebb nehézség, mert a folyó végig kavicsos hordalékú, inkább a csatornatorkolat okoz problémát, amelyet finom hordalék lep el. Ezzel a jelenséggel az Elba csatornáinál is találkozunk és ebben az esetben az a lényeges, hogy hogyan helyezzék el a csatornákat. Legnehezebb probléma — amit reméli, együttesen fognak megoldani a magyar szakértőkkel — a Duna kérdése. A Duna esésének hirtelen törése Bratislava alatt nagy hordalékmenyiség szállítását okozza, amint az ismeretes. A helyzet náluk azért nehezebb, mert ott a hordalék állandóan mozgásban van. A bratislavai hordalékmenyiségekre vonatkozó becslések nagyon eltérőek egymástól (350 000—800 000 m³). A valóságnak úgy látszik leginkább a 600 000 m³ felel meg. Arra lehet számítani, hogy ebből a mennyiségből hozzávetőleg 150 000 m³-t engednek lejjebb árvízkor, a többletet a folyómederből el kell távolítani. A feladat nehéz lesz, de meg van győződve arról, hogy megtalálják a megoldást. A dunai hordalék igen értékes építőanyag. Idő kell még hozzá, hogy közvetlen mérésekkel, amelyeket már megkezdtek, megállapítsák a hordalék mennyiségét, amely a bratislavai szakaszon van. Örül, hogy a magyar szakértők munkája is lényegesen hozzájárul majd ennek a kérdésnek a megoldásához.

MAURER GYULA okl. mérnök

Csatlakozom Szilágyi Gyula és Károlyi Zoltán észrevételéhez, hogy az átlagos hordalékszemcse helyett helyes volna a szélsőséges hordalékszemcsék vizsgálatát is bevezetni. A kérdés lényeges, mert nálunk nem egész évi duzzasztásról van szó, hanem időnként kinyitják a gátat. A finomabb hordalék a duzzasztóműhöz közelebb rakodik le. Árvízkor és kinyitáskor maródásszerű hordalékkimosás fog keletkezni, tehát közvetlenül a gát felett nagyobb kimosás keletkezik és ez lassan maródik felfelé, de nem éri el a közepét sem a feltöltött résznek, amikor már újra lezárjuk a gátat, ezért mindig a durva hordalék fog fennmaradni és a finomra mossa el a folyó. Kérdés, vajjon ez a kimarodás egyenesvonalú lesz-e és nem kanyargó lesz-e a kimosás, amely zátonyosodásra vezet? A duzzasztómű alatti szakaszon kimosások keletkeznek, nagyvízkor a kimosódó anyag lerakodik a kimosásokban, következő duzzasztáskor megindulnak a mélyülések. Vajjon nem fejlődnek-e ki olyan kimosások, amelyekre nem gondoltunk? Az átmetszés, Tiszaókkal kapcsolatban, víz alól kotort része

2 millió m³. Olyan kotrószivattyúkkal fogunk dolgozni, amelyekkel a kitermelt anyagot visszaadjuk a vízfolyásba. Egy része a kanyarban leülepedik, a finomabbat pedig a folyó továbbviszi. Ez azonban nehezen számítható, érzésekre vagyunk utalva és kérdés, nem fogunk-e a gát alatti szakaszokon káros hatást előidézni. A tiszántúli öntöző főcsatorna feliszapolódásával kapcsolatban helyesen tartanám, hogy miután konkrét vízmennyiséget veszünk ki, feltétlenül úgy kell megtervezni, hogy a vízsebesség állandó legyen, tehát hirtelen szűkítést kell alkalmazni, mert különben feliszapolódás történik. A dunai hordalék mozgásával kapcsolatban cseh kartársunk is rámutatott arra, hogy a hordalékot igen jól fel lehet használni. A betonkavics termelésével kapcsolatban pedig felvetődik, hogy milyen változásokat hoz létre a Duna csatornázása, nem fog-e megszűnni az eddigi kavicstermelő hely, vagy új helyek alakulnak-e ki. Helyes volna, ha a vízrajzi szolgálat a modern nyilvántartásoknál nemcsak a mederszelvény-méreteket, hanem a meder anyagát is nyilvántartaná és megállapítaná, nem cserélődik-e ki fokozatosan a meder anyaga. A 9–10%-os töltődést megnyugtatónak tartom.

FINÁLY LAJOS okl. mérnök

A hordalékvizsgálatok kérdése jelentős a vízellátással és a vízkivételi művekkel kapcsolatban is. Ötéves tervünk számos olyan ipari és városi vízellátást irányzott elő, amelyeknél a talajvízzel szemben a folyóvizekre támaszkodunk. Meg kell oldani a víz tisztítását, amely a vizet ivásra felhasználhatóvá teszi. Az ülepítő berendezés tervezésénél nagy probléma, hogy az alapadatok hiányosak, amit hordalékvizsgálat pótolna. A vízkivételi kérdés éppen a kisebb folyókkal kapcsolatban rejt magában sok nehézséget a hiányos adatok miatt. Kisebb folyók vízjárását is fontos megismerni és fontos ismerni a vízkincset, amelyet szolgáltatni tudnak az új városok és ipari települések számára. A hordalékvizsgálat a szennyvíz szempontjából is lényeges. A szennyvíztisztítást csak addig a fokig hajtsák végre, amennyire az szükséges, ehhez azonban ismerni kell a folyóvíz minőségét, teherbírását. Azt javaslom, hogy a vízerőművek létesítésével kapcsolatos vízrajzi vizsgálatoknál az adatokat úgy vegyék fel, hogy azok kisebb folyókra is terjedjenek ki és a vízellátási szempontokra vonatkozólag is szolgáltatassanak adatokat. A Duna kavicsstartalmának megváltozásával kapcsolatban felhívom a figyelmet arra, hogy annak nemcsak mennyisége, hanem minősége is megváltozhat és nem mindegy, hogy a közismert és szabványnak elfogadott dunakavics minősége idővel esetleg úgy megváltozik, hogy nem lehet ugyanúgy felhasználni és a beton szilárdságát ugyanúgy elérni vele.

SERF EGYED okl. mérnök

Árvédelmi szempontból nyugtalanít, hogy a feltöltődések, melyek a medertérfogat csökkenését okozzák, vízemésztés szempontjából éppen a legfontosabb részen, a középvízi mederben következnek be. Ismeretes, hogy az anyameder emésztése általában több, mint kétszerese a hullámtér emésztésének és ezért az anyameder keresztiszelvény csökkentésére, a lefolyási vízszint emelkedéssel reagál.

Nagyon fontosnak tartom, hogy a hordalék-kérdést ne csupán elméleti alapon tárgyalják, hanem minél több konkrét vizsgálat alapján. Csatlakozom Szilágyi professzor által előadottakhoz és javaslom a mintavételt, mert minták vizsgálatával lehet találni esetleg olyan adatokat, amelyek a kérdés tanulmá-

nyozásánál hasznosak lehetnek. Felemlíti, hogy ilyen szempontból igen hasznosnak találná a Hernád folyót kiválasztani, ahol különösen a bőcsi duzzasztómű feletti mederszakasz szolgáltatna olyan anyagot, amelyből konkrét eredmények leszűrhetők. A duzzasztómű építése előtt ugyanis itt részletes mederfelvételek készültek és az immár közel 10 éves duzzasztás ideje alatt bekövetkezett mederfeltöltődés itt hasznos mintákkal szolgálhat.

A *Finály Lajos* hozzászólásában említett ülepedésekre vonatkozó vizsgálatokat a Vízrajzi Intézet már felvette ezévi programjába.

ÓCSVÁR REZSŐ okl. mérnök

A hordalékmozgással kapcsolatban a dunai építések alapján közölhetem, hogy pl. a medvei Duna-híd töltéseinek építésénél 1941-ben 1000-tól 2000 m³ kotrási kavicsanyag mozgását figyelték meg a mederben. Az ugyanilyen mennyiségű kavicsanyag kikotrása után naponként visszajött. Ez az adat igazolja az előadó és a hozzászólók adatait.

A dunai kavics minőségével kapcsolatban megállapítható, hogy a homokosodás mind nagyobb és nagyobb méreteket ölt és előreláthatólag méginkább fog növekedni a dömösi vízerőmű gátépítésével, így tehát feltétlenül megvizsgálandónak tartom a hazai kavicsgazdálkodás szempontjából azon körülményt, hogy vajjon az építőkavics-anyagellátás biztosítására a folyami kavicskotrók számát, vagy pedig a bányakavics termelőhelyek számát kell-e növelni. Véleményem szerint az utóbbi megoldás felé kell az irányt venni, mert a hordalék-képződés a folyók medrében mindinkább homokosabb és kisebb mennyiségű lesz éppen a csehszlovák domb- és hegyvidék fásítási munkálatai miatt. Javasolom, hogy ezt a kérdést éppen a budapesti és távolabbi építkezések legfontosabb építőanyagának, a homokos kavics nyerésének szempontjából egy munkabizottság pontosan vizsgálja ki.

BOGÁRDI JÁNOS válasza

Szilágyi professzor értékes hozzászólásában legelőször is felhívta a figyelmet a lebegtetett és görgetett hordalék közötti különbségre, amely a mederállandósági tényező számításánál fennáll. Rámutatott arra az előnyre, hogy míg a Tiszán mind görgetett, mind pedig lebegtetett hordalékkal kell számolnunk, addig a Felső-Dunán túlnyomórészt görgetett hordalék fordul elő. A mederállandósági tényező elvileg független attól, hogy vajjon a vízfolyás görgetve, vagy lebegtetve, esetleg mindkét módon szállítja-e hordalékát. Ebből a szempontból tehát véleményem szerint nem lesz szükség a mederállandósági tényező módosítására. Egyetértek azonban Szilágyi professzorral abban a kérdésben, hogy a dunai vízlépcsőkkel kapcsolatos hordalékproblémáknál egészen más szempontokat is figyelembe kell venni. Ha az előadás szűkre szabott kerete megengedte volna, szívesen foglalkoztam volna a kérdésnek ebből a szempontból való megvilágításával is. Erre azonban ilyen formában nem kerülhetett sor. A hozzászólás alapján azt látom, hogy hiányosságot jelent előadásomban az átlagos szemátmérő alkalmazásáról és használatáról szóló részletezés elmaradása. Ezzel kapcsolatban meg kell említenem, hogy a hordalék milyenségének a jellemzése igen sokféleképpen történhet. Sok kutató egyéni utakon jár és újabb, az irodalomból ismert paramétereiktől eltérő módon igyekszik a vegyesszemű hordalék legcélszerűbb jellemzésére. Majdnem minden tanulmá-

nyon végigvonul azonban az *átlagos szemátmérő* alkalmazása, ami különösen abban az esetben használható célszerűen, ha a hordalék minőségének jellemzésére csak egy *paramétert* alkalmazunk. Túlmessze vezetne, ha a hordalék jellemzésére vonatkozó módszereket csak vázlatosan is ismertetném. Ezért előadásomnak az előbb említett hiányosságát azt hiszem pótlom azzal a megállapítással, hogy az átlagos szemátmérő a hordalékmozgás irodalmában általánosan használatos és alkalmazása, az eddigi tapasztalatok szerint, a legmegfelelőbbnek látszik. A duzzasztómű fölötti folyószakasz feltöltődésének számításánál valóban a szabadon levonuló árvízi víztömegek kimosó hatását nem vettük figyelembe. Nyilvánvalóan helyes Szilágyi professzornak az a megállapítása, hogy ha a mozgatható táblák felemelésével a duzzasztómű nyílásait szabaddá tesszük, akkor az árvízi víztömegek a lerakodott hordalék egy részét a gát alatti szakaszra sodorják. Az is nyilvánvaló, hogy ha ismernénk az árvizek elmosó hatását, számítani tudnánk az évenkénti feltöltődés mértékét, figyelembevéve a duzzasztómű üzemét. Sajnos, az árvízi hordaléktömegek elsodróképességét még csak becsülni sem tudjuk. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy árvizek alkalmazásával az árvízi tömegek sokszor csak keskeny, mély csatornát végnak a lerakodott hordalékba anélkül, hogy az iszapból jelentős mennyiséget kimosnának. Ha az árvizek kimosó hatása számottevő lenne, nem látnánk szerte a világon a régebben megépült és ma már teljesen feliszapolódott völgyzárógátak és duzzasztóművek sokaságát.

A fentiek indokolják, hogy miért hanyagoltuk el a feliszapolódások számításánál az árvízi víztömegek elsodró hatását. Vizsgálatainknál a végső egyensúlyi állapot bekövetkezését 60 év felvételével számítottuk. Egyetértek Szilágyi professzorral, hogy a valóságban ennél lényegesen rövidebb idő alatt is bekövetkezhet már az egyensúlyi állapot. Itt is fennáll azonban, hogy a hosszabb idő felvétele a biztonság javára szolgál. Egyetértek a hozzászólásnak azzal a megállapításával is, hogy a dunai vízlépcső esetében hasznos lenne laboratóriumi kísérletek végrehajtása és örömmel támogatom a magam részéről is javaslataimnak a felsőbőcsi duzzasztómű feletti és alatti mederszakaszon végzendő medernyílvántartási felvételekkel való kiegészítését.

Papp professzor hozzászólása, rámutatva a nieder és hordalékképződés geológiai és közettani vonatkozásaira, megítélésem szerint igen hasznos módon egészítette ki előadásomat. Valóban teljesebb képet nyerhet az olvasó a hozzászólás ismeretében.

Papp professzor hozzászólásában aggályát fejezte ki, hogy a feltöltődések számításánál vajjon figyelembe vettük-e a szélsőséges évek hatását. Ezzel kapcsolatban közölhetem, hogy a számításokat a vízgazdálkodási tanulmányoknál egyik legmegfelelőbbnek mutakozó évtizedre vonatkoztattuk, amelyben az átlagos és szélsőséges évek egyaránt előfordultak. Így feltétlenül az átlagos viszonyokat közelítettük meg. A hosszú időre szolgáló, általában minimálisan 100, esetleg 150 éves élettartamú duzzasztóműveknél pedig éppen az ilyen átlagos viszonyok alapján lehet csak számítani, mert hiszen a rövidebb időközökben bekövetkező szélsőségek hatása ilyen hosszú idő alatt kiegyenlítődik.

Papp professzor által javasolt mérésekkel és kutatásokkal egyetértek, különösen szerencsés gondolatnak tartom a vízfolyások medrének geológiai felvételét.

Károlyi Zoltán a Duna-csatornázással kapcsolatban olyan értékes adatokat közölt hozzászólásában, amelyek nagy jelentőségüknél fogva további

tanulmányozást kívánnak. Idézte a Kachlet-mű feletti Duna-szakasz feltöltődésére vonatkozó tapasztalati adatokat, amelyekből azt a rendkívül érdekes következtetést vonta le, hogy elég hosszú idő után a feltöltődés mérvének fokozatos csökkenését felváltja ismét a feltöltődés növekedése. Bár ezt a megállapítást még csak a Kachlet-műre vonatkozó minőségi elemzéssel támasztja alá, dunai viszonylatban arra mutat, hogy nagytömegű görgetett hordalék szállítása esetén a vizsgálatokat ilyen irányban is ki kell terjeszteni. Ezeknél a vizsgálatoknál előreláthatólag a gazdaságosság kérdése is előtérbe kerül, mert hiszen ez szabhatja meg egy mű létesítésének jogosultságát.

Frantisek Grossmann rendkívül érdekes módon ismerteti hozzászólásában a csehszlovákiai víztárolással és folyócsatornázásokkal kapcsolatos hordalékvizsgálatokat. Hozzászólásával kapcsolatban megemlítem, hogy megállapításai általában megegyeznek a mi tapasztalatainkkal. Arra vonatkozólag, hogy a mintegy évi félmillió m^3 fenéken mozgó durva kavics-hordalékból az árvíz alkalmával 150 000 m^3 -t le lehet-e engedni, a tervezett duzzasztómű lényegének és működésének ismerete hiányában nem tudok véleményt mondani. A lerakódott durva hordaléknak kotrással való kiemelése sem tekinthető egyszerű mennyiségi kérdésnek. Mint már előadásomban említettem, a Duna-csatornázással kapcsolatban feltétlenül szükségesnek tartom az eddigi hordalékmérések folytatását és kifejezetten idevágó tanulmányok végzését. A nagy-horderejű kérdés megoldásánál megnyugtató, hogy a két állam szakértői közösen, ugyanazért a célért dolgozva, fognak együttthaladni.

Maurer Gyula légerső észrevétele a szélsőséges hordalékszemcsék vizsgálatára vonatkozik. Erre már *Szilágyi* professzor hozzászólásánál megadtam a választ az átlagos szemátmérő alkalmazásának részletezésénél. Hangsúlyoznom kell azonban, hogy az átlagos szemátmérő mellett a hordalék szemcseösszetételét is ismernünk kell, mert hiszen — ebben egyetértek Maurer kartárrsal — a szélsőséges hordalékszemcsék súlyszázaléka is rendkívül lényeges. Az árvízi víztömegek elsodró hatására vonatkozóan is már válaszoltam tulajdonképpen. Itt csak annyit ismétel meg, hogy szerencsés esetben a számított feltöltődés a valóságban kisebb lesz az árvízi víztömegek elsodróhatásának következtében, ami a Tisza-csatornázás szempontjából csak hasznosnak mondható.

Maurer Gyula javaslatára közölhetem, hogy a vízrajzi szolgálat néhány vízfolyáson a modernnyilvántartásokkal egyidejűleg a meder anyagára vonatkozó adatgyűjtést is megindította már. A Vízrajzi Intézet programjában szerepel ezeknek a medervizsgálatoknak a minél több vízfolyásra való kiterjesztése.

