

## 2. HIDROLÓGIA, HIDROMETRIA

### 2.1. A VÍZ FÖLDI KÖRFORGÁSA, VÍZHÁZTARTÁS, VÍZKÉSZLET

*Hidroszférának* nevezzük a Föld vízburkát, beleértve a világtengereket, a tavakat, a vízfolyásokat, a felszín alatti vizeket és a légköri vízpárát. A **hidrológia** vizsgálja a vizek földi előfordulásait, az időbeni és térbeli eloszlásuk és körforgásuk törvényszerűségeit, valamint a fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait és a környezettel való kölcsönhatásait.

A **hidrometria**, vagy *vízméréstan* a nyugvó, valamint a mozgó vizet jellemző mennyiségek mérésével foglalkozik. A hidrometria feladatkörébe tartozik a vízállások mérése, a medrek geometriai jellemzőire vonatkozó mérések, a víz sebességének, hozamának, hordalékjellemzőinek és a talajvíz jellemzőinek (szintjének, mozgási sebességének stb.) mérése. Ezeknek a hidrometriai elemeknek a mérését, fel-  
dolgozását és tárolását együttesen vízrajzi tevékenységnek, vagy röviden **vízrajznak** nevezik.

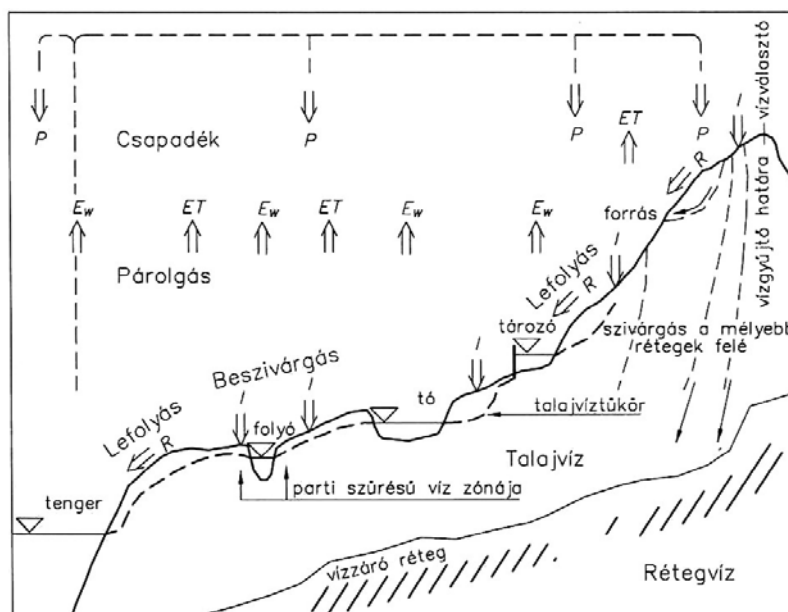
A **víz természetes körforgalma**, vagyis a víznek a napsugárzás és nehézségi erő hatására létrejövő, állandó állapot- és helyváltoztatása nem más, mint a légkörben (atmoszférában), az óceánokban és a szárazföldeken (beleértve a felszín alattiakat is) található, legkülönbözőbb megjelenési formájú vizek közötti kölcsönhatások rendszere.

A víz Földünkön a legnagyobb mennyiségben, összefüggő tömegben a világtengerekben van jelen. A legtöbb víz ugyancsak a világtengerekből a napsugárzás hatására – pára alakjában – emelkedik a légkörbe. Az elpárolgott víz egy része még a tengerek felett kicsapódik és közvetlenül visszajut a tengerekbe. A légkörbe jutott víz másik része – felhő alakjában – a légáramlásokkal a szárazföld fölé kerül, majd a legnagyobb része mint csapadék a szárazföldek területére hull.

A földre hullott csapadék sorsa még változatosabb: egyrészt a nehézségi erő hatására a lejtőkön lefolyik és folyórendszerek hálózatában összegyülekezve hosszabb, rövidebb idő alatt visszakerül a tengerekbe. A lejtőkön és a folyók medrében lefolyó víz révén jelentős anyagszállítás (hordalékszállítás) és anyagáthelyeződés (kimosás-feltöltődés) valósul meg. A földre hullott csapadék másik része elpárolog, részben közvetlenül a földfelszínről, részben pedig a víz felszínéről. Végül a harmadik rész a nehézségi erő hatására beszivárog.

A talajba szivárgott víz egyrészt a különböző mélységekben levő felszín alatti vizeket táplálja, másrészt források formájában vagy a folyók, tavak medreibe szivárogva visszakerül a felszínre, harmadrészt a földfelszínről történő párolgás, illetve a növények párologtatása révén a légtérbe jut. A lehullott csapadéknak általában csak nagyon kis része hatol le nagyobb mélységekig, 1000 – 2000 m-ig.

A 2-1. ábra a víz természetes körforgalmának csak a legegyszerűbb és legáltalánosabb útvonalait tünteti fel, a valóságos folyamat ennél lényegesen összetettebb.



2.1. ábra. A víz természetes körforgalma

Az ember megjelenése a Földön, tevékenysége, majd fokozódó beavatkozásai a víz-, az energia-, és az anyagháztartásba, egyre jobban befolyásolta és befolyásolja, ill. egyre nagyobb mértékben megváltoztatja a víz természetes körforgalmát.

A beavatkozás az emberi élet fejlődésének egyenes következménye. Pl. már kb. 4000 évvel ezelőtt az Arab-félszigeten Sába királynő megépíttette a világ első kő völgyzáró gátját, hogy vizet tározva, folyamatos öntözéssel, virágzó mezőgazdaság létesüljön a sivatagos területen. Mind a víz visszatartásával, mind az öntözéssel fellépő nagyobb párolgás, ha nem is nagymértékben, de mégis megváltoztatta a víz természetes körforgalmát. A mai korban pedig az ember sok területen szinte átrendezi a természetes állapotot a vízellátás, a hajózás, a vízi energia vagy éppen az árvízvédelem érdekében.

Az emberi tevékenység a víz természetes körforgalmában elsősorban a víz szennyezése révén érezeti hatását. Egyes iparilag fejlett területeken a vízszennyezés már a gazdasági fejlődés gátjává is vált. Rendkívül fontos feladat tehát a szennyezett vizek tisztítása, újra felhasználhatóvá tétele.

Egy adott terület vízháztartásának mennyiségi leírását, a tömeg-megmaradást kifejező **vízháztartási (hidrológiai) mérleg** adja meg. Az ún. „bevételi-kiadási” szemléletű vízháztartási mérleg azt mutatja meg, hogy a vizsgált területre érkező és onnan távozó vizek a vizsgált időegység alatt hogyan tartanak egyensúlyt. A területre érkező vizek („bevételi” oldal): a csapadék és a felszíni vízfolyások hozzáfolyása; a területről távozó vizek („kiadási” oldal) pedig: a területi párolgás, a felszíni lefolyás, valamint a talajvízbe és a mélységi vizekbe való beszivárgás. A vízháztartási mérlegben  $\pm$  előjellel figyelembe kell venni a természetes vízkészlet-változást (a mélyedésekben, tavakban stb. tározódó, vagy azok apadásával éppen fogyó vízmennyiségeket is). A vízháztartási mérleg egyes elemeit azonos mértékegységben, pl. milliméterben (mm) kell kifejezni. Ez azt fejezi ki, hogy a vizsgált elem egyenletes területi eloszlásban milyen magasan borítaná el a vizsgált térszínt a vizsgált időtartam alatt.

A vízháztartási mérleg tehát:

$$\text{csapadék} + \text{hozzáfolyás} = \text{területi párolgás} + \text{felszíni lefolyás} + \text{beszivárgás} \pm \text{vízkészletváltozás}$$

A vízháztartási mérleg megoldása nem egyszerű és nem könnyű feladat. A mérleg bármelyik elemének meghatározása egy rendkívül összetett és bonyolult folyamat eredménye. A vízháztartási mérleg felállítása általában vízgyűjtő területre terjed ki, leggyakrabban alkalmazott időegysége az év. A hidrológia fontos feladata, hogy a hidrológiai körforgalom ismeretében egy adott terület térben és időben, mennyiségben és minőségben változó vízkészletét a vízháztartási mérleg alkalmazásával meghatározza.

Magyarország (kerekén 93 ezer km<sup>2</sup>-es) területére a sokévi (1971-2000) átlagos vízháztartási mérleg a következő számértékekkel jellemezhető:

$$\text{csapadék: } 600 \text{ mm} = \text{területi párolgás: } 520 \text{ mm} + \text{felszíni lefolyás: } 80 \text{ mm}$$

A **vízkészlet-gazdálkodás** egy adott területre: az ország, egy vízgyűjtő terület, egy megye stb. vízkészletének és az abból kielégítendő vízigényeknek az összehangolása. A **felszíni vízkészlet** a folyóvizek esetében az időben folytonosan változó természetes vízhozam (m<sup>3</sup>/s), illetve az időegység (pl. év) alatt felhasználható víztömeg (m<sup>3</sup>/év). A rendelkezésre álló felszíni vízkészletnek csak egy részét lehet hasznosítani, mert a készletek egy része szükséges a vízi élet fenntartásához, a szomszédos területek, vagy külföldi igények kielégítésére. A **felszín alatti vízkészlet** a Föld felszíne alatt található és onnan tartósan – káros következmények, káros talajvízszint-süllyedés, vagy meg nem engedhető rétegyomás-csökkenés nélkül – kitermelhető vízmennyiség (m<sup>3</sup>/év).

Magyarország felszíni és felszín alatti vízkészletének adatait a 2–1. táblázat foglalja össze.

2–1. táblázat. Magyarország felszíni és felszín alatti vízkészlete

Magyarország vízkészlete	Felszíni vízkészlet		Felszín alatti vízkészlet
	m <sup>3</sup> /s	millió m <sup>3</sup> /év	millió m <sup>3</sup> /év
Hasznosítható vízkészlet	1181,8	13836	5517
Felhasznált vízkészlet	197,0	2880	1961
Szabad vízkészlet	984,8	10956	3556
Készlet kihasználtság %-ban	17	21	36

**Hasznosítható vízkészletnek** nevezik azokat a vizeket, amelyeknek felhasználása nem jár káros következményekkel. A vízkészlet-gazdálkodás számára nem elegendő a hasznosítható vízkészlet országos mennyiségének ismerete. Szükséges a vízkészlet területi eloszlásának, valamint külön-külön a felszíni és felszín alatti vízkészletek nagyságának ismerete is. Országos viszonylatban a

felszíni vízkészlet kihasználtsága 21%-os, a felszín alatti készleteké pedig 36%-os (2–1. táblázat). A szabad vízkészlet viszonylag magas aránya az ország jelentős természeti kincsét alkotja, amelynek jelentősége az éghajlatváltozás, a szárazodás körülményei között felértékelődik.

A vízkészlet-gazdálkodás fontos feladata a vízkészletek ésszerű és takarékos felhasználását szolgáló intézkedések kidolgozása és érvényesítése, mint például:

- az ivóvíz minőségű vizek indokolatlan felhasználása;
- ipari vízhasználók esetében víztakarékos berendezések és technológiák alkalmazásának ösztönzése;
- a felhasznált víz újrahasznosítása, többszöri visszaforgatása pl. az uszodákban, egyes ipari technológiákban stb.;
- a használt vizek olyan mértékű megtisztítása, hogy az élővizekbe visszavezethető legyen.

A *vízkészleteknek* és *vízhasználatoknak* a viszonyát a vízkészlet-gazdálkodási területegységre készített **vízmérleg** fejezi ki, amely *vízfelesleget*, *egyensúlyi állapotot* vagy *vízhiányt* mutathat ki.

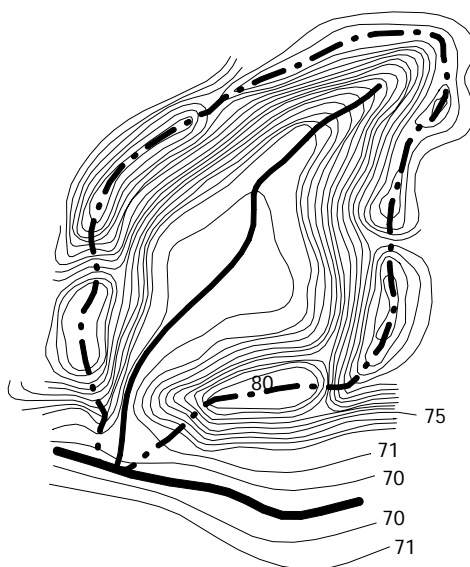
## 2.2. A VÍZGYŰJTŐ TERÜLET

Az a terület, amelyről a vizek a völgyfenék vagy folyómeder egy-egy szelvényéhez folynak, a *folyó adott szakaszához tartozó vízgyűjtő terület*. A vízgyűjtő meghatározó szerepet tölt be mind a lefolyási viszonyok, mind a vízfolyások medrének (vízrendszerek) kialakulásában.

A vízgyűjtő terület hidrológiai vizsgálatainál figyelembe kell venni, hogy egy vízfolyás adott szelvényéhez tartozó vízgyűjtő terület általában nem egy, hanem több részvízgyűjtőből tevődik össze. A gyakorlatban mindig a konkrét feladat határozza meg, hogy az adott vízgyűjtőt milyen mélységig bontsuk részvízgyűjtőkre.

Az összegyülekezés útját a domborzat határozza meg. A víz mindig lejtő irányban (szintvonalra merőlegesen), először a terepen, majd ideiglenes, később állandó jellegű mederben, azt valamely mértékig megtöltve, árvíz esetén a mederből kicsordulva a völgyfenéken mozog a befogadó felé. A térszín magasságviszonyainak alakulásáról a szintvonalas (más néven rétegvonalas) topográfiai térkép ad felvilágosítást.

A szintvonalak az azonos tengerszint feletti magasságú pontokat összekötő vonalak. Erre merőlegesek az esésvonalak, amelyeket a térképek általában nem ábrázolnak. A szintvonalas térképek segítségével meghatározható egy adott pontba hulló csapadékrészecske útja a terepen, illetve a vízfolyás-hálózatban. Természetesen nem lehet minden egyes terepi pontot külön vizsgálni a lefolyás szempontjából, ezért a szokásos eljárás az, hogy minden egyes vízfolyás torkolati szelvényéhez, vagy valamely kiválasztott szelvényéhez meghatározzuk azt a – vízválasztó vonallal – körülhatárolt területet, amelyről a leesett csapadék a vizsgált szelvényhez folyik. Ezt a területet nevezzük vízgyűjtő területnek (ami mindig egy vízfolyás valamely szelvényéhez tartozik).



2–2. ábra. A vízgyűjtő terület rétegvonalas térképe

A lehatárolást mindig a vizsgált szelvénytől kezdjük és a szintvonalakra merőleges esésvonal mentén

keressük a vízgyűjtő terület határát (vízválasztó) mindaddig, amíg felérünk a gerincre. A gerincen továbbhaladunk a csúcsig, majd a csúcsok között megkeressük a nyeret, vagy másik gerincen haladunk tovább. A vízgyűjtő terület határának keresését a vízfolyás vizsgált szelvényétől mind a jobb, mind a bal parton egyidejűleg végezzük mindaddig, amíg a szerkesztés során össze nem találkozik a két vonal. A szerkesztést mindig a kisebb vízgyűjtő területek lehatárolásával kezdjük. Ellenőrzésképpen megvizsgáljuk a vízgyűjtő terület és főként annak határát (a vízválasztót) alkotó néhány pontot, hogy az oda lehulló csapadék vajon átfolyik-e a szelvényen avagy nem (2–2. ábra).

### 2.3. A TERMÉSZETES ÉS MESTERSÉGES FELSZÍNI VIZEK

A vízgyűjtő területek völgyoldalairól lefolyó víz (térfelszíni lefolyás) a földfelszín megszámlálhatatlan sokaságú völgyeiben összegyülekezve, az egymásba torkolló völgyek vizei pedig egyesülve, egyre határozottabb és egyre nagyobb mederben, csermely, ér, patak, folyó és folyam elnevezéseknek megfelelő vízfolyásként, kialakítják a tengerbe torkolló folyamok vízrendszerét. A felszíni lefolyás idejét sok esetben természetes *tavak* és mesterségesen létesített *tározók* kisebb-nagyobb mértékben befolyásolják. A vízfolyások (vízrendszerek) *feladata* tehát, hogy a vízgyűjtő felszínéről lefolyó vizeket elvezesse.