Finály Lajos hozzászólására közölhetem, hogy a hordalékmérések minden esetben az ipari kívánalmaknak megfelelően folytak. Vagyis a méréseknél nem csupán a szorosan vett vízimérnöki problémák megoldására gyűjtenek adatokat, hanem a vízellátási, vízkivételi igényekre is tekintettel vannak. A Duna csatornázásával kapcsolatban az építési célokra kiváló dunakavics mennyiségileg, sőt minőségileg is meg fog változni. Helyes *Finály* kartársnak az a megállapítása, hogy a változások általában kedvezőtlenül befolyásolják majd ennek az építőanyagnak a minőségét.

Serf Egyed kifejti, hogy a csatornázás következtében fellépő feltöltődések csökkenteni fogják az árvédelmi biztonságot. Nyilvánvaló, hogy a feltöltődések következtében számíthatunk a mértékadó árvízszintek bizonyos mérvű emelkedésére, de úgy vélem, ezeknek a mértéke nem lesz jelentős. Mindenesetre egyetértek *Serf* kartárrsal, hogy ezt a kérdést még tüzetesen tanulmányozni

kell. A hordalékvizsgálatokkal kapcsolatos megjegyzésére megemlítem, hogy hordalék-problémáink ma már a legszorosabban összefüggnek a gyakorlat-szabta kívánságokkal. A mindössze tíz évvel ezelőtt megindított rendszeres hordalékméréseket kezdetben legtöbbször csak elméleti szempontból tartották fontosnak. Ezzel szemben vízgazdálkodásunknak ma már alig van olyan ága, ahol adott esetben fel ne bukkanna valamilyen hordalékmozgási kérdés is.

Ócsvár Rezső érdekes megfigyeléseket közöl gyakorlati tapasztalataiból. Napi 1000—2000 m³ kotrás újbóli feltöltődése világosan mutatja, hogy milyen rendű mennyiségre rúg a Duna hordalékszállítása. *Finály Lajos* hozzászólására adott válaszemhoz hasonlóan itt is megismétlem, hogy a folyócsatornázás következtében minden bizonyosan romlani fog a dunakavics minősége. Erre vonatkozóan azonban adatokat majd csak a tényleges tapasztalatokból méríthetünk.

A DUNAI VÍZERŐHASZNOSÍTÁS HIDROLÓGIÁJA

MOSONYI EMIL
műegyetemi m. tanár

Általános szempontok

Az ország évi 7,2 milliárd kWó munkamennyiséggel jellemezhető elméleti (potenciális) vízerőkészletének legnagyobb részét, mégpedig kerekén 5 milliárd kWó-t, a Duna képviseli. Tehát az ország elméleti vízerőkészletének 70%-át a Duna hordozza, s a fennmaradó 30%-ot a Duna mellékfolyói és a Tisza vízrendszere — beleértve magát a Tiszát is — adja. A fentemlített energiamennyiségek meghatározása az átlagosan 50%-os tartósságú vízhozamok figyelembevételével történt. Teljesítményben kifejezve — s ugyancsak az 50%-os tartósságú vízhozamra alapítva — a Duna elméleti vízerőkészlete 643 000 kW, amely az egész ország vízerőkincséhez (960 000 kW) viszonyítva, 67%-ra rúg. Nyilvánvaló, hogy a Duna, kiegyensúlyozottabb vízjárása miatt, a munkamennyiség tekintetében valamivel kedvezőbben részesedik a vízerőkészletben, mint a teljesítmény tekintetében.

Megjegyzem, hogy a potenciális vízerőkészlet kimutatásánál a cseh-magyar közös szakasz vízerőkészletét csak félértékkel vettem figyelembe. (A vízerőkészlet részletes kimutatása megtalálható az alábbi tanulmányokban: Dr. Mosonyi Emil—Hock Károly: Magyarország vízerői 2 tanulmány, Vízügyi Közlemények 1948. évi 2. sz.)

Ha a Dunát a vízerőhasznosítás szempontjából vizsgáljuk, akkor különböző megfontolások alapján célszerű az egész magyar szakaszt két részre bontani:

1. A Szobtól—Darázsig terjedő teljesen magyar területen folyó Duna-szakasz, amelynek hossza 274 km (1708 folyókilométertől 1434 folyókilométerig).
2. A Rajkától—Szobig terjedő közös cseh-magyar folyószakasz. Ennek hossza 140 km (1848 folyókm-től 1708 folyókm-ig).

A Dunának ez az országhatár szerinti, tehát politikai szempontból való felosztása egyúttal a vízerőhasznosítás tekintetében mértékadó természeti adottságok miatt is szinte önként kínálkozik. Ugyanis kevés eltéréssel a fent megjelölt politikai tagozódástól, a domborzati, geológiai és hidrológiai viszonyok tekintetében olyan nagy különbségek mutatkoznak az említett két szakasz között, hogy azokat mind a műszaki kialakítás tekintetében, mind a műszaki feladatok megoldásához szükséges tudományos kutatások szempontjából élesen el kell választanunk.

A természeti adottságok tekintetében az éles határ inkább Gönyűnél, vagy esetleg Komáromnál vonható meg, de a tárgyalás egyszerűsítése céljából

a következőkben felső-szakasznak mindig a Szobig terjedő szakaszt, alsó-szakasznak pedig a Szob alatti teljesen magyar Duna-szakaszt fogjuk érteni. (Itt a megnevezésben eltérünk a folyamszabályozási és általában vízrajzi tekintetben elfogadott tagozástól, minthogy folyamszabályozási szempontból mindig a Gönyűig terjedő folyamszakaszt nevezzük hazai viszonylatban a Duna felső szakaszának, illetőleg Felső-Dunának. (Erre vonatkozólag lásd Töry Kálmánnak »A Duna szabályozása« című összefoglaló művét, amely az Akadémia kiadásában most van sajtó alatt.)

A Duna Gönyű fölötti szakaszának különleges jellege műszaki szempontból is különleges feladatokat ró a kutató és tervező mérnökre. Minthogy még ennek a szakasznak a hasznosítását a cseh-magyar közös érdekek helyes kielégítése érdekében egységesen kell megoldani, nyilvánvaló, hogy a »Felső szakasz« vízerőhasznosítási kerettervét egészen más elvi szempontok szerint kell elkészíteni, mint az Alsó-szakaszt.

A dunai vízerőhasznosítás tárgyalásához sorozom a Duna-menti hidraulikus energiatározók létesítésével kapcsolatos hidrológiai tudományos kérdéseket is. Annak ellenére, hogy valójában a hidraulikus energiatározó nem sorozható az energiát közvetlenül termelő folyami erőművek közé, mégis célszerűnek látszik erről a kérdésről is megemlékezni, minthogy egyrészt a hidraulikus energiatározó létesítése jelenleg eléggé az érdeklődés homlokterében áll, másfelől, mert a hidraulikus energiatározó mind a vízepítési, mind energiagazdasági vonatkozásban szoros kapcsolatban áll a dunai vízerőhasznosítással.

Mielőtt a részletesebb tárgyalásba fognék, kiemelni kívánom, hogy ebben a rövid tanulmányban nem szándékozom az energiagazdasági, továbbá a víz- és mélyépítési kérdésekkel részletesebben foglalkozni; legfeljebb ott érintem ezeket a témákat, ahol hidrológiai vonatkozásaik vannak. A hidrológiát általános fogalmazásban értelmezem, azaz beleértem a hidraulikai feladatok vizsgálatát is. (A dunai vízerőművek és a hidraulikus energiatározó néhány gazdasági és vízepítési kérdésére vonatkozólag lásd a szerzőnek »Vízérőgazdálkodásunk időszerű feladatai« című tanulmányát, amely a Magyar Tudományos Akadémia 125 éves fennállása alkalmából tartott nagygyűlésen elhangzott előadása anyagát tartalmazza.)

I. A dunai vízerőművek

A) A vízlépcsők kiosztása (keretterv)

A Duna vízlépcsőinek kiosztása tekintetében előjáróban meg kell állapítanom azt, hogy önálló tervet csak az alsó szakasz hasznosítására készíthetünk, míg a felső szakasz kihasználásának terve csak cseh-magyar együttműködés keretében készíthető. Természetesen figyelembe kell venni azt is, hogy mindkét szakasz kihasználására vonatkozólag vannak kötelezettségeink a nemzetközi Duna-bizottsággal szemben is, amelytől irányelveket, illetőleg

döntéseket kell kapnunk atekintetben, hogy miképpen kell kialakítani a vízlépcsőket a hajózás biztonsága és a dunai hajózóút előírt teljesítőképességének biztosítása érdekében.

A nemzetközi Dunabizottsággal nyilvánvalóan megtárgyalandó kérdések mind az alsó, mind a felső szakaszra vonatkozólag: a duzzasztóművek kialakítása az árvíz és a jég levezetésének biztonsága érdekében, a vízlépcsőkkel kapcsolatban szükséges partbiztosítási munkálatok, a hajózsilipek száma és a hajózsilipek fő méretei, a hajózsilipek kapurendszerai, a hajózóágak, vagy esetleg hajózható üzemvízcsatornák kialakítása és főméretei stb. A magyar szakasz vízerőhasznosítási kerettervének készítése jelenleg még folyamatban van és azért annak részleteiről mégkorai volna beszámolni. Éppen ezért nem terveket szándékozom ismertetni, hanem csak a terv készítésénél alkalmazásra kerülő elviszempontok tárgyalására szorítkozom.

Az alsó szakasz kihasználásánál két lényeges adottsággal kell már eleve számolni:

a) A települési viszonyok, elsősorban pedig Budapest fekvése és magassági viszonyai (a Budapest közelében esetleg létesülő vízerőműveknél, vagy a Budapestre, ill. Budapest környékére kiható duzzasztásoknál tekintettel kell lenni a Budapestet kiszolgáló vízművek és csatornázási művek berendezéseinek elhelyezési és magassági viszonyaira is).

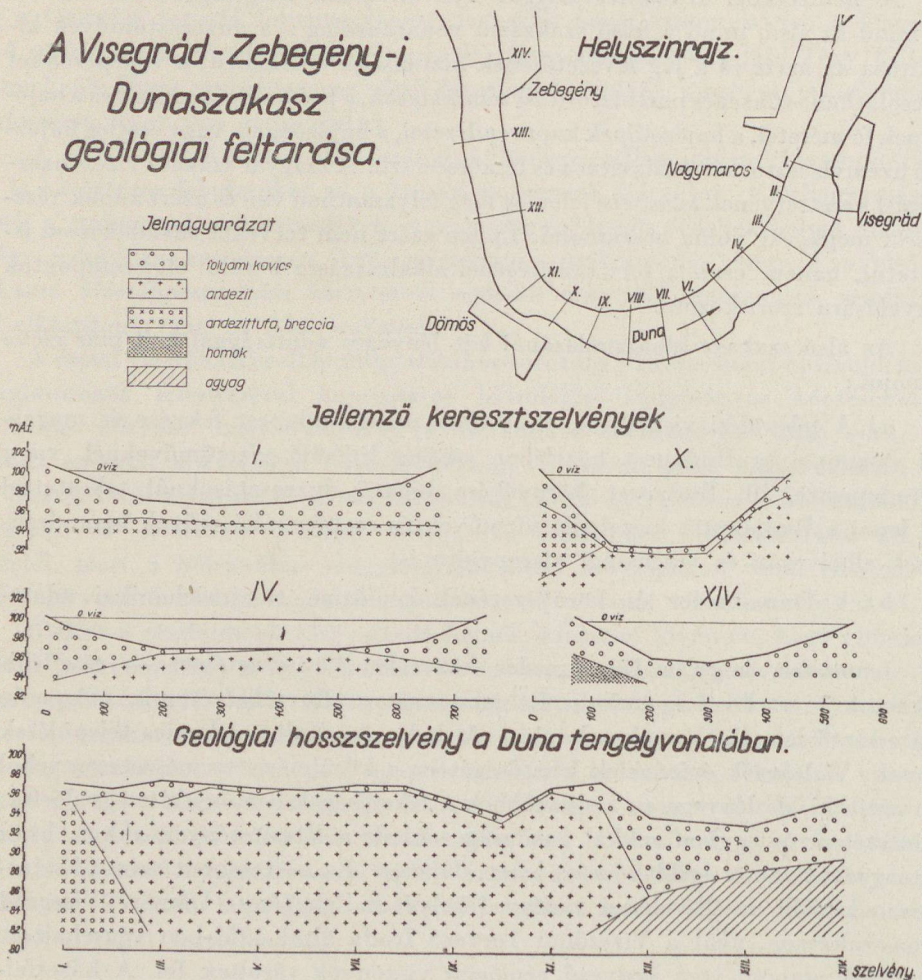
b) A Duna-meder és környezetének geológiai, talajmechanikai adottságai.

Ismeretes, hogy a Duna-meder közvetlen környezetében — rövidebb szakaszok kivételével — mindenütt igen vastag alluviális rétegek, mégpedig vízáteresztő homok, homokos kavics, sőt helyenként durva kavics települések vannak. Vízlépcsők építésének lehetőségét ez a körülmény természetesen sehol sem zárja ki, de lényegesen kedvezőbbek a lehetőségek a műszaki megvalósítás tekintetében és egyben sokkal gazdaságosabbak a létesítmények akkor, ha a műtárgyakat tömör sziklaközetre lehet alapozni. Ez a szempont szinte kizárólagosan kijelöli az első dunai vízlépcső helyét a Zebegény—Dömös—Visegrád Duna-szakaszon, ahol a Vízerőmű Tervező Iroda által 1951-ben végrehajtott kutatások alapján igen kedvező geológiai viszonyok tárultak fel. A kőzetfeltárások még folynak, végleges és teljesen összefüggő képet adó eredményekről még nem számolhatok be. Ugyancsak nem fejeződtek be a kőzetvizsgálatok sem, amelyek a feltárt andezit, andezit-tufa és andezit-breccsa kőzetek minőségének megállapítására vonatkoznak.

A vizsgálatok a vett kőzetminták alábbi tulajdonságaira vonatkoznak: törőszilárdság, nyírószilárdság, húzószilárdság, fagyállóság, vízáteresztőképesség, mikroszkópos ásvány-vizsgálat, térfogatsúly, vízfelvevőképesség stb.

A visegrádi Duna-áttörés lényegében eróziós völgyszakasz, ahol a vizsgált 8 km-es szakaszon tektonikus törésvonalakat nem találtunk.

A csatolt 1. sz. ábra feltünteti a Visegrád-környéki geológiai kutatás eddigi eredményeit. A kutatás az 1951. év folyamán elsősorban a Duna-mederre,



1. ábra

ill. a Duna-meder alatti geológiai szerkezetre szorítkozott. Az 1951. év folyamán két pontonról, az 1695 folyókilométertől 1703 folyókilométerig terjedő szakaszon, 14 szelvényben 63 fúrást végeztünk a mederben. A fúrások összes hossza 1700 m, amiből átlagosan egy fúrára 27 m esik. A legmélyebb fúrások 60 méterre terjedtek a mederfenék alá, míg általánosságban csak 15–25 méter mélyre fúrtunk.

A csatolt helyszínrajz szerint a feltárásokból kiderült, hogy a zebegény—nagymarosi Duna-szakaszon az andezit, ill. andezit-tufarétegek egészen közel vannak a mederfenékhez, sőt számos helyen a mederfenékből kibukkannak, ill. a mederfenék teljesen be van ágyazódva az andezit-rétegbe hordaléktakaró nélkül.

A Visegrád-környéki rendkívül kedvező geológiai adottságot olyan kiinduló alapnak kell vennünk, hogy kihasználása érdekében feltétlenül engedményekre van szükség a különböző egyéb, de még a hidrológiai követelmények tekintetében is. A dunai folyócsatornázás, tehát a vízlépcsők kiosztása tekintetében *kiindulópontnak lehet venni a Visegrád-környéki vízlépcsőt és a továbbiakat ettől felfelé és lefelé kíséreljük meg úgy kiosztani, hogy a Duna legkedvezőbb kihasználása biztosítva legyen.* Annak ellenére, hogy itt még a magyar szakasz kihasználását tárgyaljuk, mégis rá kell mutatni arra, hogy egy meghatározott duzzasztási szinten felül a Visegrád-környéki erőmű figyelemreméltóan visszahat a cseh-magyar közös Duna-szakaszra is, tehát a Visegrád-környéki erőmű tervezése sem választható el teljesen a cseh-magyar közös szakasz kihasználásának terveitől.

Ha valóban a Visegrád-környéki elhelyezés mellett történik döntés, akkor valószínű, hogy Budapest és Visegrád között, a rendelkezésre álló kis esés miatt, további erőmű telepítésének nincsen értelme.

A szentendrei Duna-ágnak egy vagy két lépcsővel való kihasználását azonban a Visegrád-környéki erőmű telepítése nem érinti. Budapesttől a jugoszláv határig terjedő Duna-szakaszon még egy vagy esetleg két vízlépcső jöhet szóba.