A vízfolyások vizsgálatával kapcsolatban külön kell hangsúlyozni, hogy két egyforma vízjárású folyó nincs, sőt egy-egy vízfolyásnak két azonos vízjárású éve sincs. Következésképpen *minden vízfolyás egyedi*, amelynek saját karaktere van és ezért minden vízfolyást külön, egyedileg kell tanulmányozni.

**A vízfolyások osztályozása** többféle szempont szerint történhet (2–2. táblázat).

2–2. táblázat. Vízfolyások osztályozása

Természetes	Mesterséges
<b>vízfolyások</b>	
<b>Állandó vízfolyások</b>	<b>Teljesen szabályozott</b>
földrajzi jellemzők alapján	<b>Csatornázott</b>
földrajzi helyzete	<b>Mesterséges csatornák</b>
vízgyűjtő nagysága	földrajzi helyzetük szerint
hosszúsága	egy vízfolyáshoz csatlakozó
hidrológiai alapon	oldalcsatorna
vízhozam nagysága	kiágazó csatorna
vízjárása	két vízfolyást összekötő
lefolyás eredete	mélyvezetésű
hidraulikai (morfológiai) alapon	magasvezetésű
esése	rendeltetés szerinti
sebessége	árvízvédelmi
hordalékszállító képessége	megkerülő
hordalékanyaga	párhuzamos
mederállapota	átvezető
hidrológiai és hidraulikai alapon	mezőgazdasági vízgazdálkodási
geomorfológiai és mederformáció alapon	öntöző
<b>Időszakos vízfolyások</b>	belvízi
év nagy részében vizet szállító	vízerőmű – üzemvízcsatorna
év nagy részében száraz	hajócsatorna (kizárólag vízi út)
torrens (árvízkor működő, heves vízjárású)	

A vízfolyások osztályozásával kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy az osztályozási módszerek bármelyike is csak *tájékozódásra* alkalmas. Ennek oka elsősorban abban keresendő, hogy egy-egy vízfolyást számtalan, időben változó és állandó tényező alakít.

A felszíni lefolyás vizsgálata szempontjából elsődlegesek a *természetes vízfolyások*, amelyeken emberi beavatkozás nem történt vagy az csak olyan mértékű, hogy a vízfolyás a természetes állapot jellegét nem veszítette el. Természetesen a felszíni lefolyás számbavételénél a *mesterséges vízfolyásokban* lefolyó, ill. tárolt vízmennyiség ismerete is szükséges, de a szabályozás következtében a vízszállításuk, legtöbb esetben, pontosan meghatározható.

A természetes vízfolyásokat két nagy csoportba sorolhatjuk:

- *állandó vízfolyások (2–2. táblázat)*, amelyek az év teljes időszakában szállítanak vizet. Ezek hozamát általában több részvízgyűjtő területre hulló csapadék, esetleg egy, vagy több forrás, vagy örök hó, ill. gleccser szolgáltatja. A talajvízszint legtöbb esetben magasabb a vízfolyás medrének fenekénél, így kisvizek idején a vízfolyást a *talajvíz is táplálja*. Hosszabb csapadékmentes időszak esetén előfordulhat, hogy felszíni táplálás nincs és csak a talajvíz ad utánpótlást, amit alapvízhozamnak nevezünk.
- *időszakos vízfolyások (2–2. táblázat)*, amelyek csak az év bizonyos időszakában szállítanak vizet. A lefolyás, a vízháztartási mérleg vizsgálata szempontjából teljesen hasonlóak az állandó vízfolyásokéhoz, csak a vízszállítási időszakoknak a meghatározása is lényeges. A másik számottevő eltérés, hogy az időszakos vízfolyások medrének fenékszintje általában a talajvíztükör felett vagy annak közelében van. A kiszáradás oka tehát nemcsak a csapadékhiányból, hanem a talajvíz-utánpótlódás hiányából, ill. a talajba való beszivárgásából adódik.

A természetes vízfolyásokat három fő hidrológiai jellemző alapján kategorizáljuk (2–3. táblázat) (a folyószabályozás a folyamokkal, a nagyobb, és a kisebb folyókkal foglalkozik, míg a kisvízfolyásokkal a dombvidéki vízrendezés során találkozunk).

2–3. táblázat. A vízfolyások kategorizálása

	A vízgyűjtő terület nagysága alapján (A, km <sup>2</sup> )	A vízfolyás hossza alapján (L, km)	A vízfolyás sokévi középvízhozama alapján KÖQ m <sup>3</sup> /s)
folyam	> 500 000	> 1000	> 500
nagyobb folyó	25 000 – 500 000	250 – 1000	50 – 500
kisebb folyó	500 – 25 000	50 – 250	15 – 50
kisvízfolyások	< 500	< 50	< 15

A vízfolyásokat a fentiek alapján akár több kategóriába is besorolhatnánk, de a többségi jellemzők határozzák meg azok jellegét. A vízfolyásokat nemcsak fizikai mérőszámaik, hanem vízjárásuk alapján is lehet osztályozni, amely még fontosabb, mint a fizikai jellemzők.

A vízfolyások vízállásváltozása a vízhozam változását jelzi, amely a felszíni és a felszín alatti lefolyásból származik. A lefolyást a hidrológiai ciklus váltakozása, a ciklus összetevőinek véletlen jellege határozza meg, de az időjárás elemekben hosszabb időtávlatban bizonyos ciklikusság is megfigyelhető. E ciklikusság alapján a következő típusok különíthetők el:

**A szubartikus öv folyói.** Az év nagy részében vízfelszínüket jégpáncél borítja, tavasszal a meginduló olvadás ezt szétfeszíti. Nyáron a vízhozam csökken, télen a legkisebb. Elsősorban Kanada és Szibéria vízfolyásai tartoznak ide.

**A hűvös-mérsékelt öv kontinentális jellegű síkság folyói.** Jellemzőjük az esőből keletkező árhullámok, amelyek katasztrófális méretű árvizeit általában több hatás (hirtelen érkező hóolvadás nagy esőzés hatására) együttes jelentkezése okoz. A kelet-európai folyók jellegzetes példát nyújtanak.

**A hűvös-mérsékelt öv óceáni jellegű síkság folyói.** A Nyugat- és Közép-Európa jellegzetes folyótípusán a vízjárást a csapadék befolyásolja. Ha a folyékony halmazállapotú csapadék hóval fedett vízgyűjtőre érkezik vagy a csapadékfrontok egymás után következnek és hatásuk egymásra halmozódik, akkor katasztrófális méretű árvizek alakulhatnak ki.

**A hűvös-mérsékelt öv magashegységi folyói.** A síkságinál később jelentkező hóolvadás, a gleccserek olvadásából, és a bőséges esőzésekből táplálkoznak. A nyári árvizek jellemzik ezeket a vízfolyásokat.

**A száraz területek folyói.** A vízhozam növekedése a csapadék függvénye. Évente általában csak egyszer, rövid ideig tartó árvizek jelzik. Kedvezőtlen körülmények között a száraz időszakban a vízfolyások teljesen kiszáradhatnak. Vízhozam-ingadozásuk igen nagy, amelyet a vízgyűjtő területet borító gyér növényzet is indokol. A Szahel-övezet folyói ilyen vízjárásúak.

**A száraz területek magashegységi folyói.** Vízük nagyrészt a téli csapadék olvadásából származik. Alsó szakaszuk általában száraz területen átfolyó jövevényfolyó.

**A nedves trópusok és a monszunvidékek folyói.** E típusba szinte csak az esőből táplálkozó folyókat soroljuk, amelyekre a száraz és nedves időszakok váltakozása jellemző. Száraz időszakban medrük akár ki is száradhat, nedves időszakban viszont óriási vízmennyiségeket vezetnek le.

A különböző éghajlatú területeket átszelő folyók vízjárása általában összetett, a különböző hatások sokszor erősítik vagy kioltják egymást. A világ legnagyobb folyóinak néhány adatát a 2–4. táblázat foglalja össze.

2–4. táblázat. A világ legnagyobb folyói

A folyó neve	A torkolat helye	Vízgyűjtőterület ezer km <sup>2</sup>	Folyó hossza km	KÖQ m <sup>3</sup> /s
Amazonas	Brazília	7 180	6 516	180 000
Nílus	Egyiptom	2 881	6 484	2 633
Mississippi-Missouri	USA	3 221	6 019	17 545
Ob-Irtis	Oroszország	2 975	5 570	12 600
Jenyiszej	Oroszország	3 132	5 115	15 900
Rio de Plata	Argentína/Uruguay	2 650	4 760	19 500
Kongó	Zaire/Angola	3 822	4 700	42 000

## 2.4. A VÍZFOLYÁSOK MEDRÉNEK JELLEMZŐI, MEDERFELVÉTELEK

### 2.4.1. A vízfolyások alaktana

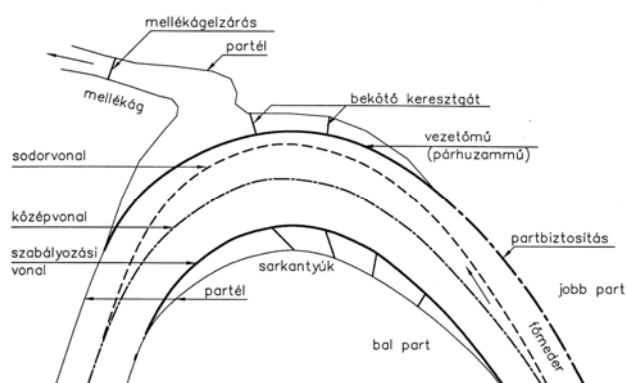
A felszíni lefolyás megismerése érdekében elengedhetetlenül szükséges a völgyfenék (*vízfolyásmeder*) térben és időben való változásának a nyomon követése. A vízfolyások alakját tulajdonképpen a vízfolyás által a völgyekben elfoglalt mélyedés, a folyó ágya, medre, ill. annak változása határozza meg.

A vízfolyások alakjáról **helyszínrajz**, a **keresztmetszet** és a **hossz-szelvény** ad felvilágosítást.

A vízfolyások helyszíni alakját egy rendkívül bonyolult, igen sok, időben változó tényező kölcsönhatásaként kialakuló és működő *fizikai rendszer eredő hatása* határozza meg. A fizikai rendszer vizsgálata a folyószabályozás feladata, viszont az eredő hatás következtében előálló helyszínrajzi változások, a *kanyarok kialakulásának figyelemmel kísérése a vízrajzi tevékenység* egyik alapfeladata.

A vízfolyások helyszínrajzi jellemzői (2–3. ábra):

- *folyómeder*, a közepes vizek által elborított mélyedés (meder);
- *partél*, a part és a mederrézsűk határvonala;
- *jobb, ill. bal part*, amelyek ha a vízfolyás irányába tekintünk jobb, ill. bal kezünk felé eső part;
- *középvonal*, a partélek közötti felezőpontok, vagy ha a partélek elmosódtak (nincs éles átmenet a mederrézsű és a part között), akkor a közepes vizek által meghatározott vízszélesség felezőpontjainak összekötő vonala;
- *sodorvonal*, a felszínközeli (0,2–0,4 m-el a felszín alatt) legnagyobb sebességek összekötő vonala.



2–3. ábra. Helyszínrajz

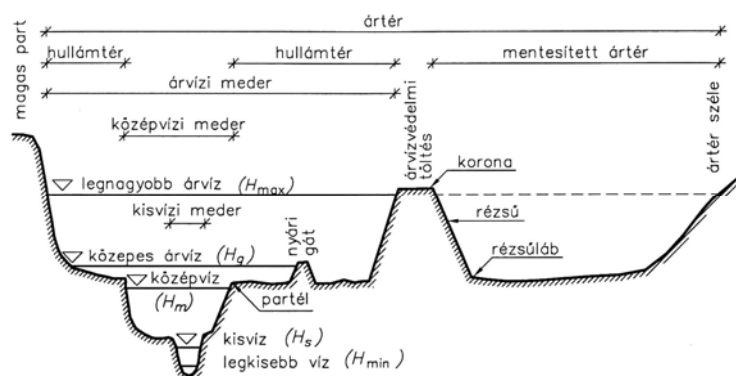
A felszínközeli sebesség legnagyobb értékei általában a legnagyobb mélységek függőlelinek közelében találhatóak, ezért gyakran a sodorvonalat, mint a legnagyobb mélységek vonalát is definiálják. Tény, hogy a legnagyobb mélységek vonala könnyen meghatározható és eléggé állandó, de a *sodorvonal jellemzője* éppen az, hogy *helyszínrajzi vonalazása nem állandó*, különböző vízhozamoknál a keresztmetszvényben más és más helyet foglal el.

A vízfolyások helyszínrajzi alakját vizsgálva megállapíthatjuk, hogy hosszú egyenes szakasz alig található, a folyó medre *kanyarok és ellenkanyarok* (meanderek) sorozatából áll, amelyet rövid egyenes szakaszok,

átmeneti szakaszok, kötnek össze. A vízfolyások kereszt-szelvényének alakját befolyásolja, szinte meghatározza a folyók helyszínrajzi vonalazása.

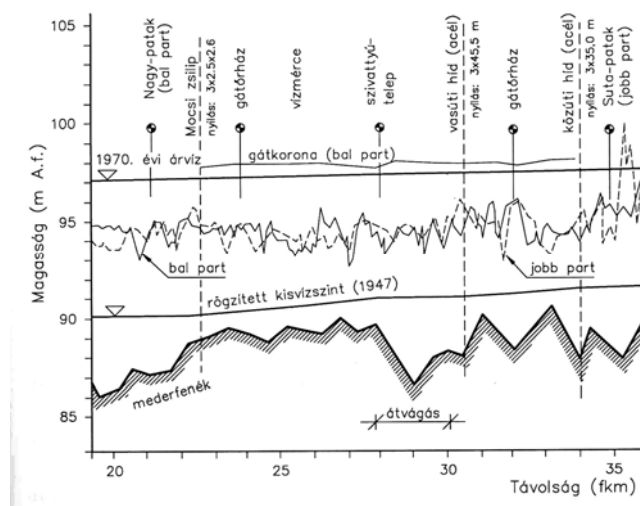
A kereszt-szelvény jellemzői (2–4. ábra):

- **főmeder**, amely a kis (kiszvízi meder) és a közepes (középvízi meder) vizeket szállítja; nagyobb vízfolyásokon a hajózást biztosítja;
- **hullámtér**, amely a meder partéle és az árvédelmi töltés közötti terület, Az árvizek levonulási területe. Széles hullámterek esetén *nyári gátakkal* további területeket lehet megvédeni a gyakrabban ismétlődő, de kisebb magassággal levonuló (közepes) árvizektől;
- **ártér**, az a terület, amelyet a legnagyobb árvíz önt el, ill. öntene el, ha árvédelmi töltés nem épült volna. Az árvédelmi töltések mentett oldalán levő ártér a mentesített terület (*mentesített ártér*);
- **-függőmeder**, hordalékos folyók esetében akkor alakul ki, ha a főmederben lerakódó hordalék a mederfenéket oly mértékben feltölti, hogy az magasabban helyezkedik el, mint az ártér terepszintje, vagyis az árvédelmi töltésen kívüli terepmagasság.



2–4. ábra. Kereszt-szelvény

A felszíni lefolyás meghatározásánál a vízfolyások kereszt-szelvényének, a kereszt-szelvény terület, beleértve a mederfenék mélyülését, ill. feltöltődését, továbbá a partélek változásának az ismerete rendkívül fontos.



2–5. ábra. Hossz-szelvény

A vízfolyások hossz-szelvénye a helyszínrajz és a kereszt-szelvény segítségével állítható elő. A hossz-szelvény jellemzői (2–5. ábra):

- **mederfenék esése**, amelyet úgy állítunk elő, hogy a sodorvonal mentén képzelünk függőleges síkkal metsszük a mederfenéket. A mederfenék esésére jellemző, hogy az esések és az *ellenesések* váltakoznak, és értékük lényegesen nagyobb is lehet, mint a vízfelszín esése;

- *vízfelszín esése* (felszín-görbe) a vízfolyás felszínének hossz menti változása. Általában két vízállás tartományban jellemző: a kisvizek, ill. az árvizek, azaz a hosszantartó (völgyelő), ill. tetőző árvizek esetén. Általában km-ként egyidejűleg rögzített (nagyobb vízfolyások: Duna, Tisza esetén mindkét oldalon) vízszintek alapján határozzák meg. A vízfolyás szabályozása esetén még a *méretezési/szabályozási vízállás*, ill. a hozzátartozó felszín-görbe – számítással, esetleg vízszintrögzítéssel – meghatározott vonala is a hossz-szelvény fontos alapadata;
- *partélek* (jobb, bal) magasságának változását is a hossz-szelvényen tüntetjük fel;
- *árvédelmi töltések* jellemző pontjai (töltéslábnál a terepmagasság, a töltés koronamagassága) is fontos része a hossz-szelvénynek. Pl. a legnagyobb árvíz magassága és az árvédelmi töltéskorona magassága közötti különbség rögtön megadja a biztonsági magasságot.

A felszíni lefolyás meghatározásánál a vízfelszín esésének ismerete elsődleges. A vízhozam mérési szelvény közelében az esés meghatározása nagy körültekintést és pontosságot igényel.

#### 2.4.2. A vízfolyások felmérése

A felszíni lefolyás a vízfolyások medrében megy végbe. A vízfolyások medre (kis-, közép-, vagy árvízi meder) biztosítja a felszínen összegyülekezett víz levonulását. Ebből következik, hogy a felszíni lefolyás meghatározása érdekében szükséges ismerni a mederveviszonyok térbeli és időbeni alakulását.

A mederfelvétel történhet

- megfelelő sűrűségű kijelölt (állandó) kereszt-szelvényekkel;
- helyszínrajzi felvétellel, vagy
- mindkét módszernek egyszerre való alkalmazásával.

A kereszt-szelvény lehető legpontosabb felvétele elengedhetetlen a lefolyó víz hozamának hagyományos meghatározásánál (a *vízhozammérésnél*).

A vízfolyások felmérése, a meder alakjának, méreteinek, a többi tereptárgyhoz viszonyított helyzetének meghatározása *helyszínrajzi felvétellel* történik. Azt a helyszínrajzi felvételt, amely nem csupán a mederre korlátozódik, hanem a hullámteret, az árvédelmi töltéseket, sőt a mentett oldalon levő árteret is magában foglalja: *teljes mederfelvételnek* nevezzük. Ez a „teljes mederfelvétel” tulajdonképpen a *vízfolyás térképezését* jelenti.

A *folyómeder száraz részének* helyszínrajzát és domborzati térképét az ismert geodéziai módszerekkel (sokszögvonala, légi fotogrammetria, lidar mérés) lehet meghatározni.

A *meder vízzel borított részeinek* (nedvesített felület) felméréséhez azonban eltérő módszereket kell alkalmazni. A meder nyilvántartási szelvények mérésekor a meder partjain (a hullámterén, nem töltésezett vízfolyásoknál az ártéren), a partélektől megfelelő távolságban, *meder nyilvántartási szelvényköveket* kell elhelyezni, hogy a kereszt-szelvény felvétel mindig azonos szelvényben történjen. A meder nyilvántartási kövek koordinátái és magassági adatai (célszerűen az országos háromszögelési, ill. magassági alappont hálózatba bekötve) ismertek, így biztosítható, hogy a vízrajzi felvételek a korábbiakkal összevethetőek legyenek.

A meder *kereszt-szelvény felvételének módja* elsősorban a vízfolyás méretéhez igazodik:

- ha a vízfolyás *nem mély* (sekély), a vízzel borított meder felvétele ugyanúgy történik, mint a száraz területek felmérése: a szintezőlécezt a meder jellemző pontjaira állítjuk, a távolságok a nyilvántartási köztől mérőszalaggal mérjük;
- ha a vízfolyás *mély, de nem túl széles*, a két part között egy beosztásos drótkötelet (szelvénykötelet) feszítünk ki. A kötélen mentén, ahhoz csigával erősítve, egy *mérőladik* mozog, melyről bizonyos távolságokban mérjük a vízmélységet. A kereszt-szelvény pontjainak abszolút magasságát a vízmélységből és a vízfelszín pontosan meghatározott (mérés közbeni vízszintváltozást figyelembe vevő) értékéből számítjuk. A mérési pontok vízszintes helyzetét a drótkötél, vagy azzal párhuzamosan kifeszített mérőszalag mentén, a meder nyilvántartási szelvényköztől lehet meghatározni;
- ha a vízfolyás *széles*, vagy ha a hajózás miatt a kereszt-szelvény lezárása nem megengedett, a drótkötelet a szelvényben lehorgonyzott anyaladikokhoz (esetleg az egyik parthoz is) erősítik és a mérőladik az így kifeszített kötélen mozog;
- *igen széles* vízfolyásokon, vagy nagy kiterjedésű állóvizeken a kijelölt kereszt-szelvényben a mérőhajó helyzetét totális mérőállomással határozzuk meg. A mérőállomás, amely ismert koordinátájú ponton áll és tájékozott (a koordinátarendszerben ismert az irányvonal iránya), automatikusan méri, számolja, és a memóriájában tárolja a mérőhajó mindenkori helyzetét (elektronikus szög- és optikai távolságméréssel). A mérőhajón mért vízmélységeket rádióhullámos összeköttetéssel veszi.



A keresztshelvényben a víz mélységét

- 2-3 m vízmélységig deciméter beosztású *szondarúddal*;
- gyakrabban és nagyobb mélységek esetén, vagy ha a víz sebessége 1-1,5 m/s-nél nagyobb, ultrahangos vízmélységmérővel határozzuk meg. Az ultrahang a hallható hang frekvenciájánál lényegesen nagyobb frekvenciájú hang, amelynek terjedési sebessége ismert a vízben. Az eszköz kibocsát egy rövid hangimpulzust, amely a mederfenék – víz határfelületről visszaverődve eljut a műszerig. Az impulzus kibocsátása és a visszaverődő jel közötti időtartam méréséből és a terjedési sebességből számítható a vízmélység.

A vízfolyások növényzettel benőtt medrének keresztshelvényekkel való felmérése meglehetősen lassú és csak abban az esetben célszerű végezni, ha egyidejűleg a mérőhajóról más vízrajzi mérést (vízsebesség, lebegtetett-, görgetett hordalék, vízminőség) is végzünk.

A meder vízzel borított részének meghatározása *szkennelés ultrahangos mélységmérővel* és GPS vevővel sokkal gyorsabb. A módszer új lehetőségeket biztosít a meder-felvételezésben. Előnye nemcsak a gyorsaság és a pontosság, hanem lehetőséget nyújt a teljes mederfenék részletes felmérésére. A mérési adatokból lehetőség van egy-egy keresztshelvény adatainak kimetszésére is.

A *mérőhajó vízszintes helyzetét GPS vevő segítségével* a föld körül ismert pályán keringő navigációs műholdak segítségével határozhatjuk meg. A mérés feltétele, hogy az égbolt legalább 80%-át „lássa” a berendezés antennája. A mérési pontosság a vevő és az alkalmazott technológia függvényében változik, egyszerű navigációs berendezés esetén  $\pm 3$  m, komolyabb, bázisállomás nélküli vevőnél  $\pm 7$  m, geodéziai pontosságu, bázisállomások segítségével differenciál mérőberendezés esetén  $\pm 0,02$  m.

A *mederfelvétel mérési adatainak feldolgozása*, bármelyik módszerrel történt is a felvétel, kézzel meglehetősen körülményes és munkáigényes. A feldolgozás során az egyik legfontosabb feladat a pillanatnyi vízálláshoz tartozó vízmélységeknek egy *jellemző vízszintre* való átszámítása. Jellemző vízszint lehet

- *szabályozási vízszint* (a nagy-, közép-, vagy kisvízi szabályozás céljára számítással, vagy gyakorlati tapasztalatok alapján előre meghatározott vízszint); vagy
- *hajózási kisvízszint* (az a legkisebb vízszint, amely mellett a hajóút kategóriájához előírt mederméreteket biztosítani kell). A Dunán a hajózási kisvízszintet (a DB vízszintet), a Duna Bizottság ajánlása alapján, időről-időre határozzák meg.

Az átszámított vízmélységekkel azután megszerkeszthetjük a folyó izobat (azonos mélységű) vonalait. A szerkesztés során a mérési shelvények találkozási pontjainál a vízmélység adatainak egyeztetése rendkívül fontos, elsősorban a felvétel megbízhatósága szempontjából.

A feldolgozási munkákat ma nagyrészt célszoftverek segítségével végezzük, amelyek hasonló elven működnek, mint a kézi feldolgozás. Az újabb vízrajzi atlaszok már nem mélységvonalas, hanem szintvonalas medertérképeket tartalmaznak, amelyek így integrálhatók a parti és hullámtéri, ugyancsak szintvonalas felmérésekkel.

A vízfolyások felmérésének legfontosabb, de sajnos egyben az igényekhez képest a legkisebb pontossággal elvégezhető része a **vízszínesések** meghatározása. Kis esésű vízfolyásokon a rögzítendő vízszinteket, lehetőleg a vízfolyás mindkét partján és közel egyidőben, általában vállas karókkal jelöljük meg. Majd a vállas karók magasságát szintezéssel állapítjuk meg. A vállas karókat csillapító csővel kell ellátni a hullámból származó hibák kiküszöbölésére. Nagyobb esésű és széles folyókon, tekintettel a vízszint térbeli lényeges változására, *önbeálló automata szintező műszerrel* a vízfelszín rétegvonalát célszerű meghatározni. A magasságok mérésénél nagyobb esésű folyókon  $\pm 10$  mm, kis esésű folyókon legalább  $\pm 1$  mm pontosságot kívánatos elérni. Ez utóbbi pontosság csak felsőrendű szintezési eljárással és szabatos szintező műszerrel oldható meg.

A hossz-shelvény többi paramétere a keresztshelvények és a helyszínrajz adataiból meghatározható.

Magyarországon a *folyók részletes felvétele* már 1818-ban elkezdődött. A „Dunai Mappáció” 1818-40 között *Huszár Mátyás*, később *Vásárhelyi Pál* irányításával, a tiszai felvétel pedig 1833-40 között *Lányi Sámuel* vezetésével folyt. Eredményként még a mai időben is használható és értékelhető *keresztshelvény* (Dunán 362 db, a Tiszán pedig 1869 db), dunai és tiszai részletes *hossz-shelvény*, vízszintes és magassági alappont-jegyzék áll rendelkezésre.

Magyarország valamennyi jelentékenyebb vízfolyásáról az 1960-ban megindított Vízrajzi Atlasz-sorozat 27 kötete tartalmazza: a vízrajzi alappontok jegyzékét, a folyók helyszínrajzát, hossz- és keresztshelvényeit, a mederanyag jellemzőit, valamint a folyó fejlődéstörténetével, szabályozásával kapcsolatos legfontosabb ismereteket.

## 2.5. A VÍZSZINT, VÍZÁLLÁS ÉS MÉRÉSE

A folyóvizek, állóvizek és a talajvíz legjellemzőbb mutatója a **vízszint** magassági helyzete. A vízszintek megfigyelésére, a térben és időben való változásuk nyomon követésére *vízszintmérőket* használnak. **Relatív vízállásnak** nevezik a vízszintnek a vízmérce „0” pontjához viszonyított magasságát. A relatív *vízállás* mértékegysége – felszíni vizek esetében - a *centiméter* (cm), betűjele (jelölése): H. Ha a vízfolyáson két különböző szelvényében mért relatív vízállást össze szeretnénk hasonlítani, akkor a „0” pontok magasságát azonos viszonyítási rendszerben kell meghatározni. Ha a „0” pont magasságát tengerszint feletti magassággal adjuk meg, akkor a relatív vízállásból számítható az **abszolút vízállás**, ami vízszint tengerszint feletti magassága. Gyakran alkalmazott megoldás – elsősorban a mesterséges csatornáknál – hogy nullpontként valamely műtárgy küszöbszintjét határozzák meg, így a műtárgynál elhelyezett alvízi és felvízi vízmércék relatív vízállásaiból könnyen kiszámítható az előálló vízszintkülönbség (duzzasztás).

A vízszintet, a vízállást – szemben a vízhozammal – igen egyszerűen és igen egyszerű eszközökkel lehet mérni, észlelni. Természetes volt tehát, hogy már az ősi kultúrák idején az árvíz, az öntözés, majd a hajózás érdekében a vízfolyások vízszintjeit észlelték, nyilvántartották, sőt a legnagyobb árvizek magasságait külön is megjelölték. A *legrégebbi ismert vízmércék* a Nílus felső folyásán Wadi Halfa és Aszszuán közelében találhatók. *Sziklába vésett beosztásaik 4000 év körüliek.*

Magyarországon az első állandó vízmércék a 19. század első felében épültek, de régebbi vízállásmérések is léteznek. Az egységes elvek alapján kialakított mérőhálózatot az 1886-ban, a Közmunka és Közlekedési Minisztérium szervezetében megalakított Vízirajzi Osztály hozta létre. Ennek keretében a vízmércék nullpontjainak rendezése is megtörtént. A Dunán az 1834-ik, a Tiszán az 1842-ik évi kisvízszint magasságára helyezték a nullpontokat. A Rába Sárvár-Győr közötti szakaszán a vízmércék "0" pontját az 1875. év március 2-i, a többi vízfolyásnál pedig a vízmérce "0" pontját az 1882. október 28-i kisvíz jelentette.

A nullpontok értelmezésénél figyelembe kell venni, hogy az csak egy viszonyítási pont, nem feltétlenül kapcsolódik valamilyen fizikailag is létező tárgyhoz (pl. a vízfolyás fenékszintjéhez). A vízszint a nullpont alá is süllyedhet, ilyenkor a relatív vízállás értéke negatív. Ezért a „0” pont magasságát akkor sem kell megváltoztatni, ha valamilyen fizikai változás (pl. a meder süllyedése) miatt a vízállások a negatív tartományt is eléri. Csak a vízszintmérő rendszer átépítésre lehet szükség, ha már nem képes az egyre kisebb vízállásokat megmérni. Az előző évszázadokban végzett vízszintmérések során többször volt nullpont változtatás a negatív vízállások elkerülésére, de ez a mai tudásunk és előírások alapján nem szükséges.

A vízszintmérő nem feltétlenül képes a „0” vízállást megmérni, de a „0” ponthoz viszonyított helyzete állandó. Ha a vízszintmérő elmozdul (pl. más helyre telepítik), akkor az új „0” pontját meg kell határozni. A vízállás nyilvántartások (pl. Vízirajzi Évkönyv, elektronikus adatbázisok) mindig tartalmazzák, hogy a megadott relatív vízállások milyen abszolút magasságú nullpontra vonatkoznak. Így az egy vízmércén különböző nullpontokhoz viszonyított relatív vízállások, figyelembe véve a nullpontok változását, egységes adatsorrá átszámíthatóak.