A cseh-magyar Duna-szakasz kihasználására vonatkozólag ezen a helyen még javaslatot nem tehetünk. Nyilvánvaló, hogy érdemleges javaslatot csakis a cseh szakértőkkel együttesen végzendő közös munka alapján lehet majd tenni. Elvileg négy megoldás lehetséges a Pozsony—Rajka—Gönyű Duna-szakasz vízerejének kihasználására :

- a) A Nagy-Duna medrében egy vagy több vízlépcső létesítése.
- b) A csehszlovák oldalon építendő üzemvízcsatornában többlépcsős vízerőhasznosítás, Pozsony-környéki nagy dunai duzzasztóművel és vízkivételi művel. Ez az üzemvízcsatorna hajózható lenne és a Csallóközt szelné át.
- c) A magyar oldalon vezetett hajózható üzemvízcsatorna a mosoni Dunaág felhasználásával. A nagy dunai duzzasztómű és a vízkivétel esetleg itt is cseh területre kerül. A domborzati és geológiai adottságok folytán ez a megoldás is csak többlépcsős változatban alakítható ki.
- d) Végül lehetséges olyan változat is, amelynél mindkét oldalon létesített üzemvízcsatornába osztjuk meg az üzemvizet. Ebben az esetben a hajózás lehet mindkét oldalon, de arról is lehet szó, hogy csak az egyik oldal üzemvízcsatornája épül a nagyhajózás számára.

B) *A vízlépcsők elhelyezése*

A keretterv csak egy hosszabb-rövidebb folyószakaszt jelöl meg, amelyen belül az erőművet el kell helyezni. A pontosabb hely kijelölést ugyancsak erősen befolyásolják még a települési és geológiai viszonyok, de itt már szem előtt kell tartanunk — amennyire lehetséges — az alábbi hidrológiai követelményeket is:

a) Az árvíznek és a jégnek kis ellenállással való levezetése, a jégtorlaszok jégdugók keletkezésének megakadályozása érdekében — különösképpen hosszú pillérek és sűrű pillérkiosztás mellett — arról kell gondoskodnunk, hogy a műtárgyra való rááramlás a pillérek irányával párhuzamos, vagy közel párhuzamos legyen. Ennek elérésére rendszerint az szükséges, hogy a gát felett megfelelő hosszúságú egyenes szakasz legyen. Ez a követelmény nagyon sok esetben alig, vagy talán egyáltalán nem kielégíthető.

Nyilvánvaló azonban, hogy itt különbséget kell tennünk aszerint, hogy alacsony, vagy magas duzzasztásról van-e szó. Ha ugyanis a duzzasztás alacsony, különösképpen, ha a megengedhető duzzasztás el sem éri a legmagasabb természetes árvízszintet, akkor a fenti követelmény súlyosan esik latba. Ha viszont a duzzasztás magas, sőt lényegesen magasabb, mint az előforduló legmagasabb árvíz szintje, akkor a duzzasztás által alapvetően megváltozott viszonyok, azaz a felsővíz áramlásának lelassulása miatt a fenti követelményből lényeges engedmény tehető.

b) A gát alatti szakasz védelme tekintetében viszont éppen fordított a helyzet. A partok erózió elleni védelme, holtterek és függőleges hengermozgások kimosó hatásának elkerülése céljából meglehetősen hosszú egyenes utófenékre és ezután még egyenes folyószakaszra van szükség. Minél magasabb a duzzasztás, annál hosszabb egyenes, vagy enyheíví szakasznak kell következnie a gát mögött.

A fentiekből következik, hogy két kanyarulat közötti elhelyezésnél — a rendelkezésre álló egyenes szakaszon — magas duzzasztás esetében inkább a felső részen, alacsony duzzasztás esetén pedig az alsó részen kell a műtárgyat elhelyezni (lásd a 2. ábrát).

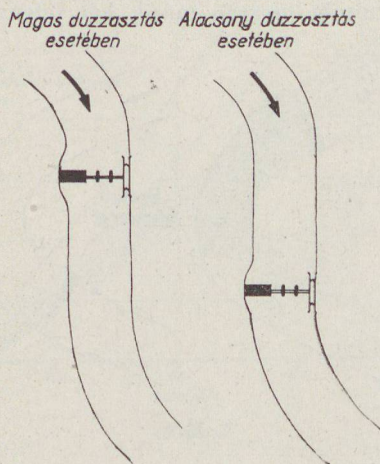
c) A hajózó ágnak és az erőmű előtti térnek feliszapolódását el kell kerülnünk, illetőleg a legkisebbre csökkentenünk. Ez a szempont szintén befolyásolja a mű elrendezését, vagyis azt, hogy a sodorvonal helyzetéhez és irányához képest miképpen kell a műtárgyakat elhelyezni.

d) Az elhelyezés megtervezésénél figyelemmel kell lenni a meder szélességi viszonyaira is, s abban az esetben, ha a vízlépcső műtárgyainak együttes szélessége meghaladja az átlagos mederszélességet — ami folyami erőművek-nél legtöbbször így is van — akkor előnyös a művet ott elhelyezni, ahol a meder szélesebb, mert ebben az esetben az öblözet kialakítása kevesebb földkiemelési és kotrási munkával jár.

e) A meder- és partviszonyok még abból a szempontból is vizsgálandók, hogy hol lesznek rövidebbek a szükséges oldalbekötések. Ahol a partok mere-

dekebbek, ott nyilvánvalóan kedvezőbbek a viszonyok. De a hidrogeológiai adottságot is figyelemmel kell kísérni, mert a gát körüli szivárgás elkerülése, illetőleg csökkenése és a kapcsolatos veszélyek elhárítása érdekében azokat a partszakaszokat kell megkeresni, ahol a vízzárás szempontjából kedvezőbbek a körülmények.

f) Ha a vízlépcső elhelyezésével valamely, de főleg geológiai okból egy éles kanyar környezetében kell maradni, akkor magas duzzasztás esetében előnyösebbnek tartom közvetlenül a kanyar alatt való elhelyezését, mint a kanyar fölé való közvetlen telepítést. Ez az álláspont már az a) és b) pontok mérlegelése alapján is helyesnek látszik, de hozzá kell tennünk még egyéb



2. ábra

szempontot is. Ha a műtárgy felett éles kanyar van és feltételezhető, hogy a jég beául, akkor annak hosszirányú nyomását nem a mű, hanem legfőképpen az éles kanyar külső (homorú) partja veszi fel. Az esetleg képződő jégtorlaszok pedig főképpen a kanyarban fognak kialakulni és nem a műnél. A művön átbocsájtott jég az alatta következő egyenes szakaszon szabadon elúszik.

Ha viszont a mű közvetlenül az éles kanyar felett épül, akkor az átbocsájtott jégtáblák alacsony alvízszint esetében a kanyarban — figyelembevéve a kisvizek esetében rendszerint mutatkozó erős mederszűkületet is — újból elakadnak és jégdugó, esetleg jégtorlasz is keletkezik közvetlenül a mű tövében. Ennek a jelenségnek a következményei súlyosak lehetnek (3. ábra).

g) A vízlépcső műtárgyainak elhelyezésénél végül is rá kell mutatnunk arra a talán legfontosabb törekvésre, ami a műtárgyak alatti szivárgás kárainak elhárítására irányul. A műtárgyak alatti altalajban (kőzetben) létrejövő szivárgásnak káros, illetőleg a méretezésnél figyelembeveendő következményei:

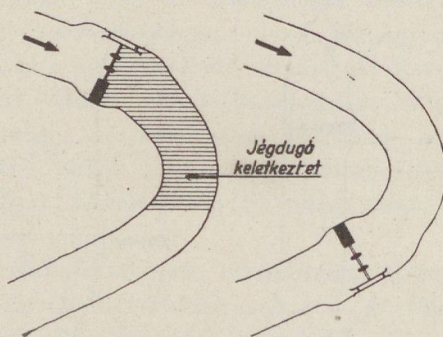
a szivárgás okozta veszteség;

a finomabb talajrészecskéknél a szivárgó víz által előidézett kimosása, ami üregek, zsákok képződésével, s végül a mű süllyedésével, sőt teljes tönkremenetelével járhat ;

az alaptest végén, illetőleg az esetleg csatlakozó szádfalaknál felfelé áramló víz talajtörő hatása, amelynek következménye szintén a talaj fellazulása és a mű tönkremenetele lehet :

a szivárgás okozta hidrodinamikai felhajtóerő megjelenése, amelyeknek számbavétele rendkívül fontos, mert nagyságrendben változtatja meg a külső erők hatását.

A szemcsés laza altalajokban előforduló fenti jelenségek közül összeálló kőzetek (sziklák) esetében csak az átszivárgó vízmennyiség és a felhajtóerő kérdésével kell foglalkoznunk, mert a másik két jelenség sziklaszerű kőzetek-



3. ábra

nél természetszerűleg nem következhetik be. A Visegrád-környéki elhelyezés esetében az alapozás sziklára kerül és így az alapozással kapcsolatos hidrológiai problémák egészen mások, illetőleg egyszerűbbek, mint a Duna felső szakaszán, vagy a Budapest alatti szakaszon kavics-, illetőleg homoktalajokra történő alapozás esetén. Egyedül a felhajtóerő számítása ad több bizonytalanságot sziklaalapozás esetében, mint laza szemcsés üledéknél.

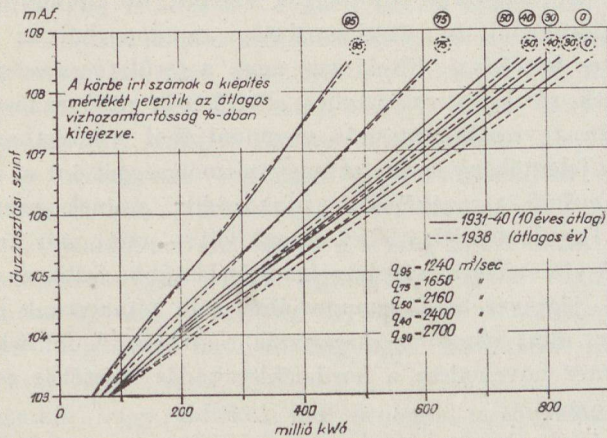
Ha valamelyik dunai vízlépcső tervezésénél olyan lehetőséget találunk, hogy a műtárgyat közvetlenül vízzáró agyagrétegre, vagy a vízzáró réteg fölött kisvastagságú, tehát szádfallal lezárható vízáteresztő üledékre építhetünk, akkor az alapozási viszonyok ugyancsak kedvezőknek mondhatók.

A fenti problémák tisztázására regionális geológiai, illetőleg hidrogeológiai feltárásokat, igen sok fúrást kell végezni, számos új talajvízmegfigyelő kutat telepíteni s végül a vett kőzetmintákon kiterjedt laboratóriumi kísérleteket kell végrehajtani. A feltárások és laboratóriumi kísérletek egy része megindult s azok a következő esztendőben még fokozottabb mértékben fognak tovább folyni.

C) A megengedhető duzzasztási szint

A folyami erőművek tervezésének hidrológiai feladatai közül egyik legfontosabb kérdés a megengedhető duzzasztási szint megállapítása. A duzzasztási szint kijelöléséhez két ellentétes nézőpontból kell a vizsgálatokat elvégezni:

a) Az energiatermelés folytonossága és gazdaságossága szempontjából kevesebb magas vízlépcső kijelölésére kell törekedni. A duzzasztási magasság emelésével rohamosan növekszik a termelhető energiamentiség. A csatolt 4. sz. ábrán bemutatom a Visegrád-környéki dunai vízerőműre a duzzasztási szint és átlagosan termelhető évi energiamentiség összefüggését.



4. ábra

Itt jegyzem meg, hogy gépészeti hidraulikai szempontból igen fontos a turbinák szerkesztési esésének helyes rögzítése. E tekintetben ugyancsak ellentétes szempontok befolyásolják a kialakítás módját. A szerkesztési esés csökkentésével nő a termelhető energiamentiség és egyidejűleg csökken a termelésből esetleg kieső napok száma (az árvízszintnél alacsonyabb duzzasztás esetében), ezzel szemben viszont csökken a gép fordulatszáma és növekszik a vízerőgép átmérője. Mindkét utóbbi körülmény vízgépészeti, elektromos és mélyépítési téren a költségek emelkedésével jár. Ha a fordulatszámot mégis tartani kívánjuk, akkor a jellemző fordulatszámot kell megnövelni, ami viszont bizonyos határon túl szerkesztési nehézségekben és kavitációs veszélyekben mutatkozik. Ez utóbbi pedig esetleg ugyancsak nagy áldozatok árán, az alapozásnak műszakilag nehéz és költséges mélyépítésével küszöbölhető ki. A szerkesztési esés növelésével növekszik a fordulatszám, ami a műnek [mind mélyépítési, mind gépészeti és elektromos szerkezeteiben] költségcsökkenéssel jár, de egyidejűleg apad a termelhető energia és esetleg megnövekszik a termelésből kieső napok száma is.

A szerkesztési esés helyes kiválasztása kisesésű és nagyteljesítményű egységekből álló vízerőművek esetében egyike a legfontosabb komplex kérdéseknek, amelyeket a vízgépész, az elektromos és energiagazdálkodó, a víz- és mélyépítő szakembereknek tudományos alaposottsággal együttesen kell megoldaniuk. Sok esetben már az előtanulmányok során is nélkülözhetetlenek a laboratóriumi kísérletsorozatok.

b) A megengedhető duzzasztás mértékére — az energiagazdálkodás igényeivel ellentétesen — az alábbi tényezők vannak befolyással, ill. legtöbbször teljesen korlátozó hatással:

1. A duzzasztás magasságának emelésével a felduzzasztott víz által elöntött területek a topográfiai adottságok szerint, de többször rohamosan növekszenek. Hidrológiai és energiagazdasági szempontból az elöntéseknek vannak előnyei és hátrányai. Eltekintve most a területveszteségtől, esetleges kisebb települések részleges vagy teljes elöntésétől, mezőgazdasági termelés-kieséstől, pusztán a vízerőhasznosítás szempontjából a következőket állapíthatjuk meg: ha jelentékeny területet nagy vízmélységgel önt el a duzzasztott víz, akkor az erőmű tározóképesége fokozódik, aminek energiagazdasági jelentősége igen figyelemreméltó lehet. Ezenkívül — mint már korábban említettük — a felső víz szétterülésével az áramlás lassúbbá válik és ennek következtében a víz-, jégárvázatás szempontjából nem támasztunk olyan szigorú követelményeket, mint alacsony duzzasztás esetében. A fentiekkel szemben viszont a tározótér növekedése a hordaléklerakódás mértékét és ezzel a feliszapolódást fokozza.

A fentiek értelmében tehát alapos mérlegelés tárgyává kell tenni, hogy mi célszerűbb: a megkívánt duzzasztás által érintett területeket elönteni, vagy a megduzzasztott vizet egyes területrészek mentesítésével új vagy megemelt védtöltések közé fogni.

2. Amíg egyfelől a duzzasztási szint növelése energiagazdasági szempontból szinte korlát nélkül kívánatos, úgy másfelől a duzzasztás magasságának határt szabnak a területek elöntésével, a belvizek szabad lefolyásának megakadályozásával, az átszivárgással és a szomszédos mélyfekvésű területeken jelentkező vízfakadásokkal járó károk, illetőleg veszélyek.

Magas területekkel határolt, tehát viszonylag mély folyóvölgyekben a szivárgás kérdései rendszerint nem döntőek. Hazai viszonylatban azonban mind a dunai, mind a tiszai vízlépcsők megengedhető duzzasztásának megállapításánál a legkörülményesebben kell eljárni, nehogy egyfelől túlzott óvatosságból az energiatermelés, az öntözés és a hajózás rovására a duzzasztási szintet túlságosan alacsonyra vegyük, másfelől azonban nem szabad olyan magas duzzasztásokat sem létesíteni, amelyek a fentemlített szempontokból károsak volnának.

A megengedhető duzzasztás kutatásánál a feltételezett duzzasztások hatásait a környező területek talajvíztükrének várható alakulásával kell kapcsol-

latba hozni. *A folyóvízállás és a talajvíztükör összefüggésének felderítésénél* hazai viszonylatban nem szabad figyelmen kívül hagyni azt, hogy vannak olyan általános összefüggések, amelyek a talajvíztükör alakulása tekintetében az egész Kárpátmedencére kiterjedően érvényesek és a Kárpátmedence jellemző éghajlati viszonyaival, a csapadékjárással és a hőmérséklet változásával vannak a legszorosabb kapcsolatban.

Tekintettel arra, hogy a Tisza vízjárása teljesen a Kárpátmedence éghajlati befolyása szerint alakul, nyilvánvaló, hogy az alföldi talajvíztükör és a Tisza vízállása között nemcsak közvetlen kapcsolat, hanem elsősorban ú. n. *szimptomatikus* korreláció áll fenn, azaz másszóval a sok esetben szabályosnak látszó kapcsolat a talajvíztükör és a Tisza vízállása között nem teljesen okozati összefüggésből származik, hanem egy közös tényezőnek, a Kárpátmedence éghajlatának párhuzamosan futó okozatai. Erről a kérdésről, különösképpen a Tiszával kapcsolatban itt nem kívánok bővebben szólni, mert ezt a tárgykört *L. A. Eliava* szovjet szakértő kitűnő előadásában alaposan megvilágította. Ehhez az előadáshoz csatlakozó hozzászólásomban részletesen utaltam a fent elmondottakra. Itt csupán arra kívánom a figyelmet felhívni, hogy ilyen eszmefuttatást a Duna esetében is meg kell tennünk, annak ellenére, hogy az összefüggések kissé elmosódottabbak, mint a tiszai viszonyoknál. A Duna vízjárása ugyanis elsősorban az alpesi és délnémetországi éghajlati viszonyoknak a függvénye, de nem hagyható számításán kívül a Kárpátmedence folyóinak hatása sem.

Ha a szigetközi vagy csallóközi hidrogeológiai viszonyokat, ill. a duzzasztás következtében várható változásokat kívánjuk felderíteni, akkor alapos tanulmányozással kell szétválasztani a talajvízszint megfigyelésadatait olyanokra, amelyek a Duna-vízszín közvetlen befolyására keletkeztek és olyanokra, amelyek az éghajlati okok egybeesése folytán mutatkoznak okozati összefüggésben. A vizsgálatokat természetesen a Duna Budapest alatti szakaszára is ki fogjuk terjeszteni.