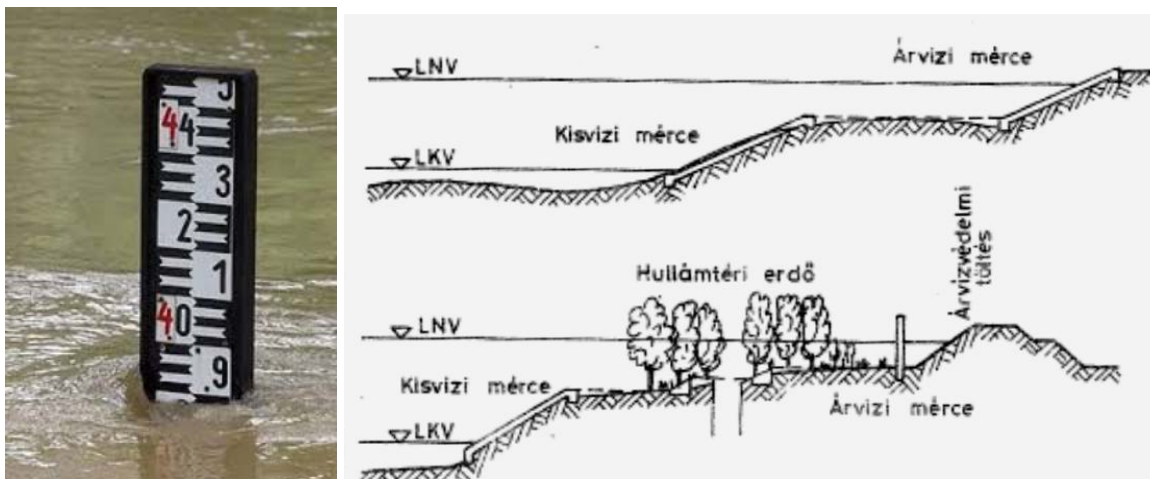
A vízmérce magassági állandóságának ellenőrzésére a mérőhely közelében, alkalmas helyen, *magassági őrpontot* kell elhelyezni, amelyről a vízmérce magasságát időnként, általában évente, ellenőrizni lehet.

A vízmérceállomások alépítményei feladatukból adódóan legtöbbször a vízfolyások részűjén vagy medrében helyezkednek el. Így, még a leg gondosabb tervezés és kivitelezés esetén is – ha kis mértékben is – de elmozdulnak. Ezért a vízszint nullpont feletti magasságát rosszul mutatják. Az állandó átépítés és mozgatás, még a műszaki előírások alapján készült állítható vízmércék esetében sem lehetséges. A problémát elektronikus úton oldják meg, „javító függvények” előállításával. A vízmércét laponként becsinálják, majd kiszámítják, hogy a leolvasott érték milyen tényleges relatív vízállásnak felel meg. Ezt az adatjavítást már az operatíván használt adatokon (pl. napi vízállásjelentésekben) is elvégzik, így pl. az Interneten található adatok a vízmérce deformálódásából származó hibát nem tartalmazzák.

A vízszintmérő eszköz alsó mérési határát úgy kell kialakítani, hogy az előforduló, vagy várható *legalacsonyabb vízállás alatt legalább 1-2 m-re* legyen, így a váratlanul alacsony vízszintek is megmérhetőek legyenek. A vízszintmérőknek a *még be nem következett* vízállások (kis és nagyvizek) leolvasását is biztosítaniuk kell. A helyzet a rendkívüli nagyvizek esetén egyszerűbb, mert a vízmércék pl. a lapvízmérce) felső része kiegészíthető. Különösen rendkívüli árvizek esetén előfordul, hogy a vízállások meghaladják a meglévő vízmérce által mérhető legnagyobb értéket. Ilyenkor ideiglenes vízmércét kell elhelyezni úgy, hogy annak nullpontja megegyezzen a meglévő vízmércéjével, és az ideiglenes és állandó vízmérce ne legyen átfedésben egymással (egy adott vízszinthez tartozó vízállást csak az egyik mércén lehessen leolvasni).

A *vízszintmérők* legrégebbi és legelterjedtebb formája az ún. **lapvízmércék**, amelyek lehetnek álló

vagy fekvő helyzetűek és a vízfolyás keresztmetszvényeinek függvényében egy vagy több tagból állhatnak (2-6. ábra). A több tagból álló megoldást olyan helyeken célszerű alkalmazni, ahol egyetlen összefüggő lapmérce a meder rézsűjére annak alakja miatt nem fektethető rá. A lapvízmérce általában zománcozott acél lap, de lehet például hídpillérek, hídfők függőleges felületébe bevésett beosztás is. A lapvízmércék rendszerint centiméteres *beosztásúak*, de csak a deciméteres értékek vannak felírva. A deciméterenkénti beosztás, a váltakozva ellentétes oldalon elhelyezett páros-páratlan számjegyek, a 2 cm-es beosztások foltszerű, váltakozóan fekete-fehér jelölése a nagyobb távolságról való leolvasást segítik elő. A lapvízmércéket 1 cm *pontosággal kell leolvasni*. Nagyobb térségi vízkormányzó rendszereknél alkalmazott megoldás, hogy a vízmércék közvetlenül az abszolút vízállást mutatják, így a vízfolyás hálózatban kialakult szintkülönbségek közvetlenül láthatóak, segítve a szabályozást végző személyzet munkáját.



2-6. ábra. Lapvízmérce

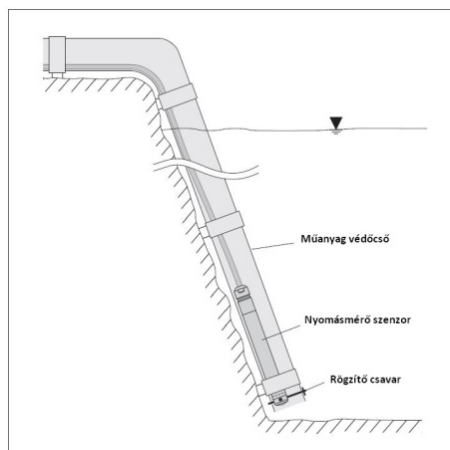
A lapvízmércék lehetnek *függőlegesek* és elhelyezhetők *rézsűs felületen* is, ekkor azonban a rézsűhajlásnak megfelelő szélesebb osztásközű vízmérce lapokat kell alkalmazni. Minden rézsűhajlás értékhez eltérő osztásközű vízmérce lapok tartoznak! A *lapvízmércék előnye* a beruházás relatíve kis költsége és a könnyű felszerelhetőség. *Hátránya*, hogy állandó észlelő személyzetet igényel és mégis bizonyos mértékig pontatlan, mivel a folyamatos leolvasás nem biztosítható. Annak érdekében, hogy az árvizek alatt a gyorsan változó vízállások is nyomon követhetőek legyenek, más észlelési rendet kell alkalmazni nagyvízi (vagy gyorsan változó vízszint esetén) és kisvízi időszakban.

A vízállásmérők másik nagy csoportja az **elektronikus regisztrálók**. A vízállást rögzítő műszerek *előnyei*:

- a gyors ingadozású vízfolyásokon is megbízható, folyamatos *vízállás idősort* állítanak elő;
- a legnagyobb és a legkisebb vízállásokat bizonyosan regisztrálják az előfordulási időikkel együtt; végül
- észlelési adatok állíthatók elő ott is, és akkor is, ahol, és amikor észlelő nem áll rendelkezésre.

Az elektronikus regisztrálók esetében a vízszintmérés gyakoriságát a vízjárástól függően általában nem változtatják, arra a legrövidebb időre vannak beállítva, ami az adott vízfolyás vízjárásának 1 cm pontoságú nyomon követésére alkalmas minden vízjárási helyzetben. Ez a megoldás abban az időszakban, amikor a vízszintek csak ritkán változnak, sok felesleges adatot eredményez, de a mért adatsor a feldolgozás során ritkítható.

Az elektronikus regisztráló vízmércéknek igen sok *típusa* ismert. A leggyakrabban használt eszköz, a nyomásérzékelővel ellátott regisztráló típus, a **nyomásszonda**. Ennek végébe, egy áramkörbe illesztve olyan érzékelőt építenek be, amely a felületén változó nyomás hatására, azzal arányosan változtatja ellenállását. Ez a nyomás az érzékelő feletti vízoszlop és a légköri nyomás összege. Annak érdekében, hogy a légköri nyomás értékét külön ne kelljen mérni, ezért egy vékony csövön, az úgynevezett levegőztető csövön bevezetik a levegőt az érzékelő „száraz” oldalára. Így a megmaradó nyomáskomponens az érzékelő feletti vízoszlop nyomásával lesz egyenlő, amiből a vízállás könnyen meghatározható. A nyomásszonda előnye, hogy viszonylag olcsó alépítmény kialakítása elegendő az elhelyezéséhez (2-7. ábra).

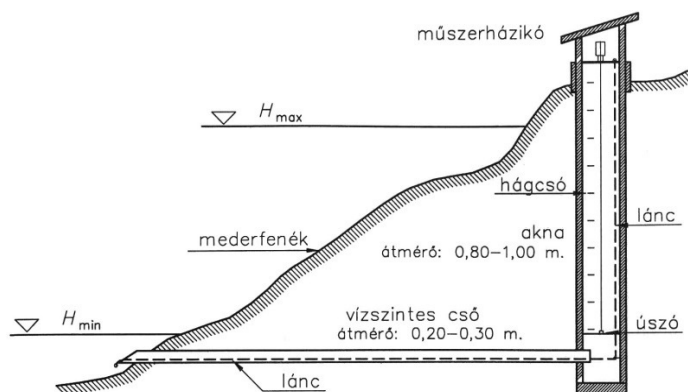


2-7. ábra. A nyomásszonda alépítménye

Hátránya, hogy érzékeny a környezetében kialakuló túlfeszültségekre (pl. ami villámlás miatt következik be), másrészt még a jó minőségű szenzorok esetében is jellemző az „elcsúszás”. Ez azt jelenti, hogy megváltozik a mért elektromos jel és a nyomásérték közötti összefüggés. Ez egy lassú folyamat, a mérőrendszer időszakonkénti beállításával korrigálható. További hátrány, hogy a nyomásszonda kábele, a beleépített levegőztető cső miatt sérülékeny, ezért az alépítménybe történő behúzása különös gondosságot igényel.

A legmegbízhatóbb megoldások egyike az **úszós vízszintmérő**. A vízszintváltozást úszó érzékeli. Az úszót tartó acélkábel egy tárcsát mozgat, amelynek elfordulását egy úgynevezett szögtávadó alakítja át elektronikus jellé és a függőleges elmozdulás mértékét megadó értékévé. A kábel másik végén lehet ellensúly vagy egy olyan rugós csévéző berendezés, ami az úszó emelkedése miatt keletkező többlet kábelt feltekeri vagy süllyedésekor visszaengedi.

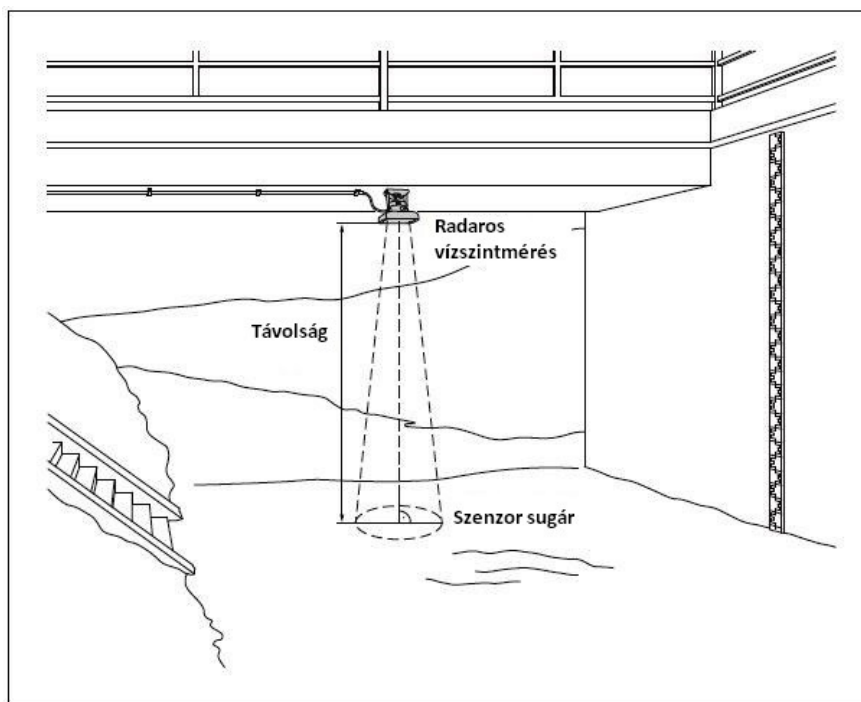
Az *aknába épített* úszós vízmércéknél (2-8. ábra) a függőleges (csillapító) aknát egy, vagy több vízszintes csővel kell a vízfolyással összekötni. Az összekötő csöveket és az akna fenekét olyan mélyre kell lesüllyeszteni, hogy a víz a várható legkisebb vízszint kialakulása esetén is bejusson az aknába.



2-8. ábra. Az úszós vízszintmérő alépítménye

Az úszós vízszintmérők hátránya, hogy az alépítmény megépítése a legtöbb helyen rendkívül költséges. Valamennyi eddig felsorolt mérőeszköznél hátrány, hogy az alapépítmények vízzel érintkező részeit folyamatosan (általában 3-12 hónap gyakorisággal) a lerakódó hordaléktól és a növényzettől meg kell tisztítani. Ehhez néhány helyen búvár és speciális eszköz (nagynyomású csatornatisztító) igénybevétele is szükséges.

Vízzel nem érintkező vízszintmérést tesznek lehetővé a **radaros vízszintmérők**. Ezek telepítése egyszerű, bármely víz fölé nyúló szerkezetre (pl. hidak, zsilipek, stb.) felszerelhetők (2-9. ábra). A mérőeszköz ultrahang impulzusokat bocsát ki, aminek a visszaverődési idejét méri. Az ultrahang terjedési sebességéből és a visszaverődés idejéből meghatározható a mérőfej és a vízszint távolsága. A mérőfej ismert magasságából a vízfelszín magassága is meghatározható.



2-9. ábra. A radaros vízszintmérő elhelyezése

A radaros vízszintmérő alkalmazásának erős korlátja, a víz felszínén kialakuló jégtakaró, vagy az összegyülekező felszínen úszó hordalék (pl. műtárgyak közelében) ami a mérést gátolja. Ezért csak olyan helyen vagy időben alkalmazható, ahol/ amikor az ultrahang sugárzó által kibocsájtott jel közvetlenül a víz felszínéről verődik vissza.

A különböző elven működő vízállásmérő szenzorok adatgyűjtő egységekhez kapcsolódnak. Ezek az eszközök az első időszakban (kb. 2000-ig) csak helyszíni adatgyűjtést végeztek, az adatokat hordozható számítógépeken kellett a helyszínen letölteni, vagy elektronikus adattároló kártyákról lehetett őket a központi adatbázisokba feltölteni. 2000 után elkezdődött az országos távmérő hálózat kiépítése. A helyszíni adatgyűjtőkhöz különböző modemeket kapcsoltak, amelyek a vezetékes és mobiltelefon hálózatokon vagy saját URH rádió hálózaton továbbítják az adatokat a központi adatbázisba. Ahol erre igény volt, adatgyűjtőként PLC-t (Programmable Logic Controller-t) alkalmaztak, ami nem csak az adatok gyűjtését és továbbítását végzi, hanem programozott szabályok szerint, felhasználva a mért vízállást, különböző eszközöket működtet (pl. szivattyútelepek indítása, leállítása, zsilipek állítása). A PLC-k hátránya, hogy elsősorban nem hidrometriai célokra készülnek, így az energia igényük nagy. Csak korlátozottan alkalmazhatóak olyan helyeken, ahol az áramellátás napelemtől vagy akkumulátortól (elemektől) történik.

Ma már a vízrajzi állomás központi egységét jelentő adatgyűjtőknél alapfunkció a távjelzési képesség. A távmérő rendszer előnye a gyors adathozzáférést túl az is, hogy nem szükséges adatkinyerés vagy beállítás céljából folyamatosan bejárni az állomás hálózatot.

Az elektronikus mérőrendszerek elterjedésével az emberi észlelés jelentősége jelentősen lecsökkent. A vízügyi igazgatóságok gát- és csatornaőrei csak olyan helyeken végeznek észleléseket, ahol az elektronikus rendszer még nem került kiépítésre vagy meghibásodott.

Az úgynevezett „ellenőrző méréseket” a vízrajzi egységek területi felügyelői hajtják végre.

Valamennyi adat egy központi adatbázisba kerül, ahol évenkénti bontásban kerül sor az adatok ellenőrzésére. A végeredmény egy olyan ellenőrzött adatsor, amely valamennyi forrásból származó adatot (hagyományosan észlelt, elektronikusan regisztrált, ellenőrzés céljából végzett mérés) egy, összefésült adatsorként ad meg.