D) *A folyócsatornázás hatása a hordalékjárásra*

A duzzasztóművek beépítése következtében a folyó hordalékjárásában kialakult egyensúlyi állapot lényegesen megváltozik. A duzzasztóművek felett nagyobb vízmélységű folyószakaszok keletkeznek, ahol az esés lecsökken, s ezzel mindazok a hidraulikus tényezők lényegesen megváltoznak, amelyek a hordalékszállítást megszabják. A változások azonban a duzzasztómű alatti szakaszra is kiterjednek.

A duzzasztómű feletti kisebb esésű és ezzel kisebb sebességű szakaszon feltöltődések várhatók. A feltöltődés mértéke függ a folyó által szállított hordalék mennyiségétől és minőségétől, a meder viszonyaitól és a létesített duzzasztás mértékétől. Lényeges szempont itt az, hogy a duzzasztás magassága hogyan viszonylik az előforduló legmagasabb árvizek eredeti szintjéhez. A duzzasztás

időszakossága kedvező tényező a feltöltődés szempontjából, de igen kedvezőtlen az energiatermelés tekintetében. A dunai vízerőműveknél, de elsősorban a Visegrád-környéki erőműnél remélhetőleg az eddigi maximális árvízszintet meghaladó duzzasztást fogunk létrehozni. Ez a körülmény tehát állandó duzzasztást jelent, amit a feltöltődés várható mértékének számításánál figyelembe kell venni. Az energiatermelés szempontjából természetesen előnyös, ha a magas duzzasztás révén megszakítás nélküli áramtermelést lehet biztosítani.

A duzzasztómű alatt a meder kimélyülésére lehet számítani. A duzzasztógát felett hordaléktartalmából veszett víz a mű után új hordalékmennyiséget képes felvenni. Úgy fogalmazható, hogy a gáton átbukó víz többé-kevésbé telítetlen a hordalékszállító képesség tekintetében.

A Visegrád-környéki erőműnél a feltöltődés mértékének meghatározása súlyosabb és alapos tanulmányozást igénylő probléma, míg a mű alatti kimélyülés kérdése kevésbé okoz gondot, minthogy a feltárások tanúsága szerint a vékony alluviális fedőréteg alatt az erózióval szemben kitűnően ellenálló andezit, illetőleg andezittufa kőzet van. A duzzasztóműtől távolabb lefelé, ahol már vastagabb az üledékes fedőréteg, kisebb kimélyülésekre lehet számítani. Ezek azonban a műtárgy állékonysága szempontjából nem lesznek veszélyesek.

A hordalékviszonyok kérdésével itt bővebben nem kívánok foglalkozni, minthogy ezt a tárgykört *Bogárdi János* csatlakozó tanulmányában részletesebben megvilágítja.

E) A kiépítési vízhozam

Noha a kiépítési vízhozam lényegében hidrológiai fogalom, megállapítása az energiagazdasági kérdésekkel van a legszorosabb összefüggésben. A kiépítési vízhozam megállapításánál eddig követett és követendő eljárásunk az, hogy az energiatermelésre és a beruházási költségekre vonatkozó számításokat több kiépítési vízhozamra szerkesztett vázlattervhez végeztük el. A bemutatott 4. ábrán látható az energiatermelés változása a Visegrád-környéki erőmű esetében a kiépítési vízhozamnak, mint egyik változónak a függvényében is. A kiépítési vízhozamot ma már világszerte mindenütt az 50%-os tartósságú (182,5 napos) vízhozam fölé igyekeznek felvenni, s első felvételünknel mi is ebből az elvből indultunk ki, amikor a nagymarosi 2160 m³/sec átlagosan 50%-os tartósságú vízhozamhoz viszonyítva 2500 m³/sec kiépítési vízhozamot vettünk alapul (kb. 37%-os tartósság).

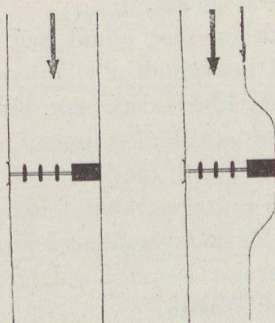
Az alapvető energiagazdasági szemponton kívül a kiépítési vízhozam nagysága az áramlástani viszonyokkal is szoros kapcsolatban van. A kiépítési vízhozamnak a folyó teljes vízszállításához való viszonya szabja meg azokat az áramlási irányokat, amelyek a duzzasztómű és az erőtelep feletti víztérben kialakulnak. Az áramlási irányokhoz kell igazodni a felső öböl és az esetleges elválasztópillér kialakításával. Nyilvánvaló, hogy a két vízhozam aránya a

folyó vízzállításának ingadozása következtében erősen változik s így minden esetre érvényes áramlási képet nem lehet rögzíteni. Mégis vannak olyan jellemző áramképek, különösképpen az erőmű nagyobb vízfogyasztásához tartozók, amelyek döntő befolyással vannak az erőmű általános elrendezésére és a műtárgyak kialakítására. Az erőmű fogyasztásának felső határát pedig éppen a kiépítési vízhozam adja s így a kiépítési vízhozam kapcsolatba hozható a kialakítás tekintetében mértékadónak vett áramlási viszonyokkal.

Ez utóbbi kérdésre kielégítő választ — a tudomány mai álláspontja szerint — tisztán elméleti megfontolásokkal nem lehet adni. A jelenségek vizsgálatához *hidrotechnikai kisminta-kísérletekre* van szükség. A hidrotechnikai kisminta-kísérletek azonban természetesen messze túlmennek a kiépítési vízhozam vizsgálatán s általában az összes felmerülő hidrológiai kérdés tanulmányozására kiterjednek s különösképpen az erőmű általános elrendezésére, az erőmű műtárgyainak áramlástanai szempontból való helyes kialakítására.

F) Az erőmű általános elrendezése

A hidrológiai, de azonban különösképpen a hidraulikai feladatok megoldása céljából részletesebben kell foglalkoznunk az erőmű általános elrendezésével. Az általános elrendezés természetesen nemcsak hidrológiai, hanem mély-



5. ábra

építési, gépészeti, elektromos és egyéb szempontokat érint s így az általános elrendezés tárgyalása nem szorítkozhatik pusztán a hidrológiai szempontból előnyöknek, illetőleg hátrányoknak nevezhető körülmények felsorolására.

A kis esésű, nagy vízhozamú folyamok vízerőképzésének kihasználására alkalmas erőművek általános elrendezési lehetőségeit a csatolt 5., 6., 7., 8. és 9. ábrákon mutatom be.

Tárgyaljuk rendre a különböző típusokat:

1. *Egységes (öblözetbe, vagy az eredeti mederszélességbe összefüggően épített) erőtelep* (5. ábra)

Ez az elrendezés a legjobban elterjedt megoldás. Az eddig épült nagy folyami vízerőművek zöme ilyen kialakításban létesült. Röviden soroljuk fel az ezzel az elrendezéssel járó előnyöket és hátrányokat.

Előnyei:

Az erőtelep üzemének áttekinthető volta az összefüggő gépcsarnok révén. Kényelmes, áttekinthető kezelés.

Ugyancsak kényelmes és összefüggően végezhető szerelés.

Az erőtelep olyan víztérben, ill. öbölben van, amely árvíz idején viszonylag csendesebb és jégtől mentesebb.

Az erőtelep gerebélülete egységes, a gerebtisztítás összefüggően történhetik.

Az összefüggő, egységes gépháztérben viszonylag rövidek a csővezetékek és kábelek.

Hátrányai:

A hordalék egy része, esetleg jelentékeny része bejuthat az öbölbe.

A gépegységekre való rááramlás nem mindig egyenletes.

A gerebekre ferdén rááramló víz viszonylag nagy gerebellenállást okoz.

Ha az erőtelep az eredeti mederszélességbe épül — azaz nincs öböl — és az erőtelep viszonylag hosszú, akkor a jégösszetorlódás jégdugulást okozhat. Különösen kedvezőtlenek a viszonyok akkor, ha az erőtelep hossza több, mint $\frac{1}{3}$ része az egész meder szélességének.

Az erőtelep egységes elrendezése annál kedvezőtlenebb, minél nagyobb az erőtelep és a duzzasztómű hosszának a viszonya.

A hordalékot egyes esetekben csak sok vízvesztéssel lehet öblíteni.

Egységes erőmű esetében — különösképpen, ha kicsi, vagy egyáltalában nincs öblözet — jégterelő műről kell gondoskodni.

Az egységes elrendezésű erőtelep tehát főképpen akkor előnyös, ha:

a) az erőtelep rövid a duzzasztóműhöz képest,

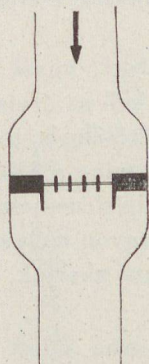
b) az erőtelep a kanyarulat homorú oldalára kerülhet, illetőleg pontosabban a kevésbé hordalékos oldalra.

2. Megosztott erőmű (6. ábra).

Az erőműnek 2 részre való megosztásával némiképpen javítani lehet az egységes erőmű fent felsorolt hátrányain. Ha az erőművet úgy osztjuk meg két részre, hogy a rövidebb tömböt csatlakoztatjuk a hajózsiliphez s a hosszabb tömböt helyezzük a másik oldalra, akkor elérhető az, hogy a duzzasztómű nyílásai teljesen a sodorba kerüljenek. Ezzel a megoldással azonban veszítünk az egységes erőmű előnyeiből, különösképpen az áttekinthető kezelés és szerelés tekintetében. Ez a hátrány legtöbbszörre döntőbb, mint a megosztásból származó előnyök, miért is az erőtelep két részre való tagolása csak ritka esetben megokolt. Az ilyen módon való megosztást sok esetben politikai szempontok tették szükségessé (határfolyókon levő folyami vízerőművek).

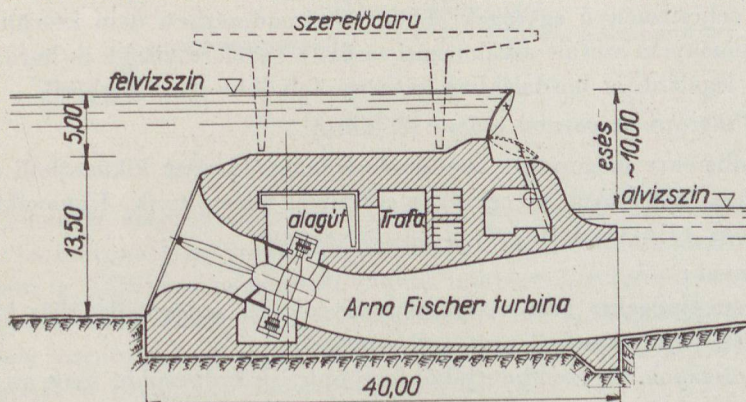
3. Vízalatti (gáttestbe épített) erőmű (7. ábra).

A gáttestbe épített erőmű előnyei — a gépszerkesztés fejlettségének mai fokán — főképpen csak kisebb erőművek esetében mutatkoznak. Úgy is kifejezhető, hogy ennek a típusnak az előnyei akkor kerülnek fölénybe a hátrányaival



6. ábra

szemben, ha a duzzasztás magassága kicsi, nem több 3—5 m-nél, s egyidejűleg a vízfolyás eléggé hordalékmentes.



7. ábra

Előnyei :

Egységes géptér, az üzem kezelése és szerelése áttekinthető.

A turbinacsatornának és a fenékkiürítőcsatornának egymással váltakoznak, ami a turbinákra való jó rááramlást biztosítja. A gerebellenállás ennek következtében kicsi.

A turbinákon hasznosított víz áramlásának iránya nem törik meg, sőt egybeesik a vízfolyás fő áramlási irányával. Gépházra, kezelőhídra nincs szükség.

Hátrányai :

Nem lehet Kaplan-járókereket alkalmazni, minthogy a generátor póluskereke a turbinalapátokra van felékelve. Az Arno—Fischer-féle propeller-turbina tehát erősen ingadozó töltések esetében viszonylag rossz hatásfokkal hasznosít.

A turbina átmérője korlátozott, mivel a turbina, illetőleg a gáttestben levő géptér felett még biztosítani kell az árvíztömegek átfolyását.

Ebből következik, hogy az erőtelepet több kisebb egységre kell bontani.

Az üzem biztonsága kisebb, mint a többi elrendezésnél.

A gerebtsztítás nehézkes, ideiglenes elzáróberendezés nincs.

Minthogy a turbinaküszöb nagyon mélyen van, a fenékkiürítő csatornákat is igen mélyre kell helyezni, ha azt akarjuk, hogy azok a hordalékmentesítés érdekében hatékonyak legyenek.

A kiegyenesített turbinacsatorna miatt a gáttest szélessége több, átlagosan mintegy 20%-kal nagyobb, mint más rendszerű erőtelepek alapszélessége.

Fentiek következtében az utófenék is hosszabban kinyúlik, ami sűrűn kanyargó folyószakaszba való beiktatását megnehezíti.

Legjelentősebb hátránya az, hogy nagyobb víznyomások esetében a szigetelés és a generátor kialakítása igen nehezen megoldható szerkesztési feladat.

Eddig tudomásom szerint 5 m-nél nagyobb átmérőjű és 5000 kW-nál nagyobb teljesítményű egységek ebben az elrendezésben nem készültek.

Véleményem szerint alkalmazási területe egyelőre kisebb és hordalékmentes vagy legalább is hordalékban szegény folyókra szorítkozhatik.

4. Pillérekre megosztott erőmű (8. ábra)

A pillérekre megosztott elrendezés legnagyobbbrészt kiküszöböli azokat a hátrányokat, amelyeket az egységes erőműnél felsoroltunk. Ugyanakkor nem vonatkoznak rá a vízalatti erőmű hátrányai sem.

Előnyei :

A gépegységekre való vízáramlás egyenletes, a gerebellenállás kicsi.

Külön jégterelőműről nem kell gondoskodni.

A feliszapolódás szempontjából legtöbbször kedvezőbb, mint az egységes erőtelep.

A folyóba épített mű teljes hossza megrövidül, mégpedig a duzzasztómű pilléreinek megfelelő összméret jelentékeny hányadával.

Öblözetre nincs szükség s ezzel elmaradnak az öblözet hátrányai a hordalék- és jégjárás szempontjából.

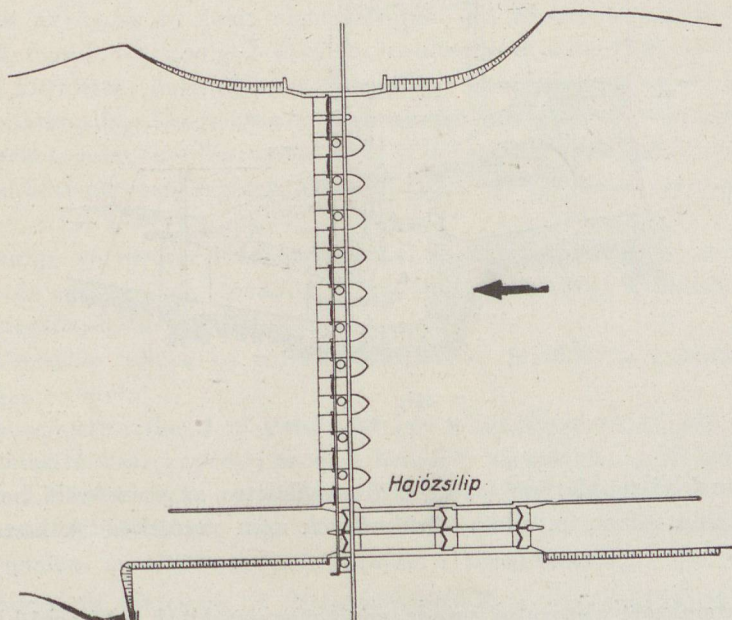
Megfelelő küszöbelrendezés kialakításával a hordaléktól mentesíteni lehet.

Az erőmű üzembiztonsága megfelelő. (Megegyezik az egységes erőművel, de kedvezőbb, mint a vízalatti erőműé).

A pillérekre megosztott erőmű sok esetben esztétikai szempontból is a legelőnyösebben alakítható ki.

Hátrányai :

Az erőtelep üzeme nem egységes és ezzel nem áttekinthető. A szerelés is mehezebben oldható meg és kevésbé áttekinthető, mint az összefüggő gépház esetében. Az elektromos berendezés is tagolt és ennek következtében költségesebb.



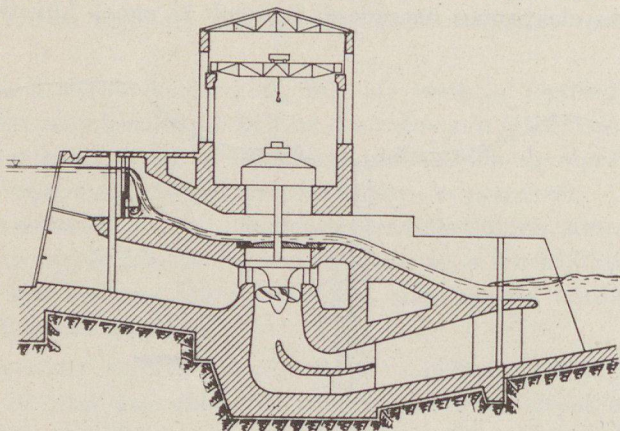
8. ábra

A pillérekre megosztott erőmű költségei tekintetében megoszlanak a vélemények. Az idevonatkozó irodalomban találunk olyan megállapításokat, amelyek szerint a pillérekre megosztott erőmű költsége lényegesen kisebb, mint az egységes erőműé. Eddig végzett vizsgálataim ezt a megállapítást megerősítik, dunai viszonylatban a pillérekre megosztott erőmű 10—20%-kal látszik kedvezőbbnek a beruházási költségek tekintetében.