A távmért adatok legnagyobb része, a vízügyi igazgatóságok honlapjain közvetlenül megtekinthető. Ezek felhasználásakor azonban figyelembe kell venni, hogy ezek „nyers” adatok, amelyek nem estek át részletes ellenőrzésen és feldolgozáson.

## 2.6. A VÍZHOZAM ÉS MÉRÉSE, VÍZHOZAMGÖRBE, LEFOLYÁS

A vízhozamon a vízfolyás egy keresztmetszetén egységnyi idő (egy másodperc) alatt átfolyó víztérfogatot értjük, amelyet  $\text{m}^3/\text{s}$ , vagy  $\text{l/s}$  mértékegységben fejezünk ki. (A kétféle mértékegység átszámítása:  $1 \text{ m}^3/\text{s} = 1000 \text{ l/s}$ , illetve  $1 \text{ l/s} = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ .)

A vízhozam mérése többféle módszerrel történhet, amelyet mindig az egyedi körülmények (a pillanatnyi vízmélység, víztükörszélesség, vízsebesség, a mederviszonyok, a rendelkezésre álló felszerelés és a szükséges mérési pontosság) ismeretében választják meg. A vízhozammérés kezdetekor a mérési szelvény és környékének bejárása után kell eldönteni az alkalmazott módszert. Ha az előre kiszemelt helyszínen nem találunk olyan szelvényt, vagy szakaszt, amely alkalmas mérésre, akkor más helyszínt kell keresnünk. A mérési idő hossza fontos tényező, hiszen gyakran előfordul, hogy nem permanens (időben állandó) hidrológiai helyzetet találunk a vízfolyáson.

A vízhozammérési szelvény kijelölése, a mérési módszer kiválasztása, a mérés irányítása, a feldolgozás ellenőrzése és az eredmények értékelése mérnöki feladat, de alapelveit a gát- és csatornaőröknek, vízügyi technikusoknak is ismerniük kell! Az eseti vízhozammérési módszereket négy fő csoportra oszthatjuk:

- köbözés
- hordozható mérőbukóval való mérés
- jelzőanyag mérés
- szelvényterület – sebesség mérésen alapuló vízhozammérés.

A 2-5. táblázat segítséget nyújt a megfelelő mérési módszer kiválasztásában.

### 2.6.1. Vízhozammérés köbözéssel

A köbözés a legegyszerűbb és egyben a legpontosabb mérési módszer. Elméletileg a teljes mérési tartományban használhatjuk, a gyakorlatban azonban csak a kis vízhozamok mérésére ( $0 - 10 \text{ l/s}$ ) terjedt el, főként források vízhozamának meghatározására (2-10. ábra).

Alkalmazásának határt szab a könnyen hordozható és kezelhető köböző edény mérete és az, hogy előállítható legyen olyan szintkülönbség, amelynél a mérendő vízfolyás vize teljes egészében szabadon a köböző edénybe vezethető legyen. A létrehozott duzzasztás visszatartó hatás befolyásolhatja például egy forrás vízhozamát.

A köböző edény térfogata akkora legyen, hogy a mérendő vízfolyás vízhozama 5 másodpercnél hosszabb idő alatt töltsen meg azt. A köböző edény méretei határozzák meg a létrehozandó szintkülönbséget, úgy hogy az edényt a szabadon folyó vízszög alá helyezhető legyen, vagy a vízszög biztonságosan, félrelöttyögés nélkül hirtelen a köböző edénybe tudjuk terelni.



2-10. ábra. Vízhozammérés köbözéssel

2-5. táblázat. A vízhozammérési módszerek alkalmazhatósága

A szelvény				A mérés módja, eszköze
vízhozama (l/s)	sebessége (m/s)	szélessége (m)	középmélysége (m)	
0 – 10				köbözés
0,1 – 20				hordozható mérőbukó
10 – 500				jelzőanyagossal vízhozammérés
> 15	0,15 –	< 0,25	< 0,25	szelvénytűkítéssel és visszaduzzasztással, szondarúddal, vezetősóval vezetett kisméretű sebességmérő szárnnyal
> 15	> 1,5	0,25 – 0,6	0,25 – 0,6	áthidalásról szondarúddal, vezetősóval vezetett kisméretű sebességmérő műszerrel
> 40	> 1,5	0,6 – 5	0,6 – 3	áthidalásról szondarúddal, vezetősóval vezetett sebességmérő műszerrel
	> 1	50 – 250	< 3	egy részletben átfeszített szelvénykötél mellett mérőcsónakról szondarúddal, vezetősóval vezetett sebességmérő műszerrel
	> 1	50 – 250	> 3	egy részletben átfeszített szelvénykötél mellett mérőcsónakról, kötéltre függesztett sebességmérő műszerrel
	> 1	> 500	> 3	a) több részletben átfeszített szelvénykötél mellett mérőcsónakról, kötéltre függesztett sebességmérő műszerrel b) mérőcsónakról, mérőhajóról szelvényben horgonyozva, kötéltre függesztett sebességmérő műszerrel c) hídról, kötéltre függesztett sebességmérő műszerrel

Amennyiben a köböző edény hiteles térfogat beosztással van ellátva, úgy a mérés közvetlen leolvasással végezzük el, ennek hiányában a felfogott vizet tölcser segítségével menzúrába töltjük úgy, hogy a menzúrában lévő vízmennyiség kisebb vagy egyenlő legyen a legnagyobb beosztásnál. Az áttöltés során a részleolvasásokat is rögzítjük a jegyzőkönyvben.

A köbözés végrehajtásához általában 2 fő szükséges. Az előkészítés után (a jegyzőkönyv fejlécének kitöltése és a szükséges eszközök kikészítése, a köböző edény elhelyezésének próbája) a köböző edényt kezelő személy határozott mozdulattal a vízszög alá teszi az edényt, a stopperórát kezelő személy ezzel egyidőben elindítja a stopperórát. Ügyelni kell arra, hogy a teljes vízszög a köböző edénybe folyjon. Legalább 5 másodperces vízgyűjtés után (de ha lehetséges ezt az időtartamot meg kell hosszabbítani) a mérőedényt határozott mozdulattal kiemeljük a vízszög alól ügyelve arra, hogy a víz ne lötyögjön ki, ezzel egyidőben megállítjuk a stopperórát. A mérési időtartamot 0,1 másodperc pontossággal rögzítjük a jegyzőkönyvben, a mérőedényben összegyűjtött vízmennyiséget pedig megmérjük, majd a helyszínen kiszámoljuk a vízhozamot:

$$Q = \frac{V}{t} \text{ [l/s]}$$

ahol: V – a megmért vízmennyiség (l)  
t – a mérési idő (másodperc)

### 2.6.2. Vízhozammérés hordozható mérőbukóval

A 0,1 – 20 l/s vízhozam-tartományban a vízhozammérésekben eredményesen alkalmazhatjuk a hordozható mérőbukókat, amelyeknek több típusa terjedt el. Közös jellemzőjük, hogy viszonylag egyszerűen kialakíthatók, gondos telepítés és mérés esetén pontos eredményeket adnak. Vízszállításuk függ a bukóél geometriai alakjától és kialakításától, az átbukási magasságtól, az oldal- és fenékszűkítés mértékétől.

A hordozható mérőbukók típusai:

- négyszögszelvényű oldalszűkítéses (Poncelet) bukó
- háromszögszelvényű (derékszögű háromszög: Thomson) bukó
- trapézszelvényű, Chipoletti-bukó
- kör szelvényű bukó

A hordozható mérőbukók méretét a könnyű szállíthatóság és beépíthetőség szabja meg. A mérendő szelvény közelében a vízfolyáson ki kell választani egy nagyobb esésű szakaszt, amely után kell telepíteni a bukólemezt (2-11. ábra). Ásóval a vízfolyásra merőlegesen helyet készítenek, majd behelyezik a bukólemezt, amelyet gumikalapáccsal állítanak vízszintes helyzetbe. A lemezt vascsövekkel függőleges helyzetben rögzítik, alulról kövekkel támasztják meg, az élek mentén a felvízi oldal felől földdel tömítik. A közlekedő csövet úgy kell elhelyezni, hogy a felvízi nyílása a lemez előtt kb. 5-szörös átbukási magasságnak megfelelő távolságban legyen, és ne tartalmazzon légbuborékot. A telepítés után 5 percenként kell leolvasni az átbukási magasságot mindaddig, amíg két egyforma leolvasási eredmény nem adódik. A szállított vízhozamot – az átbukási magasság függvényében – az adott bukótípusra jellemző képlettel lehet számolni.



2-11. ábra. Háromszögszelvényű hordozható mérőbukó (Thomson-bukó)

### 2.6.3. Vízhozammérés jelzőanyaggal

A jelzőanyaggal való mérésnél egy adagoló edényből a vízbe bocsátott só- vagy festékoldat-sugár tökéletes elkeveredése utáni töménységből következtetünk a vízhozamra. A vízfolyás vízhozama a jelzőanyagot felhígítja, de annak mennyisége nem változik meg. A bevezetett jelzőanyag mennyiségéből és a levonulás időfüggvényéből vagy a hígulás mértékéből számítható a vízfolyás vízhozama.

Az alkalmazott jelzőanyag célszerűen olyan anyag, amely általában nem található meg a mérendő vízfolyásban, léghőmérsékleten a vízben könnyen oldható, könnyen kezelhető, egyszerű módszerekkel meghatározható a koncentrációja, nem bomlik le a vízben a mérés ideje alatt. A mérés során alkalmazott koncentrációban a jelzőanyag nem lehet veszélyes az emberre és az élővilágra. A fentiekben leírt követelményeknek többféle jelzőanyag használata terjedt el a gyakorlatban, mint pl. a nátriumklorid (konyhasó) stb.

A módszernél a mérendő szelvény környékén kiválasztanak egy olyan hosszúságú szakaszt, amelynek felső szelvényében beadagolva a jelzőanyagot az a szakasz zárószelvényébe érve teljesen elkeveredik. A mérőszakaszon a jelzőanyag nem maradhat el pangóvízes mederszakaszokon, ha mégis lennének ilyen mederrészek, akkor ásóval és lapáttal addig kell alakítani a patakmedret, amíg a pangóvízes részek teljesen el nem tűnnek.

A kiértékelés során az adagolt jelzőanyag és a minták koncentrációját határozzák meg és ebből számítják a vízfolyás vízhozamát.

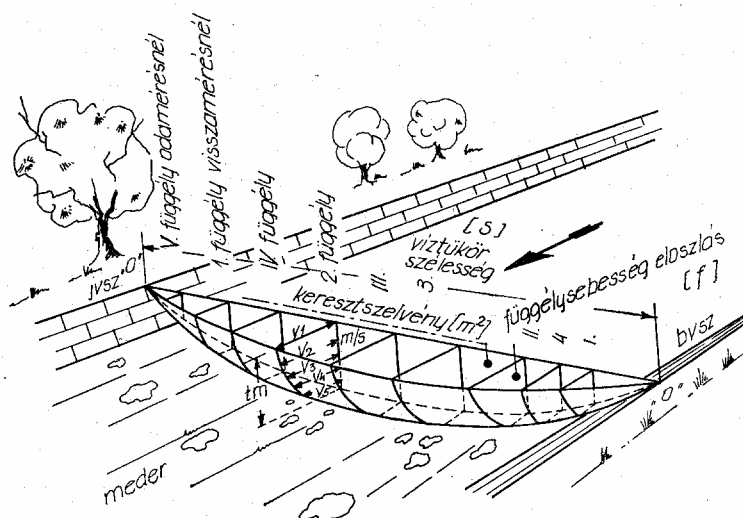
### 2.6.4. A vízhozam meghatározása a szelvényterület és a vízsebesség mérésével

A **víz sebessége** egy vízfolyás keresztzelvényének minden pontjában más és más. A képzeletbeli vízszálak sebességének átlagértékét **középssebességnek** nevezik. A sebességmérés célja, hogy jó közelítéssel meghatározzák a keresztmetszetben kialakult sebesség eloszlását és ennek ismeretében számítsák ki a középssebességet.

A mérés alapelve a nedvesített keresztzelvény felvételén és a szelvényen áthaladó vízsebesség



meghatározásán alapul, amely adatokból számítható a vízhozam. Az átfolyó vízhozam nem más, mint annak a testnek a térfogata, amelyet a keresztmetszvény síkja, az egyes sebességmérési pontokban felrakott merőleges sebességkomponensek végpontjain átmenő felület határol (2-12. ábra).



2-12. ábra. A függélyenkénti sebességméréssel végzett vízhozammérés elvi vázlata

Mind a szelvényfelvételnek, mind a sebességmérési pontok számának olyannak kell lennie, hogy a mérési adatokból rekonstruálható legyen a szelvény geometriája és a sebességviszonyai. A vízfolyások méret- és sebességviszonyai igen széles körben változnak, ezért az egyes esetekben alkalmazandó módszerre általános receptet adni nem lehet. Minden alkalommal egyedileg kell eldönteni a választandó megoldást.

### Vízsebesség-mérés és a vízhozam meghatározása úszóval

A vízsebesség úszóval történő meghatározásának lényege, hogy megmérjük egy meghatározott elmozdulás megtételéhez szükséges időt. Az úszóval történő vízsebesség-mérésre csak vizinövényzettől mentes, egyenes szakaszokon, lehetőleg szélmentes időben kerülhet sor. Alapjában véve a víz felszínén úszó minden tárgy felhasználható a felszíni sebesség mérésére, ha az a partról jól látható. Alkalmazhatók ún. *felszíni úszók* és *mélységi úszók* (*botúszók*). Az előbbieket lényegében a vízfelszín mozgásának sebességét mutatják, míg a mélységi úszók (*botúszók*) a függély különböző mélységű pontjaiban uralkodó sebességek együttes hatására bekövetkező mozgás sebességét jellemzik.

Sem a felszíni úszós, sem pedig a mélységi úszós vízhozammérés *nem alkalmas pontos mérésre, csak a vízsebesség és így a vízhozam becslésére*. A mérés előkészítése során a mérendő vízfolyás egy egyenes szakaszán – a víztükör szélességétől függő, egymástól ismert távolságban – kijelölnek két szelvényt. A nedvesített szelvényeket felméri és számolják a nedvesített keresztmetszvény szám-tani átlagát. A kitűzött szelvények között úsztatják az úszókat, úgy, hogy azokat a felső szelvény felett helyezik vízre. Stopperórával mérik a kijelölt szelvények között az úszók áthaladási idejét. A vízfolyás felszíni sebességét a megtett út és az idő hányadosaként számítják az alábbi képlet szerint:

$$v = L/t \text{ [m/s]}$$

ahol  $v$  – az úszó sebessége (m/s),

$L$  – a két szelvény egymástól mért távolsága (m),

$t$  – az úszó eljutási ideje a felső szelvényből az alsó szelvénybe (másodperc – s).

Felszíni úszó használata esetén legalább három úsztatást végeznek, a vízfolyás közepén és két szélén. A felszíni vízsebességből számítják a vízfolyás közepsebességét, feltételezve, hogy a közepsebesség nagyon kis mélységek esetén a felszíni sebesség 0,65-szöröse, normál vízfolyás esetén 0,86-szerese (átlagosan 0,75-szerese). A vízfolyás vízhozamát a közepsebesség és a szelvényterület szorzata adja. A mérési módszert csak szükségesetben használjuk.

### Mérés vízsebességmérő műszerrel

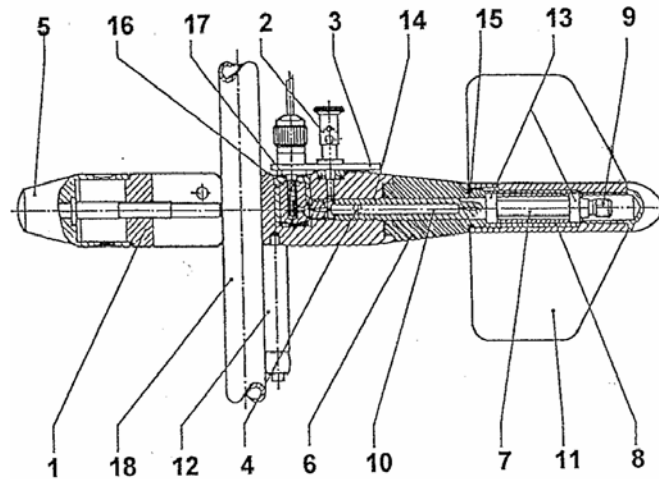
A vízrajzi szolgálatban napjainkban pontbeli sebességmérésre elektromechanikus, elektronikus (indukciós) és ultrahangos (ún. akusztikus digitális) **sebességmérő műszereket** használnak.