5. Esésnövelő berendezéssel ellátott erőmű (9. ábra)

A fent felsorolt négy megoldás mindegyike ellátható esésnövelő berendezéssel. Ennek a kialakításnak a lényege az, hogy a vízerőmű kiépítési vízhozamán felüli — tehát a fölösleges — vízmennyiség egy részét olymódon hasznosítjuk, hogy velük akár a szívócsőben, akár a szívócső végénél a szabad víztérben szívóhatást hozunk létre. A fölös víztömegek kinetikai energiája impulzuscsere révén részben átadódik a turbinákból kiáramló »fáradt« víztömegnek, amelynek sebességnövekedése a szívócsőben előálló [depresszió]növekedésben jelentkezik. Ezzel tehát a hasznos esés megnövekszik. Az esésnövelő berendezés lehet ejektoros, vagy bukógátas rendszer, vagy a kettő kombinációja. Meg

kell jegyezni, hogy az esésnövelő szerkezeti kialakítására csak akkor nyílik kedvező lehetőség, ha a vízlépcső meglehetősen nagy. Megvizsgáljuk ugyan a



9. ábra

kérdést dunai viszonylatban is, de első szemléletre az esésnövelő berendezés létesítése tekintetében az adott körülmények nem mutatkoznak biztatóknak.

*

A fentemlített változatok mindegyikét megvizsgáltuk a Visegrád-környéki vízerőművel, de az egyéb dunai vízerőlehetőségekkel kapcsolatban is. Az eddigi tájékoztató tanulmányok alapján úgy látszik, hogy mélyebb vizsgálatokra és kísérletekre két megoldást érdemes javasolni: az egységes erőművet és a pillérekre megosztott erőművet.

Pusztán elméleti megfontolások és gazdaságossági számítások alapján azonban további döntést tenni nem lehet, a részletes tervezésre, ill. kivitelre javasolható változat kikeresése és kidolgozása csakis hidrotechnikai kismintakísérletek alapján lehetséges. A kismintakísérleteknek a következő vizsgálatokra kell kiterjedniök:

a) a mű hatásának tanulmányozása a folyónak egy hosszabb szakaszába beépítve. Ennek a folyószakasznak magában kell foglalnia a műtárgy fölötti és alatti teljes kanyarulatot. Ezen a kismintán tanulmányozható a műtárgy hatása az árvíz és jég általános levonulására, a hordalékjárásra és feliszapolódásra.

Ezen a kismintán kell megállapítani a műtárgy tengelyének helyes irányát.

b) A vízlépcső részletesebben kidolgozott nagyobbmértetű kismintája a vízerőmű öblével és a hajószilip várakozó tereivel, a vízlépcső műtárgyai közötti vízhozammegosztás vizsgálatára és ezzel kapcsolatban a fő áramlási képek megállapítására szolgál. Ezen a kismintán lesz tanulmányozható a műtárgy között

válaszfalak és terelőfalak szükséges hosszúsága, az öblözeteknek holtter nélkül való kialakítása, az utófenék és utóágyazat, továbbá a partvédezet szükséges hosszúsága, valamint egyéb fontos áramlástani kérdések.

c) Részletes kisminta-kísérletek a műtárgyak egyes szerkezeti elemeivel kapcsolatban.

Amíg az a) és b) pont alatt felsorolt két kísérletet három-dimenziós kísérletnek fogjuk fel, addig a további rész-kísérletek már főképpen ú. n. két-dimenziós kísérletek, azaz olyanok, amelyeket a műtárgyak egyes szerkezeti részére vonatkozólag üvegszatórna párhuzamos falai között végeznek el. Itt a jelenségeket mint kétdimenziós, azaz síkáramlási feladatokat vizsgáljuk. Ilyen rész-kísérletek szükségesek előreláthatóan a következő szerkezeti elemekről:

A mozgó gátszerkezet az utófenékkal és az utóágyazattal, az utófenék hosszának és mélységének, továbbá az esetleges energiatörő küszöbök kialakításának megállapítása céljából.

A hajószilip töltési és ürítési rendszerére, továbbá a kapuszerkezetre vonatkozó kísérletek.

A mozgó gátszerkezet részletes kísérlete a bukófelületek és alsó szerkezeti elemek kialakításával kapcsolatosan a kedvező vízvezetés, a jó levegőztetés érdekében, továbbá a gát periódikus rázásának elkerülése céljából.

A fentiekén kívül még számos más részletvizsgálatra lehet szükség, amelyeknek taglalása azonban már nem tartozik e tanulmányba.

d) *Szivárgási kísérletek.* A Visegrád-környéki dunai vízerőművel kapcsolatban az andezit kőzetek vízzárás szempontjából való kedvező tulajdonságai miatt ilyen kísérletekre nem lesz szükség. Annál inkább kell azonban foglalkoznunk a *műtárgy körüli és alatti szivárgás kérdésével*, laboratóriumi kísérletek alapján a többi dunai vízerőművel, de különösképpen a *Felső-Duna vízerőhasznosításával kapcsolatban*. Az előfenék és utófenék hosszúságát, a szádfalak, őrfalak mélységét, továbbá az egyéb kiegészítő vízzárásokat (agyagtömítés, betonburkolat stb.) műszakilag kifogástalanul és gazdaságosan csakis kisminta-kísérletek sorozatával lehet megállapítani. Természetesen ezek a megállapítások csak laza szemcsés üledékre vonatkoznak, amennyiben valahol még jó vízzáró sziklára, vagy agyagrétegre bukkanunk, úgy ez a probléma nem merül fel.

G) Az építéssel kapcsolatban felmerülő hidrológiai problémák

A dunai vízerőhasznosítás esetében — eltekintve a cseh-magyar közös szakasz esetleges üzemvízesatornás kihasználásától — mederben, azaz *elővízben való építkezést* kell előíranyoznunk.

Az építkezés során előálló különleges helyzetek megkívánják olyan hidrológiai viszonyok vizsgálatát is, amelyek sem a vízfolyás természetes állapotában, sem pedig az erőmű beépítése utáni állapotban nem fordulnak elő. A tanul-

mányoknak és a kismintakísérleteknek tehát az alábbi körülmények vizsgálatára is ki kell terjedniök:

1. A munkatér víztelenítésének megoldása az építkezés tartama alatt.
2. Az árvíz és a jég biztonságos levezetése az építési körülzárásokkal szűkített mederben. Ezeket a vizsgálatokat a körülzárás minden fokozatára külön-külön el kell végezni.

H) Gépészeti hidraulikus feladatok

Az erőmű gépészeti kialakításával kapcsolatban is számos hidraulika-probléma merült fel kisesésű és nagyteljesítményű, azaz nagy vízemésztésű turbinák alkalmazása esetén.

Az erőtelep belső áramlástanai viszonyainak kivizsgálása céljából célszerű a kutatásokat két fokozatban végezni:

a) A részkísérletek előtt megokolt egy olyan kismintakísérletet végezni, amelynél az előcsatorna, a csigaház, a turbina és a szívócsatorna együttesen kerül vizsgálat alá. Az ilyen átfogó kísérlet sok olyan áramlástanai jelenségre mutat rá, amelyeket a részkísérletekből nem lehet felderíteni.

b) Részkísérletek az egyes szerkezeti elemek külön-külön való vizsgálatára:

1. Csigaház-vizsgálatok.
2. Nagy nyelőképességű Kaplan-rendszerű járókerék kialakítására vonatkozó kísérletek.
3. A nagy jellemző fordulatszámú Kaplan-járókerékre vonatkozó sztrobo-szkopikus vizsgálatok, különösképpen a kavitációs jelenségek kutatására (megengedhető maximális szívómagasság meghatározása céljából).
4. Szívócsatorna-vizsgálatok.
5. Korrozio-vizsgálatok fémeknek kavitációval szemben tanúsított ellenállása meghatározására. A kísérletek célja az, hogy a drága ötvöztöfémeket a lehető legkisebb mértékben fogyasszuk és ugyanakkor a hegeszthetőséget biztosítsuk. (Ezek a vizsgálatok ugyan nem hidrológiai természetűek, de mégis megemlíthetők, minthogy kapcsolatban vannak a hidraulikai viszonyoktól függő kavitációs jelenségekkel.)

II. A hidraulikus energiatároló

A hidraulikus energiatároló elvi elrendezése hidrológiai szempontból attól függ, hogy a vízkivétel a duzzasztott vízbe, avagy az alvízbe kerül. Mint-hogy a vízkivételi mű általános elrendezésére és a vízgépek magassági elhelyezésére lényeges kihatással van a kiviteli vízszint magassága és ingadozása, a hidraulikus energiatároló általános elrendezésével igazodni kell a nagy dunai vízierőmű elhelyezéséhez. Ezért, ha a nagy dunai vízierőmű megépítése későbbben is történik, annak elvi elrendezési tervében, illetőleg legalább is a szelvényének kiválasztásában dönteni kell már a hidraulikus energiatároló tervezésekor.

A duzzasztott vízből való vízkivétel előnyei

A felszivattyúzott víz kevesebb hordalékot tartalmaz, ami a gépek és a csővezeték korróziója szempontjából előnyös. A kivételi vízszint kevésbé ingadozó. A vízkivétel és a gépház alapozását nem kell túlságosan mélyre helyezni.

Hátrányai :

A dunai vízierőműnek ilyen elrendezés mellett a hidraulikus energiatárolóval egyidőben kell megépülnie, mert különben az említett előnyök átmene-tilig nem használhatók ki. Sőt nem egyidejű építés esetén a műszaki megoldás tekintetében legnagyobb nehézségek származnak abból, hogy a műnek a dunai erőmű üzembe lépése előtt is ki kell elégítenie az üzemi követelményeket.

Ha a vízkivétel az alsó víztérbe kerül, akkor a fentemlített előnyök elmaradnak, viszont ezzel szemben nem függnék a mű hidraulikus üzemi viszonyai a dunai erőműtől, illetőleg annak üzembe lépésétől.

Felmerülhet még az az elgondolás is, hogy a hidraulikus energiatároló alsó vízmedencével létesül, ahová a vizet gravitációsan, vagy szivattyúzással lehet a Dunából bevezetni. Ilyen elrendezésnek nagy előnye a teljesen állandó vízkivételi szint és az igen nagymértékű víztisztaság, de megvalósítási lehetősége nagymértékben függ a telepedési és topográfiai viszonyoktól. A kérdésben még végleges állásfoglalás nem történt. Meg kell jegyeznünk, hogy alsó medence létesítése a költségeket is igen megnövelné. Viszont alapos gazdaságossági számítást kell még végezni arra vonatkozólag, hogy miképpen viszonylik az alsó meder létesítésével járó beruházási többlet a korrózió-okozta felújítási költségekhez.

A hidraulikus energiahatározó létesítésével kapcsolatosan tanulmányozandó legfontosabb hidrológiai kérdések :

- a vízkivételi szint ingadozása,
- a hordalék töménysége és a hordaléktöménység változása,
- a vízkivételi műnek áramlástanai szempontból való helyes kialakítása,
- a több nyomásfokozatú tározószivattyú kavitációs problémái,
- a nyomócsőben keletkező vízlökések vizsgálata.

HOZZÁSZÓLÁSOK

MOSONYI EMIL előadásához

L. A. ELIAVA a tbiliszi Állami Vízérőmű Tervező Intézet vezetője

1. Vízérőmű kiépítési mértékének (mértékadó vízhozam) kiválasztása.

Az előadásban utalás történt az ország elméleti vízérőkészletére, mely 7,2 milliárd kWó-t tesz ki, 50%-os vízhozam-tartósság mellett. Fel kell tételezni, hogy az 50%-os tartósság magas, illetőleg az 50%-os tartósságú vízhozam kicsi. Kiindulva a vízérőművek építésében szerzett gyakorlatból, a korszerű energiarendszereknél a tartósságot 30—40% határokon belül kellene elfogadni.

A Duna vízérőkihasználását vizsgálva, számításba kell venni, hogy a Duna vízjárása magasfokú természetes kiegyenlítettséggel rendelkezik, ami nagyrészen igazolja a teljesítmény növelésének, illetve a tartóssági százaléknak csökkentését. Ezért az eddig készült vázlatos tervben felvett tartósság jelentősen kevesebb, mint 50%; amit helyesnek kell elismerni. Itt is mint minden egyes vízérőmű tervezésénél, így külön a visegrádi vízérőműnél is, energetika-gazdasági számításokkal kell véglegesen és pontosan megállapítani a kiépítés mértékét a tervezés további fokozataiban.

2. Visegrád környékén létesítendő vízérőmű típusának kiválasztása.

Igen sikerültek a vázlatotervben a vízérőmű típusainak kiválasztására összehasonlítás céljából felsorolt változatok. A végleges változat kiválasztását csak nagyon pontos és részletes tervezés alapján lehet majd végrehajtani. Azonban előjáróban is lehet ebben a kérdésben általános felfogásokat megemlíteni, melyeket feltétlenül szem előtt kell tartani.

A legtöbb esetben nagyteljesítményű erőművek számára a megszokott típust, azaz a gépegyeségeknek összefüggő egységes elhelyezését szokták alkalmazni. Ez a típus még eddig mindig bevált mind üzemi, mind építési, mind pedig gazdasági szempontokból.

Az utóbbi időben a gáttestben elhelyezett erőtelepes változat felé való törekvés észlelhető. Az építési gyakorlatban mostanában több esetben, különböző teljesítményű erőműveknél a gépészeti berendezés a gáttestben nyer elhelyezést.

Ami a gépegyeségeknek és kapcsolatos berendezéseknek a pillérekben való elhelyezését illeti, a gyakorlatban csak egyes esetek ismeretesek.

Előreláthatólag ilyen megoldás nagyobb teljesítményű mű számára túl sok gépegyeséget tesz szükségessé; ennek következtében mind üzemkezelési, áttekintési, mind az elektromos berendezés szempontjából kényelmetlenségek jelentkeznek ennél a változatnál.

Ugyanakkor a teljesítmény felaprózódásának ténye maga után vonja a berendezés és az építkezés magasabb költségeit.

Ezért kiválasztásához a legnagyobb elővigyázatossággal kell hozzákezdeni.

A Szovjetunióban jelenleg épül egy vízérőmű, ahol vízszintes tengelyű gépegyeségek a gát pilléreibe lesznek beépítve. Azonban ezen erőmű teljesítménye nem nagy és az adott megoldást az építészeti összehatás követelte meg, miután az erőmű a város területén belül épül.

3. A vízérőművek energetikai jellemzői.

Függetlenül attól, hogy a jelen konferencia célja csak hidrológiai és hidrotechnikai szempontból megvilágítani a kérdéseket, mégis helyes bemutatni az

alapvető energetikai kérdéseket is és nem felesleges megemlíteni a vízerőmű feltételezhető energetikai szerepét.

A tervezés folyamán feltétlenül pontosan le kell szögezni, milyen követeléseket fűzünk az adott vízerőműhöz, azaz, hogy az elektromos energiaigény alap- vagy csúcscrészeibe fog beledolgozni. Úgyszintén annak a lehetőségét is meg kell állapítani, hogy milyen mértékben fedezheti az elektromos vontatás csúcsait.

Az adott vízerőműnél lehet medencét létesíteni a korlátozott napi tározás számára és feltétlenül szükséges megállapítani kihasználásának célszerűségét.

4. Koordinálás a folyó többi vízerőműveivel és egyéb vízhasznosításokkal.

A vízerőművet nem lehet befejezettnek nyilvánítani, ha nem lesz kielemezve az adott vízerőmű koordinálása a folyó többi vízerőműveihez.

A visegrádi vízerőmű tervezésének meggyorsítása céljából a feladatot el lehet határolni olyképpen, hogy a Dunának felső folyását párhuzamosan erösszük tanulmány tárgyává a vázlatos terv keretein belül Pozsonytól Visetááig. A felső szakasznak van a legnagyobb jelentősége lépcsőzése szempontjából, a szomszédos csehszlovák állammal egyeztetni kell ezt a kérdést, mint ahogyan ezt az előadó helyesen megjegyezte. Eerre vonatkozólag csak azt szeretném hozzátenni, hogy a teljesség céljából az említett terv egyeztetése rendkívül fontos. Ezért arra kell törekedni, hogy Csehszlovákiával minél hamarabb tűzék ki a tárgyalásokat. Ezen tárgyalások alapján derítsék ki a tervezés folyamán számításba vehető csehszlovák érdekeket és a közös építés lehetőségét.

VENDL ALADÁR akadémikus :

A hazai dunai vízienergia felhasználásának gondolata már régebben is többször felmerült, de csak gondolat maradt.

Az eszme azonban 1920-ban komolyan előtérbe került. Ekkor egyik svájci érdekeltség foglalkozott azzal a tervvel, hogy a visegrádi szorosban energia-termelőtelepet létesítsenek. Az elgondolás lényege az volt, hogy Kismaros és Nagymaros közt építenek megfelelő erőművet. Az előzetes geológiai vizsgálatokat néhai elődöm : Dr. Schafarzik Ferenc és csekélységem el is végezte a helyszínen s a Műegyetem Ásvány- és Földtani Intézetében. Az összefoglaló geológiai jelentést el is küldtük. Sajnos azonban, a munka — előttem ismeretlen okokból — tovább nem folytatódott úgy, hogy már a részletes kutatófúrások sem kerültek sorra, amit már akkor nagyon sajnáltunk.

Az előadás az erőművek szempontjából főleg két szakasznak a jelentőségét emelte ki : a magyar szakasznak, elsősorban a visegrádi szoros területén és a cseh-magyar szakasznak, ami a Komárom fölötti terület s lényegileg a Kisalföld medencéje. *A visegrádi szoros földtani felépítése olyan, hogy földtani szempontból ez a terület a többi megelözi.*

Hangsúlyozta az előadó a földtani viszonyok fontosságát, de — természetesen mint nem geológus — nem tért ki részletesen a földtani adottságokra. Ezért — mintegy kiegészítésképpen — röviden vázoló az említett két terület s a visegrádi szoroshoz D felé csatlakozó dunai szakasz fejlődéstörténetét anélkül, hogy a földtani részletekre kitérnék.

A Duna poligenetikus folyó : felső folyásától kezdve eltérő magasságban levő és eltérő korú medencék sorozatát kapcsolja össze áttöréses szakaszokkal.

Kialakulásának egyes szakaszait legszebben az áttörésekben lehet észlelni, melyek a medencéket összekapcsolják.

Hazánk szempontjából egyik legfontosabb áttörés a Visegrád-környéki, mely a Kisalföld és az Alföld medencéjét köti össze.

A kis Magyar Alföld folyóhálózata a fiatal harmadidőben kezdett kialakulni. A stájer és az attikai mozgások eredménye volt a bécsi, a stájer és a kisalföldi medence süllyedése. A Kisalföld északi részében a süllyedés főleg ÉK—DNy-i irányú volt. Déli részében ellenben ÉÉK—DDNy-i. A Kisalföld medencéjének teljes mélyülése a szarmaciai emelet végén, illetőleg a pliocén elején ment végbe. A pliocén közepe táján a Kisalföld önálló medencévé vált s csakhamar feltöltődött.

A bécsi öböl területéről Bruck felé irányuló vízfolyások nem vehették útjukat a Kisalföld déli részén keresztül, mert abban az irányban kiemelkedés ment végbe a Bacher hegység s a Magyar Középhegység között. Hanem keleti irányban Esztergom—Visegrád felé szállította a vizet a Kisalföldön, ekkor már nagyobb folyóvá kialakuló Duna.

A Kisalföld északi részében a Duna a levantei korszak óta főleg É felé tolódott el.

A pliocén Duna kisalföldi kanyarulatai lényegesen nagyobbak voltak a mainál. A pliocén végén és pleisztocén elején a Kisalföld északi és középső része süllyedt, így a Duna üledékei nagy vastagságban (néhol több száz méter) rakódtak le.

A süllyedt terület nagysága lassan csökkent s ez a csökkenés a pleisztocénban is tovább tartott, amit a terület D-i és K-i részén levő terraszaradványok mutatnak. A pleisztocénban a Fertő-tó mélyedését a Duna és Rába üledékei K felől bezárták s a pleisztocén második felében kialakult a Fertő.

A Kisalföld folyóinak kialakulását tehát a pannóniai emelet második felére tehetjük. A hainburgi hegyek s a Kiskárpátok közt levő mélyedésen át folyó Duna a Kisalföld medencéjében alsó szakasz jellegűvé vált s hatalmas törmelék-kúpját, a Csallóközt építette fel.

A Visegrád—Szentendre—esztergomi hegység — más néven Dunazug hegység — a Pomáz—pilisi törésvonaltól északra, illetőleg északkeletre levő beszakadt területet foglalja el. E terület egyes részei már a hárshegyi homokkő lerakódása után zökkent le több vetődés alakjában. Csak egyes rögök — Naszál, Csővár — maradtak a felszínen.

A felső oligocénban e hegység területét már epikontinentális tenger borította. Némely kisebb terület már annyira kiemelkedett, hogy elegyes vízi üledékek is lerakódtak, helyenként gyenge szénnyomokkal. Egyes kis részek a kattiái emelet végefelé már szárazon álltak.

A miocén első időszakában valószínűleg az egész hegység szárazon állt; szárazföldi denudációs periódus alakult ki. A hegység nyugati felében ez a periódus még a burdigalai és helvéciái emelet idejében is folytatódott: itt — a hegység nyugati részében — az andezitek és tufáik az erősen letarolt felső oligocén képződményeken telepszének. A hegység keleti részében is a miocén rövid szárazföldi periódussal kezdődhetett. Itt azonban több helyen megvannak a burdigáliai üledékek.

Főleg a helvéciái emelet után, de legnagyobb részben még a tortonai emelet előtt törtek ki az andezitek. A hegység erősen túlnyomó részét andezitek és különböző kifejlődésű tufáik építik fel. A tortonai emeletben a terület

keleti részén — pl. a visegrádi Feketehegy és Mészégetőhegyek környékén, valamint a Duna balpartja mentén, tehát a Börzsöny hegység területén Zebegény, Nagymaros vidékén a lajtamészkö roncrai is ismeretesek, részben mészhomok, részben tömöttebb mészkő alakjában. Végül a pleisztocénban a terület egyes részeit a lösz borította el.

A visegrádi áttörésben négy dunai terrasz állapítható meg *biztosan*: a legmagasabb terrasz kavicsroncsai a Duna szintje fölött átlag mintegy 80 m magasán telepszének. Ez a terrasz a *levantei emelet első felében alakult ki* s ekkor már a pannoniai tömedencék szintje lényegesen alacsonyabbá vált. Ez alatt helyezkedik el a *fellegvári terrasz*, mintegy 41—48 m magasán. Ebbe a terraszba tartozik többek között a budai vár teteje is. Mélyebb terrasz a *városi terrasz*, mely a visegrádi áttörés vidékén mintegy 14—16 m magasán terül el a Duna szintje fölött. S végül a *legalsó terrasz* átlag 5 m magasán a Duna szintje fölött.

A fellegvári terrasz az ópleisztocén Duna lerakódása. A városi terrasz újpleisztocén; a legalsó terrasz egészen fiatal, óholocén.

A Duna ezen szorosának áttörése már a *pannoniai emelet közepe* táján megkezdődött, amit azok a kavicsroncsok tanúsítanak, melyek a levantei terrasz fölött jóval magasabban több helyen ismeretesek. A levantei időben a szoros a mai Duna szintje fölött 80 méterig vágódott be s ez az aránylag már mélyen fekvő meder kapcsolta össze a Kisalföld és az Alföld mocsaras, tavas vidékét.

A fellegvári terrasz szintjéig a bevágódás aránylag gyorsan mehetett végbe, aminek oka az lehetett, hogy a magasabb területekről időnként erősen megnövekedett vízbőségű folyók bőven táplálták a főfolyót. Később azonban a holocén felé mindinkább fogyott a Duna vízbősége s ezzel együtt munkaképessége is. A pleisztocén végén a Duna már a városi terrasz kavicsait rakta le, majd újból bevágódást kezdett meg.

A Duna terraszainak maradványait a visegrádi áttörés környékén Vác felett Visegrád, Nagymaros, Zebegény, Szob, Pilismarót stb. területén részben már régóta ismerjük.

Szentendre nyugati részében a temető déli széle mellett a pleisztocén dunai kavics mintegy 135 m tengerszint feletti magasságban terül el csaknem vízszintesre lenyesett andezit-tufán.

Tehát magasabban levő pannóniai térszínen folyt a *Csallóköz felől a levantei Duna*, mely ezen a területen a *mindinkább magasabbra kiemelkedő antiklinálisba* belevájta magát.

Ismeretes ugyanis, hogy a *Duna szorosa Verőce, Visegrád, Kisoroszi, Nagymaros környékén antiklinálist alkot*, melyet azonban *vetődések is taglálnak*. A Duna jobbpartján például Visegrád környékén DDNy-i és DNy-i dőlés az átlagos. A balparton éppen ellenkező dölések állapíthatók meg, pl. Verőce alatt a Duna partján kibúvó kattiiai rétegek ÉÉNy—ÉNy felé dőlnek. Nagymaros, Kismaros környékén is ugyanilyen az átlagos dőlés. Biztosra vehető, hogy ez a terület ma is emelkedik.

A Duna szorosa az antiklinális tetején alakult ki. A bevágódás lényegileg úgy mehetett végbe, mint az epigenetikus szurdokok képződése olyan területeken, hol a felső laza törmelékes kőzetek alatt keményebb, ellenállóbb kőzetek fekszenek: a folyó a felül levő puhább, könnyebben erodálódó kőzetbe vájja be a medrét; majd kénytelen az alul levő keményebb kőzetbe is bevágódni, mert irányát megtartja, azért, mert a kipreparált meder magas partfala a felül levő lágyabb kőzetben alig enged meg oldali kitérést. Így az epigenetikus szurdok

a kemény kőzetben mindig kimélyül. A folyó bevágódása a kiemelkedő antiklinálisba is ilyen módon képzelhető el. Itt a kemény kőzet kipreparálását jórészt az antiklinális kiemelkedése segíti elő. A kiemelkedésnek, illetőleg a bevágódásnak következménye, hogy mélyebb képződmények is felszínre kerültek, pl. a Verőce, és a Buki-csárda közti szakaszon a katti, jellegzetes, *Pectunculus*-tartalmú rétegek.

A pleisztocén kezdetén a szoros környékének mai morfológiája nagyjában már kialakult. Erre vall a lösz helyzete: a lösz fedi azokat a laposabb területeket, melyek az akkori Duna medrét környékezik. A lösz alatt levő pleisztocén-terasz kavicsroncsai a Duna ottani mai szintje fölött mintegy 30—40 m magasan helyezkednek el.

A visegrádi szoros áttörése után a hegység alatt a levantei síkságon a Duna alsószakaszjellegűvé vált, a hordalékát hatalmas törmelékkúp alakjában rakta le, melyet állandóan épített és fejlesztett előbbre az Alföldet elfoglaló mocsaras levantei tó felé. Ez a hatalmas törmelékkúp Cegléd, Kecskemét tájékaig, sőt még mélyebbre is belenyúlt az alföldi mocsaras medencébe. Ezen a területen a Duna ágai helyzetüket és irányukat többször változtatták s ezért a kavicsnak és a homoknak egymással való sűrű váltakozása jellemző itt. Ennek a levantei törmelékkúpnak roncsai ma mintegy szigetek alakjában helyezkednek el a fiatalabb dunai törmeléklerakódások közt, pl. Pestszentlőrinc mellett. Sokan úgy vélik, hogy a folyó, illetőleg egyik ága a pestszentlőrinci területől DK felé Pilis irányában s azon túl a Gerje- (Ceglédi ér) mentén a mai Tisza völgye felé folyt.

A törmelékkúp mintegy 50—52 km hosszú, közepetáján 18—20 km, Ecsér és Budafok közt mintegy 20 km széles volt; a déli végén Vecsés és Soroksár irányában az Alföldbe olvadt bele.

A pestszentlőrinci levantei kavicstelep magassága: 140—144 m. A Rákoskeresztúr, P. Gyál és Alsónémedi melletti kavicsok volnának Halavács szerint levanteiek.

A pleisztocén elején a Duna ezen a törmelékkúpon alig vájta mélyebbre medrét, hanem inkább feltöltötte, hordalékának egy részét, kavics, homok, iszap alakjában visszahagyván. Ekkor Budapest környékén természetesen még nem voltak meg azok a völgyek, amelyek ma a pleisztocén Dunánál mélyebb helyzetűek. Pl. a Gellérthegy közvetlenül összefüggött a Várhegygel, mely lankás lejtőben folytatódott a Széchenyi-hegy felé, a Rózsadombot a Várhegytől nem választotta el völgy; az óbudai, a lágymányosi lapály hiányzott. Az ekkor folyt Duna hordalékát megtaláljuk a régi óbudai temető déli szélén, a Táborhegy keleti lejtőjén, a kiscelli párkánysíkon, a Várhegyen, Kőbányán, Pestszentlőrincen stb.

A pleisztocén második felében érte el a törmelékkúp legnagyobb kiterjedését, mikor felső csúcsa Nógrádverőce felett lehetett.

A pannóniai kor végéig a budai ősi melegforrások sorozata a mediterrántól kezdve a budaörsi—budai törések nyálábján helyezkedtek el.

A levantei korszakban azután az alföldi terület tavai tükrének erős leszállása, a budai hegységek keletről szegélyező s már eddig is preformált vetődések erősebb kialakulása s a hegységek keleti és délkeleti tövével levő terciér terület süllyedése ment végbe. A Duna is ezt a depressziós területet érte el s medrének kimélyítése itt, a budai hegyek keleti lábánál indult meg a visegrádi szoros áttörésével karöltve. Itt a budai hegyek keleti szélén a térszín tehát

erősen mélyült. Az ilyen módon már mélyebben levő Duna partján, tehát a termák új vonalán jelentkeztek a meleg források lényegesen alacsonyabb térszínen (180—250 m tszf.) az eredeti, mintegy 400 m tszf. magassághoz képest mert az erősen megcsökkent hidrosztatikai nyomás miatt nem emelkedhetett fel vizük az eredeti magasságra.

A pleisztocén első felében a mai Duna magasságában a mai Duna partján fakadó melegforrások az akkori hidrosztatikai viszonyoknak megfelelően az akkori Duna mentén ömlöttek a felszínre. Forrástavaikban édesvízi mészkő rakodott le, a Duna árterületének iszapos, homokos, kavicsos üledékére (Várhegy, Mátyáshegy keleti része, a kiscelli fennsík, Táborhegy keleti szegélye, Rózsadomb, Lipótmező, Ürömhegy, Péterhegy stb.).

A pleisztocén végefelé a Duna termák mai vonala mellett mélyítette medrét, saját hordalékát részben elhordta. Eközben a budai hegyek mai vidékétől kissé kelet felé elkanyarodott. A pleisztocén utolsó szakaszában területünk éghajlata kevésbé csapadékos lehetett és az erősebb szelek megkezdték az ártéri homok kifúvását s ekkor indult meg ÉNy—DK-i irányú buckavonulatok kialakulása.

A holocén elején a folyó visszatért nyugat felé a hegység tövéhez a Várhegy tetejénél mintegy 40 méterrel mélyebb szintben. A Duna tükrének ezen mélyebb helyzete idézte elő azon völgyek mélyebb bevágódását, melyek ma a Várhegyet, Rózsadombot, Naphegyet, Gellérthegyet, Sashegyet, Szabadsághegyet stb. elválasztják egymástól. A Duna tükrének alászállása maga után vonta, hogy a megcsökkent hidrosztatikai nyomásnak megfelelően a melegforrások helyei is mélyebbre kerültek a mai termák vonalára.

A jelenkor újabb időszakában a Duna a budai oldal északi és déli részén a hegység tövétől elkanyarodott K felé és lényegében mai medrére foglalta el. Egyik ága a Nagykörút tájékán húzódott. Az Óbudán és a Lágymányoson levő lapos terület a folyónak az óholocén üledékeivel borított terrasza.

OTTO DUB egy. m. tanár (Állami Vízgazdálkodási Kutató Intézet Pozsony)

A vízgyűjtőterületen eső formájában lehullott víz (csapadék) lefolyik, miközben egy része az úton elpárolog közvetlenül, vagy a növényi takaróból, egy része pedig beszívódik a földbe és folytatja útját a lejtőn lefelé, amíg a felszínre nem kerül forrás formájában, vagy természetes medrekbe nem torkollik. Ezt a bonyolult folyamatot közvetlenül észlelni természetesen nagyon nehéz, de végösszegben, egy hosszabb időszakon át, úgy nyilvánul meg, mint a lehullott csapadék és a lefolyásra kerülő vízmennyiség közötti egyszerű összefüggés, amelyet egyensúlyi egyenlettel fejezhetünk ki. Mindkét értéket aránylag könnyen és megfelelő pontossággal tudjuk mérni. Ha a vízgyűjtő terület elemi részét vizsgáljuk, feltételezhetjük, hogy a leírt folyamat teljes egészében meglehetősen kis területen zajlik le, úgy hogy a terület-egységekről lefolyásra kerülő vízhozamok hosszabb időszak átlagát tekintve, közelítőleg egyformák. Az ilyen kis terület-egységről (km², vagy hektár) származó vízhozamot *fajlagos lefolyás*nak nevezzük és ezt könnyen meghatározhatjuk.

Ha ilyen egyszerűsítő feltételekből indulunk ki, minden fajlagos lefolyás jellemzett vízmennyiségnek meg kell tennie az utat a térszínen vagy a talajban a befogadóhoz (a befogadón érték most bármilyen összegyűlt víztömeget) és ezt követően a vízfolyás torkolatához a legmélyebb területekre. Ennek meg-

felelően a víz munkát végez, amelynek értéke egyenes arányban van a fajlagos lefolyás nagyságával és a keletkezési helynek a legmélyebb területrészek (torkolat) feletti magasság különbségével. A víznek ez a munkája a mozgását akadályozó sűrűlódási erők leküzdésére fordítódik és abban nyilvánul meg, hogy az összegyülekező vizek a kisebb talajrészecskéket magukkal ragadják, a nagyobbakat felaprózzák és a folyó medrébe szállítják, ahol ezek mint lebegtetett vagy fenéken görgetett hordalék folytatják útjukat. A vízmozgás ilyen hatásának eredményeképpen, amelyet erózióknak nevezünk, a térszín domborzati egyenetlenségeinek lesímítása, lekoptatása és a völgyek kialakulása történik meg. Meg kell említeni, hogy ezeknek a jelenségeknek az intenzitása a fentebb említett körülmények mellett, még számos más morfológiai, geológiai, növényzeti stb. adottságtól is függ, de alapvetően mégis a víz munkájának a függvénye. Ennek megfelelően a végzett munka nagyságát a fenti hatással mérhetjük.