### Forgóműves vízsebességmérő műszer

Ez azelektromechanikus műszer több mint 100 éves fejlődés során alakult ki, de lényege e hosszú fejlődés ideje alatt változatlan maradt. A víz haladását valamilyen alakú forgó résszel forgó mozgássá alakít-

ják át, amelynek fordulatszám arányos a vízsebességgel. Hazánkban a vízszintes tengelyű műszerek terjedtek el (2-13. ábra). A fordulatszám és a vízsebesség kapcsolatát a hitelesítési görbe fejezi ki.

A forgó tömegek tehetetlenségének és a csapágsúrlódásnak a legyőzéséhez elegendően nagy sebesség szükséges, amely a műszer mechanikai kialakításától és a vitorlán keletkező nyomatéktól függ. Minél kisebb átmérőjű vitorlát alkalmaznak, annál nagyobb lesz azonos mechanikai felépítés esetén az indulási sebesség. A gyakorlatban alkalmazott legkisebb szárnyátmérő 3 cm, amelynek indulási sebessége 0,05-0,08 m/s, megbízhatóan 0,15 m/s sebesség felett mér. Ugyanerre a mechanikára 5 cm átmérőjű vitorla is szerelhető. A műszer gondos kezelést, napi karbantartást igényel.



2-13. ábra. Vízsebesség mérő műszer szerkezeti vázlata (Seba F1 típus)

1. műszertest, 2. negatív pólus, 3. retesz, 4. műszertengely rögzítő csavar, 5. műszertörzs rögzítő csavar, 6. átmeneti szűkítő idom, 7. műszer tengely, 8. csapágy távtartó, 9. csapágy-rögzítő csavar, 10. reed jeladó, 11. mérőszárny (propeller), 12. ütköző, 13. csapágy, 14-15. tömítőgyűrű, 16. kábel csatlakozó dugóval, 17. tömítőgyűrű, 18. szondarúd,

A módszer alkalmazhatóságának nincs felső határa, de a műszerek kalibrálása a hazai gyakorlatban 5 m/s-os vízsebességig történik. A legnagyobb méretű vízfolyások vízhozama is megmérhető ezzel a módszerrel, csak megfelelő eszközök kellene a mérés végrehajtásához.

#### Indukciós vízsebességmérő műszer

A pontbeli sebességmérés egy modernebb technológiája az indukciós elven működő vízsebességmérő műszer. A műszer szondából és kijelző egységből áll (2-14. ábra), mozgó, forgó alkatrészt nem tartalmaz. A sebességet a szonda belsejében elhelyezett indukciós tekercs által keltett mágneses térben mozgó vízben, mint vezetőben ébredő elektromos feszültség mérése útján határozza meg. A vízben mért feszültség arányos a műszer szoros környezetében mozgó víz áramlási sebességével. Ezt az arányt a műszer kalibrálása során határozzák meg és az ezt leíró függvény a műszer kiértékelő egységébe van beégetve, így a műszer kijelzője közvetlenül az előre beállított mérési időtartamra vonatkozó átlagos áramlási sebességet adja meg m/s mértékegységben.



2-14. ábra. Indukciós vízsebesség mérő műszer (Seba Flow típus)

### Akusztikus digitális vízsebességmérő műszer

A pontbeli sebességmérés egyik legmodernebb technológiáját az ultrahangos műszerek jelentik. A műszer két adó-vevő fejet tartalmaz. Ezen fejek ultrahang jelet bocsájtanak ki a mérés alatt, amelyek a vízben úszó részecskékről, mint visszhang visszaverődnek. A visszhang jeleket a fejek veszik és digitalizálják a digitális jelátalakító processzorral (DSP) visszhang diagramként. Kis szünet után a folyamat még egyszer lejátszódik így újabb visszhang diagram keletkezik. A DSP matematikai módszerrel megvizsgálja a két visszhang diagram hasonlóságát, kiszámítja a különbségüket. Ezután ez a különbség használható a vízsebesség meghatározására (2-15. ábra).



2-15. ábra. Akusztikus digitális vízsebesség mérő műszer (OTT ADC típus)

A legújabb indukciós és akusztikus elven működő műszerek lehetővé teszik, hogy a kezelőben tárolt mérési eredmények alapján azonnal vízhozam eredményt is számítsanak. Az ehhez szükséges szelvényadatok vagy manuális úton, vagy a mérőfejbe épített mélységmérő (nyomásmérő) segítségével közvetlenül kerülnek a kezelő szoftverébe.

Mindhárom technológia esetében történhet a mérés: parton állva, vízben állva, ideiglenes áthidalásról, hídról, csónakról, mérőhajóról (2-5. táblázat, 2-16. ábra).

#### A sebességmérő műszerrel történő vízhozammérés lépései:

- a mérőfelszerelés előkészítése,
- a mérőszelvény kijelölése,
- a keresztzelvény felvétel,
- a sebességmérés végrehajtása,
- a vízhozam kiszámítása.

**A mérőfelszerelés előkészítése.** A mérési tartomány igen széles határok között változik, ezért a felszerelésnek is ennek megfelelően sokrétűnek kell lennie. A vízhozammérésre való felkészüléskor számítani kell arra, hogy a körülmények (vízjárás, az előre kiválasztott szelvény mederváltozása stb.) miatt más mérési módszert kell választani vagy az eszközünk meghibásodik, ezért különböző méretű műszereket, gumicsizmát, magas szárú halászcizmát, és minden olyan felszerelést össze kell készíteni és magunkkal vinni, amelyre esetleg szükség lehet. A kisvízfolyásokon néhány óra alatt kialakulhat olyan időjárási helyzet, amely árvizet okoz. A mérésekre lehetőség szerint tartalék műszert is kell vinni. A ma használatos műszerek ugyan megbízhatóak, meghibásodásuk ritka, de a mérések, főként az árvízi mérések általában megismételhetetlenek. A mérésre való felkészülés során a mérőfelszerelést úgy kell felkészíteni, hogy a mérés helyszínén csak elő kelljen venni és a lehető legkisebb előkészítéssel használható legyen.

**A mérőszelvény kijelölése.** A keresztzelvény lehetőleg egyenes vízfolyás-szakaszon, ha nincs ilyen, akkor a kanyarulat – ellenkanyarulat érintkezési pontjában, az inflexiós pontban legyen. A meder zátonyoktól, pangó vizes részekről, visszaáramlásoktól mentes, a szelvény sebességeloszlása a vízfolyás tengelyére közel szimmetrikus legyen. A meder ne legyen növényzettel benöve, illetve a növényzet könnyűszerrel eltávolítható legyen. A meder stabil, szilárd legyen. A választott szelvény merőleges legyen a vízfolyásra. A szelvényben a vízmozgás sebességvektora merőleges legyen a keresztzelvényre. Kismértékű eltérés (néhány fok) esetén rögzített irányú műszerrel még lehet mérni.



Vízhozammérés parton állva



Vízhozammérés vízben állva



Vízhozammérés mérőhídról



Vízhozammérés csónakból

## 2-16. ábra. Vízhozammérések

Hídról való mérésnél minden esetben meg kell arról győződni, hogy a híd tengelye merőleges szöget zár-e be a sebességvektorral, azaz a felvett nedvesített keresztmetszvény merőleges-e a sebességvektorra. Amennyiben ez a feltétel nem teljesül, úgy meg kell határozni a híd és a sebességvektor (nedvesített keresztmetszvény) által bezárt szöget. Ha a merőlegestől az eltérés nem nagyobb 30 foknál és az egyéb feltételek maradéktalanul teljesülnek, úgy a mérést végre lehet hajtani, de a hídon mért távolságokat híd állásszögének megfelelően redukálni kell. Egyéb esetben mindig meg kell követelni a sebességvektorra merőleges szelvénykitűzést.

**A keresztmetszvény felvétele.** A keresztmetszvény felvételének sűrűsége a víztükörszélesség függvénye. Az ajánlott mélységmérési távolságokat a mérési útmutatók tartalmazzák.

Szabályos, burkolt medreket a fenti mélységmérési sűrűséget betartva, a medret mintegy végigszondázva ki kell deríteni az esetleges feliszapolódásokat, köveket, hogy a szabályos meder töréspontjai feltétlenül rögzítve legyenek.

A szelvényfelvétel első lépése a szelvény kitűzése. A szelvényben a mélységmérési pontok helyzetének meghatározását többféle módon végezhetjük, pl. közvetlen távolságméréssel, mérőszalaggal, beosztásos szelvénykötéllal, optikai távmérővel stb. Lehetőség szerint közvetlen távolságmérést kell alkalmazni.

A szelvényben a mélységmérés többféle eszközzel hajtható végre:

- beosztásos mércével,
- szondarúddal,
- kötélre függesztett ólomsúllyal,
- ultrahangos mélységmérővel.

A mélységmérés a szárnyal való vízhozammérés egyik sarkalatos pontja. A mélységmérésben vétett hiba közvetlenül jelentkezik a vízhozam számításakor, ezért különös gondossággal kel végrehajtani. Az alkalmazott módszer törekedjen a lehető legnagyobb pontosságra, ne pedig a könnyű kivitelezhetőségre. A beosztásos mércét, valamint a szondarudat előnyben kell részesíteni az ólomsúllyal és az

ultrahangos mélységmérővel szemben.

*Szondarudat* kell használni mindaddig, amíg a vízmélység kisebb 5 m-nél és a vízsebesség elég kicsiny ahhoz, hogy a szondarudat biztonságosan lehessen a mederfenéig leszární. A sebesség növekedésével rohamosan csökken a mérhető vízmélység.

A szondarudat földmeder esetén tárcsával és csúccsal felszerelve, kemény, burkolt meder esetén pedig tárcsa és csúcs nélkül kell használni. A használat során a szondarúddal "tapogatni" kell a mederfenéket, nem szabad erősen beleszární. A használat során a vízfolyással szemben állva a szondarudat két kézzel kell megfogni és folyásiránnyal szemben előreszární olyan erővel, hogy a vízáramlás sodró hatása ellenére a szondarudat függőleges helyzetben lehessen a mederfenékre helyezni. A gyors, de pontos leolvasás után a szondarudat folyásiránnyal lefelé kell kiemelni a vízből.

*Kötélre függesztett ólomsúlyt* kell használni, ha szondarúd már nem alkalmazható és nem áll rendelkezésre ultrahangos mélységmérő. Az ólomsúly használata mélységmérésre elég körülményes, mert minden pontban le kell engedni és fel kell húzni. Ez szelvényenként legalább 20-szori csörlőzést jelent. A leeresztő csörlő cm-es felbontású számlálóval legyen ellátva. Az ólomsúly talpérzékelővel legyen ellátva a fenék érzékeléséhez. Laza, iszapos mederfenék esetén még talpérzékelővel ellátott ólomsúllyal is kétséges a mederfenék helyzetének pontos érzékelése (2-17. ábra).



2-17. ábra. Vízsebességmérő műszer ólomsúllyal, talpérzékelővel

Az *ultrahangos mélységmérő* használata nagymértékben megkönnyíti a keresztshelvény felvételt. A mérés alapelve, hogy a hang terjedési sebessége ismert a vízben és terjedése során a határfelületekről (víz – mederfenék, víz – levegő stb.) visszaverődik. Az ultrahangos mélységmérő felbontóképesége általában 10 cm, legkisebb mérhető vízmélység 70 cm.

**A sebességmérés végrehajtása.** A keresztshelvény felvétele után kell kiosztani a sebességmérési függéyek helyét. A függéyek száma a víztükörszélesség és az áramlási viszonyok, helyzete a mederalak függvénye, mindig páratlan szám. A minimálisan mérendő függéyszám öt. Legnagyobb vízfolyásunkon, a Dunán 13 függéyben kell mérni.

A sebességmérés és minden függéy mérése előtt a pontos időt a sebességmérési jegyzőkönyvbe kell írni. A kiosztott függéybe-állás után ellenőrző vízmélység-mérést kell végezni.

A pontkiosztás elkészítéséhez meg kell mérni a szerkezeti magasságot, amely függ a felfüggesztés módjától. Ólomsúllyal való mérésnél ez a műszertengely és az ólomsúly talpérzékelője közötti távolság. Szondarúdra helyezett műszernél, ha a meder anyagába besüllyed a szondarúd csúcsa, akkor a biztonsági ütköző és a műszertengely közötti távolság, ha burkolt a meder, akkor a szondarúd csúcsa és a műszertengely közötti távolság.

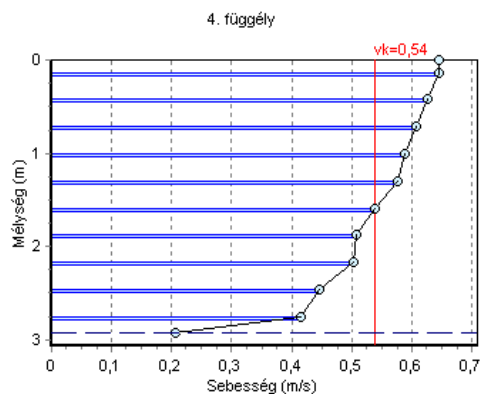
A pontkiosztás során a vízfelszín közelében kell felvenni az első pontot (a műszer szerkezeti magasságának megfelelő mélységben), az utolsó pontot a fenékhez a lehető legközelebb – a szerkezeti magassággal csökkentett mélységben – kell kijelölni. A többi pontot (legalább három, legfeljebb 8) e két pont között egyenletesen kell kiosztani. A pontok közötti távolság nem lehet kisebb, mint a vitorlaátmérő, ezért szükség esetén csökkenteni kell a közbenső pontok számát.

Gyorsított (pl. árvízi) mérés esetén esetleg csökkenteni lehet a mérési pontok számát. Ötpontos mérés esetén a felszín alatt, a fenék felett az előbbieken ismertetett helyen és a mélység 0,2; 0,6; 0,8 szorosában, hárompontos mérés esetén a mélység 0,2; 0,6; 0,8 szorosában mérünk. A hárompontos kiosztás csak rendkívüli esetben alkalmazható, ha a mérési körülmények nem térnek el az átlagostól.

A mérési előkészületek után kell beállni az első – a bal parti szélső – függéybe, és megmérni a kiosztott pontok sebességét. Egy-egy pont sebességmérésének legrövidebb ideje 40 másodperc, amelytől

csak rendkívüli esetben (árvízi vízhozammérésnél) lehet eltérni. Szigorúan tilos a mérési idő felezése és a forgásszám duplázása. Abban az esetben, ha a forgásszám 40 másodperc alatt nem éri el a 40-et, akkor hosszabb mérési időt, vagy rögzített idő helyett rögzített 40-es forgásszámot kell választani és annak időtartamát megmérni. Az első függély mérése után a páratlan függélyeket kell megmérni, majd a jobb parthoz érve visszafelé a párosakat. Ezzel a módszerrel a mérés közbeni vízállásváltozások hatása csökkenthető. A mérés után a mérőfelszerelést le kell takarítani és karbantartani.

**A vízhozam kiszámítása.** A vízhozamot a vízrajzi szolgálatban elterjedt számítógépi programokkal határozzák meg, amelyek alkalmasak mindenféle helyzetben mért vízhozam számítására a szabványban rögzített módon.