A víznek ez ellen a túlnyomóan káros hatása ellen különböző műszaki és mezőgazdasági megoldásokkal védekezünk, másrésről igyekszünk a víznek ezt a munkavégző képességét hasznosítani, hogy ennek a haszon nélkül elpazarló energiának egy részét megnyerjük. Ilyen esetekben természetesen tudnunk kell azt is, milyen energiaforrások állnak rendelkezésünkre és ezek hogyan helyezkednek el.

Ezideig a főbb vízfolyások elméleti vízerőkészletének meghatározására szorítkoztunk és az ennek megfelelő vízerőkatasztert készítettük el. A vízgyűjtő területen lejátszódó energiaátalakulási folyamatokról közelebbi ismereteink teljesen hiányoztak. Úgy gondolom tehát, hogy ennek a kérdésnek vizsgálata hasznos lesz annál is inkább, mert már a korábbi munkák adatait is felhasználhatjuk. (Szerző : Szlovákia felszíni vizei, mint vízellátási források, Paliva a voda, 1949.)

A hipszometrikus vonalakat és a fajlagos lefolyás izometrikus vonalait tartalmazó térképek segítségével megfelelő képletek megadják bármely fajlagos lefolyáshoz tartozó energiamennyiséget. Ezekben a képletekben a vízhozam helyett a fajlagos lefolyás ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$) az esés helyett a vizsgált hely és a torkolat legmélyebb pontja vagy az országhatár közötti magasságkülönbség fog szerepelni. Az így kapott adatokból összeállíthatjuk az »energia modulusok« izometrikus vonalainak térképét is, ami feladatunk megoldását jelenti. Valamely terület vízerőkészletének átlagértékét ezekután éppúgy meghatározhatjuk, mint az átlagos domborzati magasságot a rétegvonalak alapján. Meghatározhatjuk valamely vízgyűjtőterület teljes elméleti vízerőkészletét is. Eközben úgy járunk el, hogy a mellékfolyók vízgyűjtő területének vízerőkészletéből levonjuk a vizsgált mellékfolyó átlagos energiakészletét a mellékfolyó torkolata és a befogadó torkolata közötti szakaszra vonatkoztatva. Hasonlóképpen a vízgyűjtő területe és a mellékfolyókban mozgó vizek energiakészletét úgy kapjuk, hogy az elméleti energiakészlet összegéből levonjuk a főmeder energiakészletét.

Úgy gondoljuk, hogy ennek a munkának az eredménye nemcsak az elméleti vízerőkészletről ad érdekes képet, hanem gyors áttekintést ad a vízerőkészlet eloszlásáról és a legkedvezőbb vízerőhasznosítási lehetőségekről. Saját tapasztalatainkból mondhatjuk, hogy Szlovákiában hasonló tervezetknél hasznosan vesszük ezeket figyelembe. Feltételezhetjük, hogy összefüggést sikerül majd kimutatni a vízgyűjtő területen mozgó vízenenergiakészlet és a mederben mozgó hordalék mennyisége között, amelyek segítségével a víz hordalékosságának gyors meghatározása válik lehetővé, amelynek az ipari vízhasznosításban nagy jelentősége van.

FRANTISEK GROSSMANN okl. mérnök (Csehszlovák Építésügyi Min. Prága)

A Duna olyan nagy energiaforrás, amelyet mindkét népi demokráciának ki kell használnia. A probléma teljes megoldása közös munka eredménye lesz. A legjobb gazdasági és műszaki feltételek tekintetbevételével, ezek alapján fogunk tervezni. Leglényegesebbnek a Pozsony—Gönyű közötti szakaszt kell számítani. Jó kihasználással, reméljük, 40%-kal még többet fogunk elérni, mint amit Mosonyi előadásában jelzett. Igen fontos hajózási és gazdasági érdekeket is szem előtt kell tartani. A kérdés egységes eldöntése gazdasági komplexumot kell, hogy képezzen. Három nagyon fontos probléma van:

1. hordalék (erről már beszéltünk),
2. a műtárgyak jó megtervezése,
3. a talaj áteresztőképessége, amely itt sokkal nehezebb probléma lesz, mint a Tiszánál.

A végeredményt a három fentemlített körülmény fogja meghatározni. A lépcsős megoldás a folyó medrében nehéz, talán megvalósíthatatlan. Reméljük, hogy ennek a nehéz problémának megoldásában segítségünkre lesznek tapasztalatokkal rendelkező szovjet barátaink. Nálunk kisesésű folyókban nem épülnek vízerőművek. Vannak nagyobb esésű folyóban elhelyezett vízerőműveink, itt nem tározómedencés, hanem vízlépcsős megoldást gondolunk. Ezeken a nagy esésű folyókon tudtuk tanulmányozni, hogy milyen nagy fontosságúak a vízerőműlétesítések. Nemcsak a hordalékok káros hatásáról beszélünk, hanem hogy a csatornába való bemenetelük, turbinába való jutásuk után milyen hatást fejtenek ki. Čabelka hosszú gyakorlati tapasztalatok és kísérletek után a következő megállapításra jutott: a műtárgy egy egészen kis kanyarulatban van elhelyezve. A turbinákra eső víz majdnem egészen egyenesirányú áramlású. A befolyási és kifolyási tengely tompa szöget képez. Ezzel a megoldással részben csökkentjük a hordalék bejutását és a gyakorlatban a veszteséget kiküszöböljük. A gépegységek majdnem mind egyforma munkával dolgoznak. Pilléres megoldásnál az fog megtörténni, ami a klasszikus megoldásnál, hogy a gépegységek nagyon takarva volnának és működésük csökkenne. A hajózsilipet és a kamrákat a másik, konvex oldalra helyezzük. Mégegyszer hangsúlyozzuk, hogy törpe vízerőművekről van szó, amelyek kis folyókon, gyors és nagy esés mellett épülnek.

BARTOS ISTVÁN okl. mérnök

A dunai vízerőművek létesítésével kapcsolatban rendkívüli mély- és vízépítési kapacitási mozgósításra van szükség. Erre vonatkozólag csak néhány tájékoztató számadatot kívánok bemutatni. A Vízerőmű Tervező Iroda legújabban készült tájékoztató vázlatterveinek figyelembevételével az 1952—59-es időszakban, tehát a 10 éves energiagazdasági terv keretében a tiszabői és szegedi vízlépcsők, továbbá az I. nagy dunai vízerőmű és a hidraulikus energiatároló felépítéséhez nagyjából a következő fontosabb munkamennyiségeket kell elvégezni:

- kb. 800 000 m³ beton- és vasbeton-munka
- kb. 100 000 m² vasszádfal leverése ideiglenes zárógátak és végleges őrfalak céljából. A vasszádfal mennyisége esetleg nagyrésztben keszonmunkával lesz helyettesítendő.

- kb. 1,2 millió m³ földmunka,
- kb. 1 millió m³ sziklamunka stb.

A fenti mennyiségek a hazai víziműtárgyak építésében igen progresszív emelkedést mutatnak. Gondoljunk csak arra, hogy a harmincas években épült békésszentandrás duzzasztómű, amely a régi kapitalista Magyarországnak legnagyobb, e típusban első víziműtárgya volt, összesen csak 6000 m³ beton, illetőleg vasbeton beépítését tette szükségessé. Ennek a betonmennyiségnek 150-szeresét kívánjuk a 10 éves terv hátralevő 8 évében beépíteni. De nem kapnánk helyes képet a kérdésről, ha csak a munkamennyiségeket néznők. *A végrehajtandó munkák minőség tekintetében is messze jelül kell, hogy müljék az eddig végzett munkáinkat és szembeszökő az a különbség, amit az építés végrehajtása műszaki problémáiban jelent egy dunai vízerőmű létesítése, egy kőrösi, de még egy tiszai vízlépcsővel szemben is.* A Duna a kontinens második legnagyobb folyója, amelynek közel 10 000 m³/sec árvízmennyiségét minden kár és minden kockázat nélkül kell levezetni az építés évei alatt. Ugyanakkor el kell hárítanunk azokat a veszélyeket is, amelyeket akár kis víz, akár nagy víz idején a jégzajlásból, tartós nagy hidegből eredő esetleges jégtorlaszok okozhatnak. Ezekre a jelenségekre Lászlóffy Woldemár is már rámutatott ma délelőtti előadásában, de itt nyomatékosan fel kell hívni a figyelmet még egyszer arra, hogy *a mélyépítési munkáknak zavartalan és jó hatásfokú végrehajtása a Duna hidrológiai adottságai mellett egy rendkívül nagy körütekintést igénylő munka, amihez fogható Magyarországon még eddig nem volt.*

2. A hozzászólásban vázolt első gondolatmenetből önként értetőleg fakad az a második elgondolás, illetőleg párhuzamvonás, amire a következőkben akarok rámutatni. Fel kell hívni illetékes és tudományos köreink figyelmét, hogy igen nagy, különbség van a tiszai vízlépcsők tudományos műszaki előkészítése és a dunai vízerőhasznosítás hasonló jellegű előkészítése között. Közismert tény, hogy a Tisza-csatornázás gondolata és kidolgozása csak az ország felszabadulása után a megváltozott viszonyoknak és szocialista gazdálkodás követelményeinek megfelelően merült fel. A régi Magyarország csak szinguláris vízlépcsők létesítésével foglalkozott, de ennek ellenére tagadhatatlan, hogy szakembereink és tudósaink hosszú évek, sőt több mint egy évtized óta behatóan foglalkoznak a Tisza teljes vízrendszerének hidrológiai kutatásával. Ezen a téren jelentékeny tudományos eredményeket hoztak ki és publikáltak. Ezek a vizsgálatok ugyan, amint már említettem, csak a tiszalöki vízlépcső, mint önálló mű előkészítését célozták, de ennek ellenére az összegyűjtött és tudományosan feldolgozott anyag részben közvetlenül, részben a megváltozott körülményeknek megfelelő átcsoportosítás útján, illetőleg bizonyos kiegészítésekkel, használható a Tisza-csatornázás előkészítése szempontjából is. Amikor az ország felszabadulása után a Tisza-csatornázás és ezzel együtt az egész Tisza-völgy természetes átalakításának a terve felmerült, ugyancsak hozzáfogtunk a kérdések további tanulmányozásához, a szükséges mérések bővítéséhez, fejlesztéséhez. Az ország felszabadulása óta is kb. 1947 óta, tehát immáron négy éve foglalkozunk behatóan a Tisza-csatornázás és az egész Tisza-völgy hidrológiai problémáival.

Ezzel szemben viszont a dunai kérdés távolról sincs ennyire előkészítve. *A Duna vízerőhasznosítása olyan módon, mint ahogyan azt most tervezzük, az ország felszabadulása előtt szóba sem került.* Felmerültek ugyan elgondolások a Duna-ágak kihasználása érdekében, de ezek eltörpülnek ahhoz a tervezetthez képest, hogy a Dunát több helyen folyami vízlépcsőkkel zárjuk el. Nyilvánvaló, hogy ez a kérdés még nagyobb előkészítést igényelne, mint a tiszai s ezzel szemben tulajdonképpen komolyabban csak egy év óta foglalkozunk vele, de még ez év

alatt sem olyan intenzitással, mint ahogy azt a Tisza-csatornázással kapcsolatban végeztük. A hidrológiai előkészítés ki nem elégítő volta igen nagy veszélyeket, kockázatot rejt magában. Ugyanakkor azonban fokozódó energiaszükségletünk kielégítése miatt nem engedhetjük meg azt, hogy többéves, vagy évtizedes előmunkálatokkal, vizsgálatokkal toljuk el a dunai vízerőművek megvalósítását. A két ellentétes szempont csak oly módon hidalható át megnyugtató módon, ha a rövidebb ideig tartó vizsgálatokat nagyobb intenzitással végezzük. Ez a nagyobb intenzitás a tudományos munkálatokra, a hidrológiai előkészítésre való nagyobb fajlagos beruházást tesz szükségessé s amellet megfelelő tudományosan képzett szakkáderek mozgósítását. A kérdéssel foglalkozó szerveket megfelelően képzett szakemberekkel alaposan ki kell egészíteni, bővíteni, hogy a dunai probléma megoldásában helytállhassanak.

3. A fenti gondolatmenetből fakad végül az a harmadik megjegyzésem, amit javaslatnak is szánok, hogy a dunai vízerőmű létesítésével kapcsolatos modellkísérletek mielőbbi megvalósítását egyik legfontosabb feladatunknak kell kitűzni. Ilyen nagyteljesítményű és nagyjelentőségű vízi műtárgyak terheit és építésüknek előkészítését csak akkor lehet megnyugtatóan elvégezni, ha igen beható modellkísérleti vizsgálatoknak vetjük alá a felmerülő tervvázlatokat. Ugyanakkor a modellkísérlet eredményei csak akkor hasznosíthatók jól, ha a modellek viszonylag nagyméretűek. A Műegyetem két tanszékének laboratóriuma már köztudomásúan nem elegendő e nagy feladatok teljes végrehajtására s ezért merült fel az állami nagy hidrotechnikai laboratórium létesítésének szükségessége. Amellett, hogy a műegyetemi laboratóriumok igen sok részfeladatot kapnának, a dunai vízerőhasznosítással kapcsolatban szükség van olyan nagy átfogó kísérletek elvégzésére, amelyek csak a most tervezett nagy laboratóriumban hajthatók végre. Nehogy tehát abba a hibába essünk, hogy a laboratórium elkészve készüljön el, illetőleg lépjen üzembe a dunai vízerőművek tervezéséhez képest, javaslom, hogy az Akadémia vizsgálja meg azt a kérdést, hogy miképpen lehetne a nagy hidrotechnikai laboratóriumot a lehető leggyorsabban — ha csak egyes részleteiben is — megvalósítani. A tiszai vízlépcsők a dunai vízerőmű és a hidraulikus energiatároló jóval 2 milliárdon felüli beruházás, egyéb vízi-műtárgyakról nem is szólok. Ezeknek helyes és korszerű megvalósításához az összesen 30 millió Ft körüli beruházást igénylő nagylaboratórium felépítése elenyészően csekély kiadás. A Szovjetunió hidrotechnikai építéseiből is példát meríthetünk, ahol a vízi műtárgyakkal kapcsolatban hatalmas laboratóriumok évenként keresztül komoly előkészítéssel vizsgálják a felmerülő tervváltozatokat, hogy a leggazdaságosabb és műszakilag leghelyesebb megoldásokat kikeressék.

HELLER LÁSZLÓ műegy. m. tanár

Mosonyi előadásához mint kalorikus mérnök szólok hozzá, ami nem jelenti azt, hogy saját szakmámnak szempontjait kívánnám érvényesíteni, csupán annyit, hogy a kérdést kalorikus szemszögből kívánom megvilágítani.

Mint energiagazdász, szeretettel kezelem ezt a problémát. Megítélésem szerint, ha a hidraulikus erőmű azonos áramköltséget eredményez, mint a kalorikus, úgy a hidraulikust kell előnyben részesíteni. A vízerőmű ugyanis, eltekintve attól, hogy ha már egyszer megépült, üzemvitele sokkal kedvezőbb munkafeltételeket jelent, a szén megtakarításával lehetővé teszi, hogy szénkincsünkkel hosszabb ideig gazdálkodhassunk.

Az összehasonlításnak azonban teljesen azonos alapon kell történnie és így nem engedhető meg, hogy amíg hőerőműveink kihasználási óraszámánál a

fogyasztói oldalról meghatározott értékkel számolunk, addig vízerőművek kiépítésénél a kihasználási óraszámot nem a fogyasztói oldalról, hanem a rendelkezésre álló vízmennyiség oldaláról határozzuk meg.

Az összehasonlító számításoknál *döntő tényezőként szerepel a kalorikus erőművek szénköltsége*. Ahhoz, hogy helyes eredményhez jussunk, természetesen elengedhetetlen, hogy a szénnek nem valamely egyéb gazdasági megfontolások alapján kialakított árát, hanem a valóságos önköltségét vegyük figyelembe. Ez igen nehéz probléma, de ahhoz, hogy pontosan számolhassunk, feltétlenül szükséges, hogy ezt az önköltségszámítást egyszer a legnagyobb alapos-sággal elvégezzük.

Ami a tározó erőmű kérdését illeti, szükségesnek tartom, hogy az »alap-erőmű vagy tározó erőmű« kérdését általánosságban rendezzük. A fogyasztói oldalról támasztott többletigény kielégítésére megvan ugyanis a lehetőség úgy alaperőművek, mint tározó, ill. csúcserőművek építésével. Ha ennek a kérdésnek tisztázása azt az eredményt hozná, hogy helyes a csúcserőművek bizonyos mértékben való kiépítése, úgy természetesen megint felmerül a kérdés, hogy a csúcserőmű kalorikus vagy hidraulikus erőmű legyen. A tározásra ugyanis nemcsak hidraulikusan, de kalorikusan is megvan a lehetőség, ha az éjszakai fölös kalorikus energiát kívánjuk felhasználni erre a célra.