2-18. ábra. Függély sebességeloszlási ábra

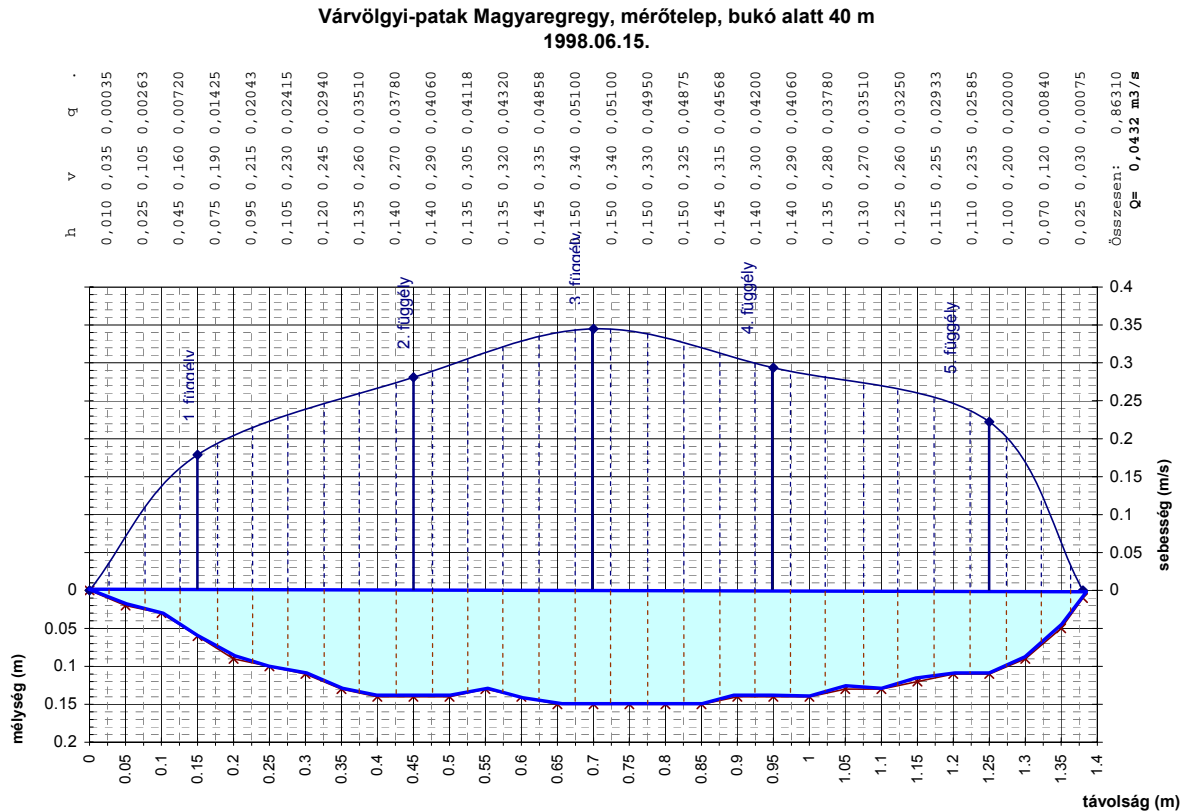
Kézi számítás esetén a műszer hitelesítési egyenletének segítségével kell kiszámolni a mérési pontok sebességét. Egy függély sebességeloszlást a 2-18. ábra mutat be. A vízfelszín sebessége megegyezik az alatt mért pont sebességével. A legalsó pont sebességének a fele a fenéken feltételezett sebesség, vagy tiszta meder esetén a fenékhez érintőlegesen, növényzettel benőtt meder esetén a függőlegeshez érintőlegesen kötik be a sebességábrát. A sebességábra területe osztva a vízmélységgel adja meg a függély-középsébséget.

A keresztszelvényre (2-19. ábra) felrakott mélységmérési pontokat egyenessel kell összekötni. A keresztszelvény fölé kell felrakni a függély-középsébségeket és a pontokat folytonos görbe vonallal kell összekötni. A görbét be kell kötni a parthoz, figyelembe véve a vízsebességmérési jegyzőkönyvben található, a part menti vízsebességre vonatkozó utalásokat.

A keresztszelvényt és a sebesség-eloszlási ábrát  $\Delta l$  szélességű függőleges sávokra kell osztani. Minden sáv középvonalában le kell olvasni a mélységet (m) és a sebességet (v). E két érték szorzata szorozva a sáv szélességgel ( $\Delta l$ ) adja a sáv részvízhozamát:

$$q_i = m_j v_i \Delta l$$

A  $q_i$  részvízhozamok összege adja a teljes vízhozamot.



2-19. ábra. Vízsebesség mérési jegyzőkönyv grafikus feldolgozása

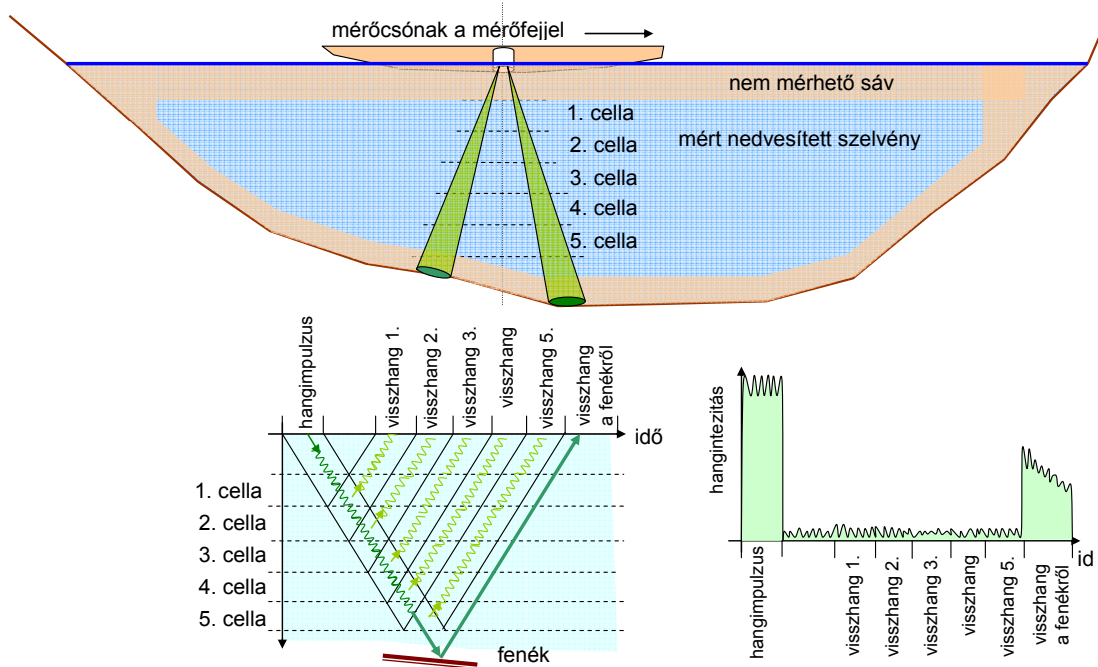
**Mérés ADCP-vel**

Az utóbbi években az eseti és a folyamatos vízhozammérésben megjelentek a Doppler-elven működő ultrahangos vízsebességmérő műszerek. A vízhozammérésben ezek a műszerek forradalmi áttörést jelentenek, mert a mérés időszükségletét egy nagyságrenddel csökkenti, pontosságát, reprodukálhatóságát nagy mértékben megnöveli. Így egy vízrajzi mérőcsoport termelékenysége jelentősen megnő, azaz a hagyományos forgószárnyas vízhozammérés mérési ideje alatt több szelvényben képesek vízhozamot mérni a mérőcsoportok.

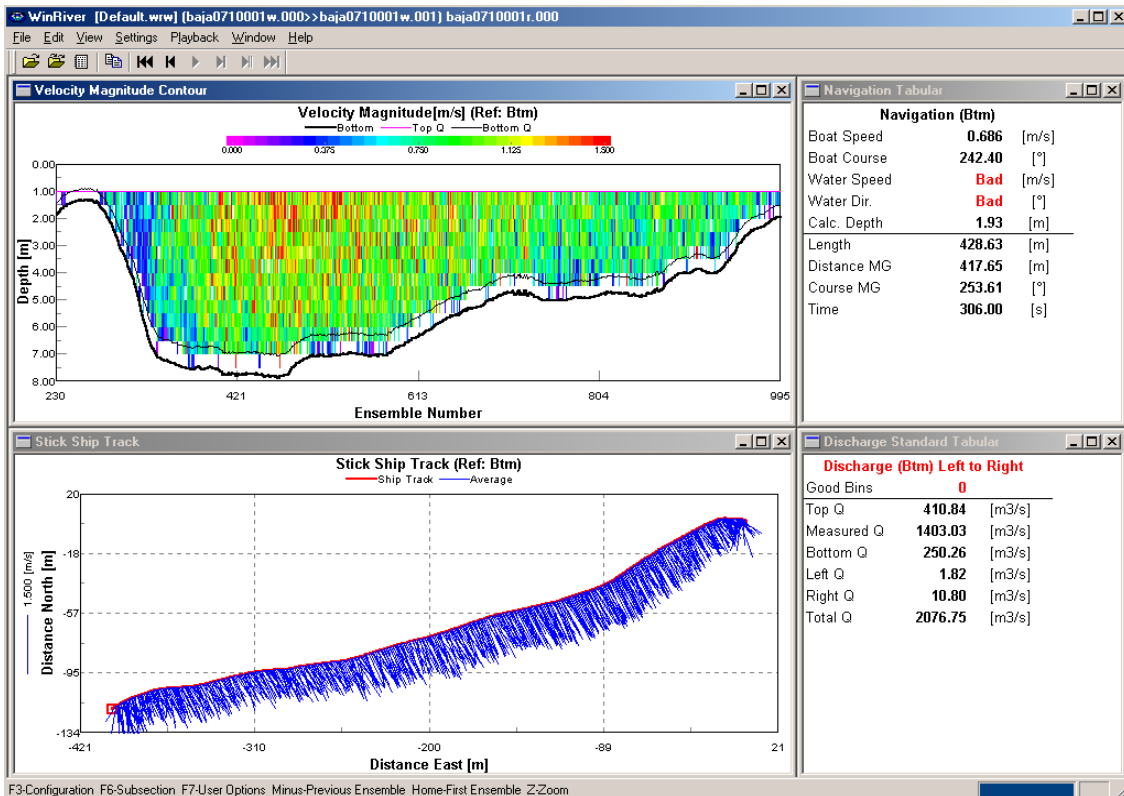
Az ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler – Doppler-elvű akusztikus sebesség profilírozó műszer) működési elve a Doppler jelenségen alapszik: a megfigyelőhöz képest mozgó tárgyról származó, vagy onnan visszaverődő hullám frekvenciája megváltozik a mozgási sebességgel arányos módon. Így a vízbe merített adó-vevő fejjel kibocsátott hangimpulzus a vízben lévő lebegő részecskékről (lebegtetett hordalékszemcse, légbuborék, stb., amelyet feltételezünk, hogy a vízzel együtt mozog) egy része visszaverődik és a vevő fej észlelve azt, meghatározható a részecske mozgási sebessége az észlelőhöz képest. Ahhoz, hogy a sebesség térbeli iránya is meghatározható legyen, legalább 3 mérőszög szükséges. Rendszerint 4 mérőszöget alkalmaznak (térbeli 20 fokos szögben elrendezve), így a mérés ellenőrzésére is mód nyílik. A kibocsátott hangimpulzus vízbeni terjedési sebessége ismert (a vízhőmérséklet, a sótartalom és a hordaléktöménység függvénye), így a visszaverődő jel idő szerinti felbontásával, „kapuzásával” a mélység cellákra bontható. Minden egyes cellában lévő részecskékről visszaverődő jelcsomagban a Doppler-hatás érvényesül, így a cella középsebessége meghatározható. A cellának a mélysége a beérkezés idejéből számítható. A mérőfej bemerülése és az egyéb zavaró hatások miatt a felszín közeli és a fenék feletti sáv sebessége nem mérhető. Ugyancsak nem mérhető a part közeli rész, így ezek sebességadatait interpolációval határozza meg a működtető program.

A mérés végrehajtása során a mérőcsónakkal kereszteljük a vízfolyást („átmenet”), miközben másodpercenként több „pingelés” történik. Minden egyes pingelés során mérjük a cellák vízsebességnek nagyságát és irányát. A mérőcsónak helyzetét a kiindulási ponttól a fenékről visszaverődő jel Doppler-hatásából számított sebesség nagyságából, a több mérőszög adatából annak abszolút irányát a műszerben lévő elektronikus iránytű segítségével számítjuk. A vízmélységet a négy mérőszöggel mért mélység átlaga adja, vagy az újabb műszerekben külön függőleges mérőszöggel mérjük. A vízhozam számítása a függély középsebesség és a szomszédos pingelések közötti távolság, valamint a mélység szorzatának halmaza adja, amely számítás során a működtető program egy virtuális keresztzel-

vényre merőleges sebesség és a szelvénnel párhuzamos nedvesített terület adatokat számol. Mozgó mederfenék esetén a mérőcsónak követését GPS segítségével határozzuk meg.



2-20. ábra. Az ADCP vízhozammérés elvi ábrája



2-21. ábra. WinRiver kezelőszoftver fő képernyője (az ábra felső részén a pingelések és a cellák, valamint azok sebességadatai, az alsó ábrarészen az átmenet útvonala és a függéyek középsebesség vektorainak nagysága és iránya látható)



### 2.6.5. Vízhozam mérése Szigyártó-csatornával

Az eddig ismertetett leírásokból az derül ki, hogy egy vízfolyás vízhozamának megmérése alapvetően összetett, időigényes feladat, szemben a vízállás megméréseinek lehetőségével. Ezért merült fel az az igény, hogy célszerű lenne a vízhozammérést valahogyan a könnyebben elvégezhető és akár automatizálható (táv mérhető) vízállásmérésre visszavezetni; ezáltal lényegében a vízhozammérést is mintegy „táv mérhetővé” tenni.

Az ehhez szükséges feltétel egy állandó, stabil vízhozamgörbe előállítása (lásd a 2.6.7. fejezetet).

Belátható, hogy egy adott keresztszelvényben egy adott vízszinthez tartozó vízhozam a pillanatnyi felszíneséstől függ. Amennyiben egy keresztszelvény környezetének megfelelő kialakításával elérhető, hogy az adott vízszinthez mindenkor ugyanakkora felszíneséssel érkezzon a víz, úgy adott a lehetősége egy stabil vízhozamgörbe előállításának. A vízhozamgörbe alapján pedig lehetővé válik, hogy egyszerű vízállás mérést végezve a görbe segítségével azonnal kiszámítsuk a pillanatnyi vízhozamot.

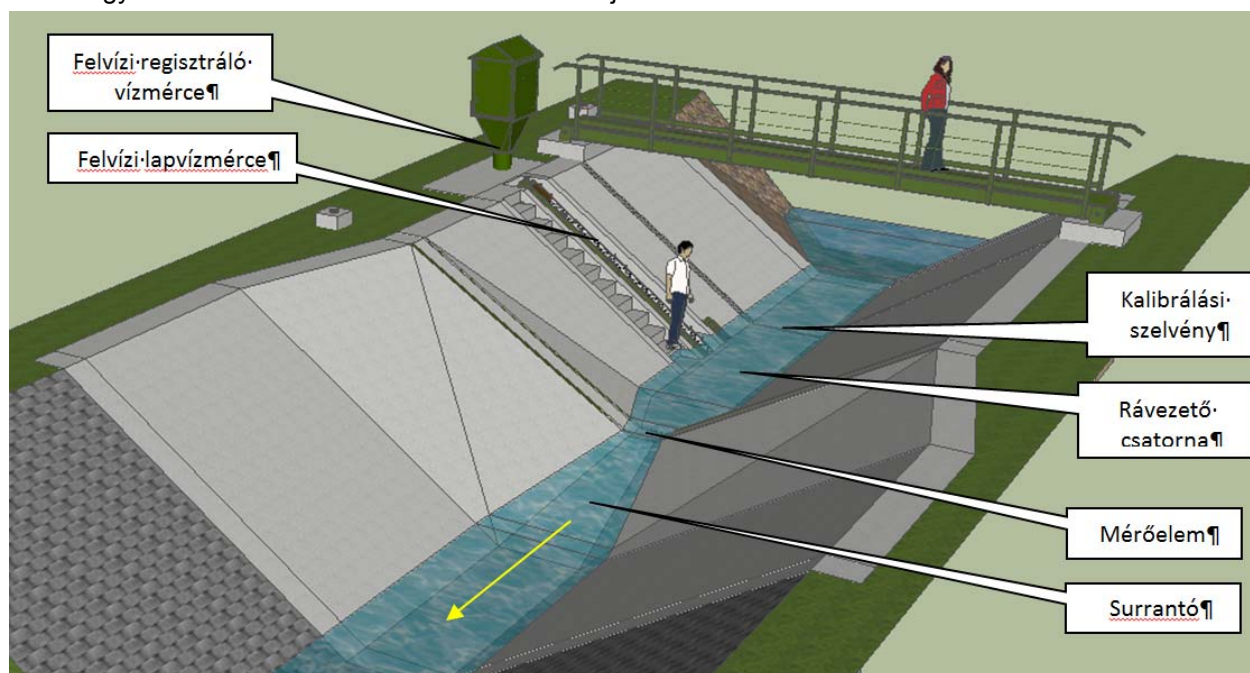
A Szigyártó-csatorna egy ilyen műtárgy. Kialakítását, méretezését az MSZ 15321 számú szabvány tartalmazza.

A csatorna méréstartományja az alkalmazott vízállás mérés pontosságától függően gyakorlatilag 0 – mintegy 50 m<sup>3</sup>/s-ig terjed (ez tapasztalati érték, ennél nagyobb műtárgy eddig nem készült).

Méréstechnikai szempontból a műtárgy főbb részei:

- a mérőelem, amely a trapéz szelvényű mérőszűkületből és az utána következő surrantóból áll (ez utóbbi szükséges a rohanó vízmozgás előállításához);
- a víz rávezetésére szolgáló, betonnal burkolt, trapéz szelvényű csatorna;
- felvízi vízmérce és regisztráló vízmérce (továbbá szükség esetén az alvízen is);
- kalibrálási szelvény.

A műtárgy általános kialakítását a 2-22. ábra mutatja.



2-22. ábra. Szigyártó-csatorna általános kialakítása (B típusú műtárgy)

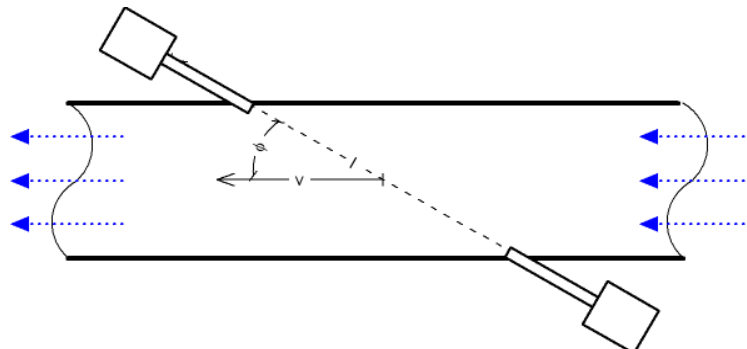
### 2.6.6. Beépített vízhozammérők

A vízhozam esetében is, mint minden más vízzel kapcsolatos paraméter esetében minél részletesebb adatsorra van szükség. Az expedíciós vízhozammérések csak korlátozott számú adatot biztosítanak. Az alkalmi mérésekből vízhozamgörbék előállításával lehet folyamatos adatsort kiszámítani. A vízhozamgörbe legegyszerűbb esetben a vízállás és a vízhozam közötti összefüggés. Az egyszerű módon és folyamatosan mérhető vízállásból a vízhozamgörbe segítségével folyamatos vízhozam adatsor állítható elő. Vannak olyan vízfolyás szakaszok, ahol a vízhozamgörbe meghatározásához nem elegendő a vízállás, hanem a felszínesést is figyelembe kell venni. Ennek megmérése – a Magyarországon nagy számban előforduló – a kis esésű vízfolyásokon nagyon nehéz vagy lehetetlen

feladat. Külön feladatot jelent a zárt csővezetékben áramló víz mennyiségének a mérése (pl. vízszolgáltatás esetén).

A zárt csővezetékben viszonylag egyszerűen és egyértelmű módon beépíthető érzékelőket helyeznek el, amelyekhez kapcsolódó adatgyűjtő és kiértékelő elektronika kapcsolódik. A felhasználónak csak néhány egyszerű paramétert (pl. csőalak és átmérő) kell megadnia.

### Mérés zárt vezetékben



2-23. ábra. Ultrahangos sebességmérés csővezetékben

Az ultrahang (hang, melynek frekvenciája >20 kHz) 1400 és 1500 m/s sebességgel terjed a vízben. A jellemző terjedési sebességet a víz hőmérséklete és a sótartalma határozza meg. A hangot a víz áramlása is viszi. Egy akusztikus impulzus melyet folyásirányban küldtek el nagyobb sebességgel éri el a túloldalán lévő vevőt, mint az, amelyet folyásiránnyal szemben küldtek (2-23. ábra). Ez azt jelenti, hogy különbség van azon impulzusok terjedési ideje között, melyek a folyás iránnyal megegyezően vagy szemben haladtak. Ezt a különbséget mérni lehet, és arányos a víz sebességével.

### Mérési megoldások nyíltfelszínű vízfolyásokban

A nyíltfelszínű vízfolyásokban már sokkal bonyolultabb a folyamatos vízhozammérés megvalósítása. A meder, még a legmegfelelőbb helyen sem teljesen szabályos, a mederérdesség tág határok között mozog. A mérések minden megoldás esetén ugyanazt a számítási módszert alkalmazzák:

A vízhozam általános képlete:

$$Q = v_{\text{átlag}} \times A_w$$

$Q$  = vízhozam

$v_{\text{átlag}}$  = szelvény középsebesség

$A_w$  = nedvesített keresztmetszvény

Kalibráló mérésekkel vagy elméleti számítással a mért sebesség és a szelvény középsebessége közötti összefüggés (ami a vízállás függvénye), meghatározható. Ismerve a mérés kori vízállást:

$$v_{\text{átlag}} = k \times v_{\text{mért}}$$

$v_{\text{mért}}$  = a mérőberendezés által mért sebesség

$k$  = a szelvény középsebesség és mért sebesség arányát kifejező tényező ( $k = f(H)$ )

$H$  = vízállás

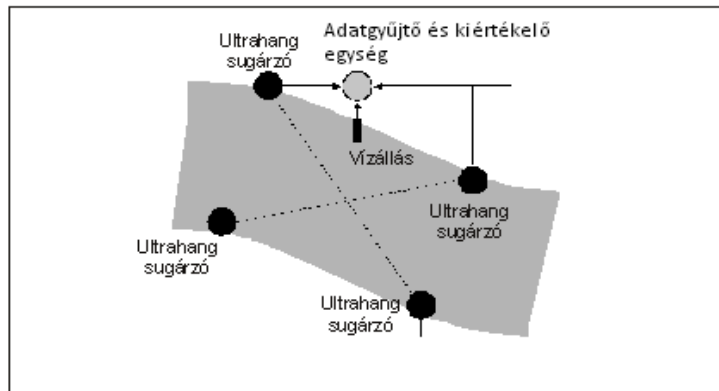
A  $v_{\text{átlag}}$ -ot visszahelyettesítve az általános képletbe

$$Q = k \times v_{\text{mért}} \times A_w$$

A vízhozam minden esetben számítás eredménye, a mérőállomáson „csak” vízsebesség és vízállás-mérés történik.

### Terjedési időt mérő berendezések

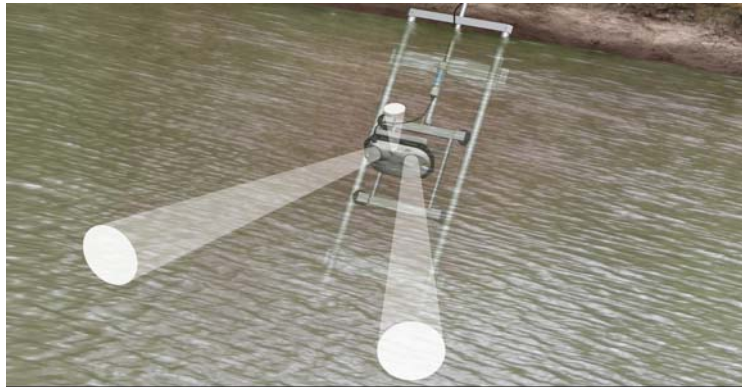
A felszíni vizek esetében is alkalmazható a csővezeték áramlásmérésénél használt ultrahangos megoldás. Az úgynevezett „mérőkeresztes” megoldás. Előnye, hogy nagyon pontos mérést tesz lehetővé és kis mélységek esetén is jól használható. Nagy hátránya, hogy drága az alépítmény kialakítása és fenntartása (2-24. ábra).



2-24. ábra. A terjedési időt mérő berendezés elrendezési vázlata (mérőkereszt)

### Oldalra néző Doppler-radar

A mérőberendezés szenzora és sebességmérési elve megegyezik az ADCP mozgó eszközökön használt műszerével (2-25. ábra). Előnye, hogy könnyen telepíthető. Leggyakrabban egy sínre rögzítik, úgy, hogy kicsúsztatható legyen tisztítás céljából. Ezért a fenntartása könnyű és olcsó. Hátránya, hogy kis vízmélység esetén nem használható, a mérőfej előtti növényzet meghamisítja a mérési eredményt, ezért fokozott mederkarbantartás szükséges.

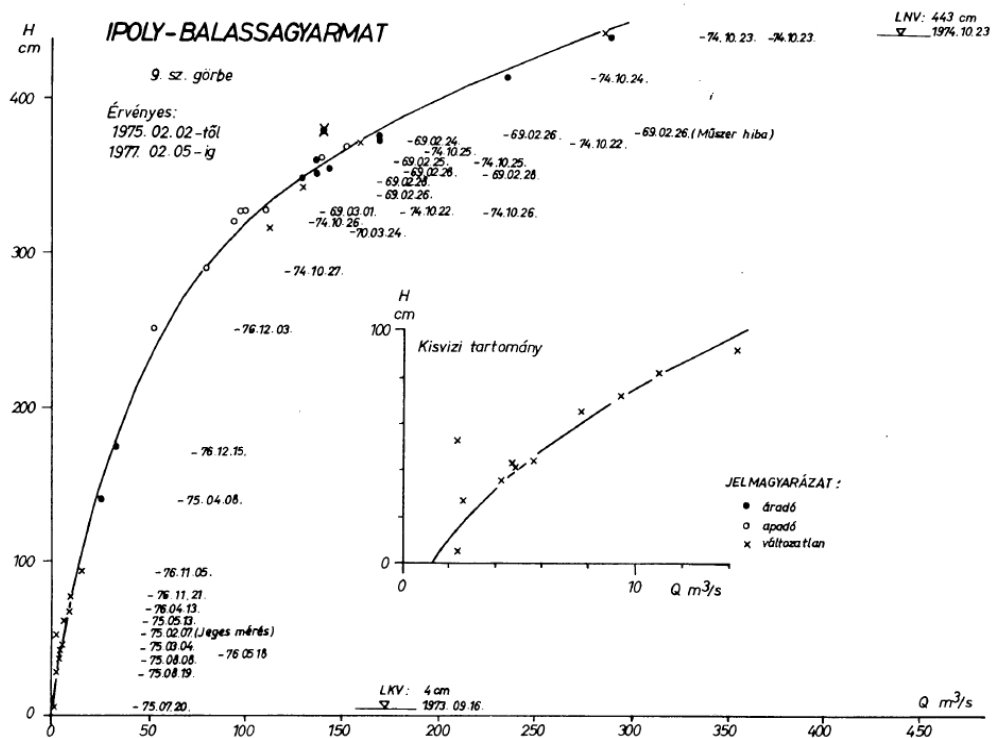


2-25. ábra. Az oldalra néző Doppler-radar

### 2.6.7. A vízhozamgörbe

A vízfolyásokon rendszeresített, a vízjárástól függő gyakorisággal végzett vízállás megfigyelések nem elegendők ahhoz, hogy a vízfolyás vízkészletét (a mederben folyó vízmennyiségeket) meghatározzuk. Az eseti vízhozammérések sem szolgáltatnak közvetlenül kellő számú adatot ahhoz, hogy a vízkészleteket kellő pontossággal számítsuk. Amennyiben sikerül olyan gyakorisággal különböző hidrológiai helyzetben vízhozammérést végezni, hogy a szelvény állandónak tekinthető legyen a mérési periódus alatt, akkor megvan annak a lehetősége, hogy a mérési adatokból egy olyan kapcsolatot határozzanak meg, amely a *vízállás függvényében a vízhozamot adja meg*. Ezt a görbét nevezik **vízhozamgörbének**.

A vízhozamgörbe szerkesztése úgy történik, hogy a szelvényben végzett vízhozammérések eredményeit – összetartozó vízállás (H, cm), vízhozam (Q, m<sup>3</sup>/s) értékpárokat – koordináta-rendszerben ábrázolják. A felrakott adatpont-párokat megkülönböztetik annak függvényében, hogy a mérés ideje alatt a vízállás-változás milyen értelmű volt. Stagnáló vízállás esetén „+” jelet, áradó vízállás esetén „●”, apadó esetén „○” jelet alkalmaznak és a pont mellé írják a mérési időpontot is. A mérési dátum feltüntetésének célja az, hogy a vízhozamgörbe esetleges időbeli változását ki lehessen szűrni (2-26. ábra). A megszerkesztett vízhozamgörbéhez hozzá kell rendelni az érvényesség időtartamát. A görbe érvényességét ellenőrző mérésekkel rendszeresen ellenőrizni kell.



2-26. ábra Vízhozamgörbe

Az összetett medrek vízhozamgörbéje sok esetben egy görbével nem lehetséges, így a szerkesztésére elég nehéz általános érvényű receptet nyújtani, mert nincs két egyforma vízfolyás és szelvény. Az összetett esetekben, különösen árhullámok esetében a vízhozamgörbe megszerkesztése mérnöki feladat. A megszerkesztett vízhozamgörbe alkalmazását azonban a gát- és csatornaőröknek is ismerniük kell.

### 2.6.8. A lefolyt vízmennyiség

A napi vízállás-észlelések, valamint az érvényes vízhozamgörbék birtokában az egyes időszakokban (napokban, hónapokban, években) **lefolyt vízmennyiségek** meghatározhatók. A napi vízmennyiség meghatározása úgy történik, hogy a vízállás-észleléshez tartozó vízhozamértéket a vízhozamgörbéről leolvassák és úgy tekintik, hogy a két vízállás-észlelés közötti időtartamban a vízhozam értéke nem változott. Ez a feltétel természetesen – szigorúan véve – nem igaz, de a vízjárás hevességének megfelelő sűrű vízállás-észlelésekkel a kívánt pontosság elérhető.

A két vízállás-észlelés közötti időtartam alatt *leflyt vízmennyiség* ( $V$ , köbméterben –  $m^3$ ):

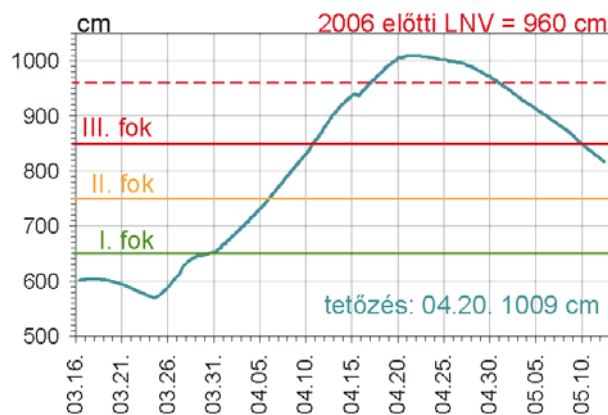
$$V = Q \times t,$$

ahol  $Q$  – az állandónak tekintett vízhozam ( $m^3/s$ -ban),  
 $t$  – a két észlelés közötti időtartam (másodpercben kifejezve)

Az egyes időszakokra vonatkozó **középvízhozam** (KÖQ) úgy állítható elő, hogy az időszak alatt levonult vízmennyiségek összegét osztani kell az időszak (nap, hónap, év) másodperceinek számával. Tekintettel arra, hogy a vízállás-vízhozam összefüggés nem egyenes, hanem görbe vonalú összefüggés, a vízállások átlagolásával kapott közepes vízálláshoz (KÖV) tartozó vízhozam nem azonos a középvízhozammal!

## 2.7. A VÍZJÁRÁS