Ha a számítások azonos gazdaságosságot eredményeznének mindkét rendszerre, úgy megítélésem szerint megint csak a hidraulikus erőmű részesítendő előnyben, mivel a például Visegrádon tervezett hidraulikus tározómű azzal az előnnyel járna, hogy nemcsak a kalorikus áramtermelés, hanem a később ugyancsak Visegrádnál megépítendő nagy hidraulikus erőmű éjszakai fölös energiáit is tározni tudná. Egyébként a javasolt hidraulikus tározómű *egyik legfőbb előnyét* abban látom, hogy a tározás lényegében *szénmegtakarítást* fog jelenteni. Számításaim szerint ugyanis egy például normál terhelésnél 3000 kcal/kWó szénköltséggel dolgozó erőmű az éjszakai rossz kihasználású időszakban mindössze 1700 kcal/kWó szénköltséggel termeli az áramot, míg ugyanez az erőmű a maximális terhelésnél 5—6000 szénkalóriát fogyaszt termelt kWóként. Ha tehát a kétszeres transzformáció veszteségei ezt a különbözetet nem emésztik fel, úgy a tározómű végeredményben szénmegtakarítást fog jelenteni.

Végül a tározómű teljesítőképességét az előzőknek megfelelően addig a mértékig kell nézetem szerint kiépíteni, ameddig még szénmegtakarítás érhető el ezáltal. Ha azonban a tározómű befektetési költségei alacsonyabbak lennének, mint egy új kalorikus alaperőmű befektetési költségei, akkor természetesen nincs szükség arra, hogy a hidraulikus tározómű szénmegtakarítással is járjon, hanem az áramköltséget jelentő összes tényezők együttes értéke kell, hogy alacsonyabb legyen annál, ami az új kalorikus alaperőműnél adódna. Ugyanez vonatkozik természetesen a kalorikus tározóművel való összehasonlítás esetére is.

SZÉCHY KÁROLY Kossuth-díjas mérnök

Az alapozási mérnök szempontjából tekintve az előadást, nyilvánvaló, hogy az alapozási lehetőségeket a geológiai adottságokra kell felépíteni.

A problémák 3 csoportra oszthatók:

1. *A betöltéselés kérdése*, tehát a tárolómedencét bezáró feltöltések helyes megépítése, ami nem egyszerű, különösen akkor nem, ha az Esztergom fölötti Duna-szakaszon létesítendő közös duzzasztómű kerül előtérbe. Itt egyrészt

olyan területről van szó, amelynek védelme a mezőgazdaságilag rendkívül értékes terület védelme szempontjából fontos, másrészt a védőtöltéseket olyan geológiai területen kell felépíteni, amelynek áteresztőképessége rendkívül nagy. Az ezen a területen lévő jelenlegi árvízvédelmi töltések alatti talaj áteresztőképessége is rendkívül nagy és ezek az árvízvédelmi töltések sem voltak elég biztonságosak. Duzzasztómű esetében fokozottan jelentkeznek a bajok, a töltések alatti szivárgások az ú. n. »fakadó vizek« következtében. A védőtöltések anyagát úgy kell megválasztani, hogy az átszivárgás ellen biztonságot adjanak. Az alattuk levő talaj tömítésénél mesterséges talajszilárdítási eljárásokra is lehet gondolni. Alapozás szempontjából a töltések megépítése ugyan a legegyszerűbbnek látszik, de előtanulmányokat kíván és azokhoz máris hozzá kell fogni.

2. *Az építés végrehajtása.* A Duna medrében ezzel kapcsolatban komoly feladatok vannak. A munkagödör-biztosítás körülzárással, körülöltésezéssel is elképzelhető, de ez a Duna visegrádi szorulatában nem igen célszerű, tehát modernebb rendszerhez kellene fordulni. Elsősorban a sejtfalas zárógátakkal való körülzárás merülhet fel. Nálunk ilyen körülzárást még nem építettek. Egyenes szelvényű szádfalakból önmagában véve merev, megfelelő átmérőjű vízzárógátfalat beépíteni a folyó medrébe több munkagödör-szakaszban szintén nem könnyű feladat ugyan, de már sokszorosan sikerrel megoldott lehetőség. Mivel a víz elvezetésére készített mesterséges alagútról a mi esetünkben beszélni reálisan nem lehet, tehát több munkagödör kell: 3—4. Ezek körülhatárolását tehát sejtfalas zárógáttal lehetne megoldani. Előnyük, hogy önmagában véve merevek, belső támasztás nem kell. Problémát a talajba való befogásuk vet fel. Itt rendkívül veszélyes a hidraulikus talajtörés, aminek következtében az egész zárógát beomolhat. A hidraulikus törés veszélye a talaj áteresztőképességével együtt nő. Az Esztergom fölötti szakaszon alluviális rétegek nagy vastagságával állunk szemben, ahol nem elég a munkagödört oldalról körülzárni, hanem az alsó mesterséges zárást is meg kell oldani. Vízalatti betonnal vagy talajvízszintsüllyesztéssel szoktuk ezt végrehajtani, ilyen nagy munkálatoknál esetleg a modern talajszilárdítás eszközeivel kell a zárást megvalósítani. Ezt is ki kellene kísérletezni. A veszélyt fokozza, ha a zárógátak mélysége a kimosás következtében csökken. Külső kimosás elleni védekezésről is gondoskodni kell, ami szintén komoly probléma. (Főként a csallóközi szakaszon.) Visegrádnál a szilárd kőzet valószínűleg igen vékony alluviális rétegekkel van takarva, itt éppen a kőzet szilárdsága folytán ütközik nehézségbe a védő körülzárás beépítése. Egymás mellé süllyesztő-szekerényeknek nagyméretűeknek kellene lenniök. A lesüllyesztés nehéz feladat, csak robbantással lehetne előrehaladni. Itt a tömítés és kapcsolat kérdése komoly munkát igényel. Felmerülhet bűvárharanggal történő alapozás kérdése is, amikor fokozatos felhúzás mellett fokozatosan lehet felépíteni légnyomásos munkatérben a gáttestet. Ez a kapcsolati problémákat is egyszerűbbé teszi.

3. *A mű biztonsága.* Az alap végleges elhelyezése és bekötése a talajrétegbe, amely a művet hordja. Itt a szilárd talajnak előnyei vannak. A mű alapjait szilárdságilag és építőanyag szempontjából fixen megfoghatóvá téve szilárd kőzetbe tenné beépíthetővé, tehát a statika szabályai szerint lehetne egészen határozott biztonsággal az építményt megtervezni. Ennek kedvezőlen lehetőségei is lehetnek. Ezek a hegységek még nem régen mozgásban voltak. Vetődésekkel kell számolni, esetleg alluviális lerakódások vannak beékelődve,

Hozzászólásomban csupán az alapo­zó mérnök felbukkanó gondolatait és az ezzel kapcsolatban szükséges előkészítő munkákat vetettem fel. Bármelyik megoldás kerül szóba, a kísérletek hosszú sorát kell elvégezni és mindenkinek össze kell fog­ni ahhoz, hogy ezt a nagyszabású művet megvalósítsuk. Biztos vagyok benne, hogy mindannyian szívesen leszünk vízépítő kartársaink segítségére.

PATTANTYÚS Á. GÉZA műegy. ny. r. tanár

Műgyetemi tanári minőségemben a műszaki felsőoktatás és a tudományos kísérleti kutatás vonalán kívánom az előadást egy-egy gondolattal kiegészíteni.

1. *A vízgépész feladatköre.* Az előadásból és a hozzászólásokból világosan kidomborodott a megoldásra váró feladatok sokrétűsége. A dunai vízerő­kés­zlet tervszerű kiaknázására legalkalmasabb — és a természeti adottságokhoz is a legjobban igazodó megoldások keresésében a gépészmérnök szerepe nem szorítkozhatik csupán a vízerőmű gépeinek szerkesztésére és üzembeállítására, hanem már az első keretterv készítésétől kezdődően mindvégig »vízgépész« minőségben állandó munkatársként szoros együttműködésben kell dolgoznia a vízépítő és mélyépítő mérnökkel, a villamos mérnökkel és az energiagazdálkodóval.

Alapos szerkezet­ta­ni, üzemtani és áramlástan­i tárgyismereten felül tehát ismernie kell a vízerőhasznosítás földrajzi, topográfiai, hidrológiai és geológiai vonatkozásait és átfogó nagyvonalúsággal meg kell látnia az országos vízgazdálkodás és energiagazdálkodás magyar problémáinak távlatait is.

A múltban a magyar vízerőhasznosítás kérdése — itt nem részletezett okok­nál fogva — energiagazdálkodásunknak mostohagyermeké volt. Műgyetemünk tanulmányi rendje sem vetett súlyt a gépészmérnöki oktatásnak ezen a területen való kifejlesztésére, hanem — géplaboratóriumi felszerelésünk hiányos­sága miatt amúgysem kielégítő gyakorlati oktatásunk színvonalát tantervmódosítás­sal is még jobban lerontotta.

Súlyos és ma már jóvátehetetlen hiba volt Bánki Dónát professzornak egy emberöltővel ezelőtt történt elhalálozásával megüresedett tanszékének csaknem egy évtizeden át betöltetlenül hagyása és ugyanakkor a »Hidrogépek« című tárgynak a szigorlati tárgyak sorából való törlése, azzal az indokolással, hogy »nagyobb magyar vízerőműveink nincsenek és ennél fogva a vízerőgépek előadásának jelentősége is összezsugorodott«. A visszaesés annál feltűnőbb volt, mert a környező államokban viszont Prandtl határrétegtelmélete és Kaplan tanár turbinája intenzív elméleti és kísérleti kutatómunkával is alátámasztott lendületes fejlődést hozott a vízgépek szerkezet­ta­nában is.

Számolnunk kell tehát azzal a nehezen pótolható komoly hiánnyal, amely a fentebb körvonalázott vízgépészeti feladatok sikeres elvégzésére hivatott széles látókörű és begyakorlott gépészmérnökökben mutatkozik. Céltudatosan végrehajtott oktatási munkaterv és laboratóriumfejlesztési terv is csak évek múltán hozhat eredményt — addig tehát a káderhiány kérdése nem vehető le a napirendről.

Műszaki egyetemünknek két évvel ezelőtt életbeléptetett szakosított új tanulmányi rendje végre intézményesen oldja meg ezt a kérdést, azzal, hogy a vízgépészeti csoportba sorozott gépészmérnökök számára az ipari és a vízgazdálkodási szakemberek bevonásával oly tantervet készített, amely összhangban áll az ötéves tervek során megoldásra váró nagyszabású vízgépészeti feladatokkal.

Fel kell hívnom azonban a figyelmet arra is, hogy évekre van szükség, amíg a vízgépészeti feladatok elvégzésére alkalmas fiatal gépészmérnökök száma kielégítheti a felfokozott szükségletet. Ebből a szempontból nagyon kevésnek tartom a mindössze mintegy 15 főből álló csoportlétszámot, mert ezzel a multból származó elmaradottságunk helyre nem hozható.

A gyakorlati és laboratóriumi oktatás terén is erős javulás észlelhető, amióta a géplaboratóriumi gép- és műszerállomány korszerű kiegészítése — legnagyobb részt a Magyar Tudományos Akadémia céltámogatásával megindult.

2. *Tudományos kísérleti kutatás és kismintakísérlet.* A kis esésű folyami vízerőművek tervezésének és építésének problémája nálunk eléggé újkeletű, annak ellenére, hogy a szárnylapátos vízgépek, különösen pedig a Kaplan-turbina elterjedése óta a külföldi gépgyárak és vízgép-kísérleti állomások régen túljutottak a kísérletezés állapotán és teljesen kiforrott szerkesztési elvek alapján sorra építik a kis esésű és nagy teljesítményű vízerőműveket. Elmaradottságunk tehát e téren szembeszökő. Nagy hibának tartanám azonban elmaradottságunkra hivatkozva külfölddel szemben a szellemi verseny feladását, abban az értelemben, hogy vízerőműveink tervezésekor egyszerűen lemásoljuk a külföldön »jól bevált« szerkezeti megoldásokat és mereven ragaszkodunk a külföldről szerzett rajzokhoz és előírásokhoz.

Meggyőződésem szerint abból kell kiindulnunk, hogy még a teljesen kiforrottnak minősített szerkezet is tökéletesíthető, nem is szólva arról, hogy a helyi adottságokhoz a legjobban igazodó megoldás is — külföldi tervek merev utánzása helyett — mindig csak hazai mérnök céltudatos alkotómunkájával hozható létre. Bízunk mérnökeink alkotóerejében, amely a technika számos területén a multban is élenjáró eredményeket ért el és *tegyük lehetővé fiatal vízgépészeinknek is az újszerű feladatok sikeres megoldásához szükséges gyakorlat megszerzését.*

Ezen a területen máris eredményesnek bizonyult a Ganz-gyár turbinaosztályával egyetértésben a vízgép-laboratóriumban elvégzett *kismintakísérlet-sorozat*, amely a vízerőmű Kaplan-féle szívócsatornájának és csigaházának legelőnyösebb alakját volt hivatott a mérési eredmények alapján megmutatni.

A mérési eredmények azt mutatták, hogy a szívócsatorna szelvényalakjának megváltoztatásával a hatásfok javulása mellett az elkészítés költségei is apaszthatók.

Fontos lépést jelent az idevágó kísérleti kutatómunka területén a Magyar Tudományos Akadémia céltámogatásával a vízgéplaboratóriumban felszerelt és még ebben az évben üzembehelyezhető *kavitációs berendezés is*, amely nemcsak egyes szárnyszelvények vizsgálatára készült, hanem cserélhető lapátozású kísérleti szivattyú és kísérleti turbina járókereken keletkező kavitációs jelenségek kivizsgálására is alkalmas.

THURÁNSZKI MIKLÓS okl. mérnök

A gazdaságosság kérdése a műszaki létesítmények méreteire is kihat. Így a dunai vízerőműnél a kihasználási fok megállapítása alapvetően gazdasági kérdés. A táblázat csak pár kiragadott adatot tartalmaz. Minél több gépegyesület állítunk be, annál inkább csökken a gépek időbeli kihasználási foka és így nő a termelési költség. Feltétlenül szükséges a méretezés alapelveit a gazdaságosság szempontjából is felülvizsgálni, meg kell állapítani, hogy különböző gépegységek mellett milyen költségekkel termeljük az energiát. A gazda-

ságossági követelmények adják meg, hogy meddig mehetünk el az energia-termelés költségeinek területén. Mivel a vízerőművek élettartama igen jelentős és a gazdaságossági követelmények a népgazdaság szerkezetének fejlődésével változnak, idővel gazdaságos lesz egyes újabb gépegyesek beállítása, amelyek ma nem gazdaságosak. Ebből a szempontból a III. változat a legalkalmasabb, mert itt további egységek is beépíthetők, ha továbbfejlesztés esetén a kihasználási fokot emelni akarjuk. Tehát a továbbfejleszhetőség szempontjaira a műszaki tervezésnél már most nagy súlyt kell helyezni.

MOSONYI EMIL válasza

Helyesnek tartom Eliava szakértőnek azt a megállapítását, hogy a kiépítési mértéket lehetőleg magas vízhozam értékben kell megállapítani. Az Energia Világkonferenciákon a vízerőkészletet az 50%-os tartósságú vízhozammal jellemzik. A vízerőhasznosítás korszerű irányzatának megfelelően a tervezésnél már nagyobb vízhozammal számoltunk, mégpedig 2500 m³/sec kiépítési vízhozam szolgáltatásnak, ami 37% tartósságnak felel meg. Nyilvánvaló, hogy a mű tervezésénél figyelembe kell venni az energiagazdasági fejlődés irányát és mértékét, mert a vízerőműnek akkor kell jól betöltenie energiagazdasági szerepét, amikor elkészül és üzembe lép. Márpedig ez az időpont a legjobb esetben is csak néhány év múlva következhetik be, amikor is a fejlődés mértékétől függően még nagyobb vízhozamot, ill. kisebb százalékos tartósságot kell majd előreláthatólag gazdaságos kiépítésnek tekinteni.

Az elhangzott értékes hozzászólásból kiviláglik, hogy a szóbanforgó nagy és Magyarországon még nem látott vízi építmény műszakilag helyes és gazdaságos megtervezése csak úgy lehetséges, ha kutatómunkát és tervezési munkát nem kímélve, számos változatot dolgozunk ki. A lehetséges változatok közül esetleg nem lesz az első vázlatok alkalmával a legkedvezőbb kiválasztható, amiért megokolt lehet két, esetleg három változatnak részletes további kidolgozása.

Véleményem megegyezik a cseh szakértőknek, Otto Dub professzornak és F. Grossmann kartárnak azzal az észrevételével, hogy a cseh-magyar közös Duna-szakasz kihasználása tekintetében a nagy Duna-mederben való csatornázás lehetősége szinte a legkedvezőtlenebbnek látszik az említett 4 változat közül.

Rá kell mutatnom még arra, hogy igen jól ismerjük Čabelka-nak a prágai Hidrológiai Kutató Intézet kutatójának különleges vízerőmű kialakítási rendszerét. A Čabelka-féle megoldás tudomásom szerint bemutatásra került a legutóbbi Energia Világkonferencián. Véleményem szerint azonban a Čabelka-féle rendszer a kevés egységből, de főképpen az egy vagy két egységből álló telepeknél kerülhet előnyösen alkalmazásra. Ennek a rendszernek a lényege az, hogy turbina, előcsatorna és szívócsatorna tengelye nem esik egy egyenesbe, hanem egymáshoz képest el vannak fordítva úgy, hogy az erőműre való rááramlás és a belőle való kiáramlás viszonyai a lehetőség szerint a legkedvezőbbek legyenek.

Fel kell hívnom a figyelmet arra, hogy a dunai vízerőművek előmunkálataihoz, a kapcsolatos tudományos kutatásokhoz és a tervezéshez lényegesen nagyobb műszaki létszámra van szükség, mint a tiszai művek megvalósításához, mert a dunai problémák szinte nagyságrendben múlják felül a tiszai feladatok mértékét.

6224
Ára: 20,— Ft

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda, Gerlőczy-utca 2. — 16643/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc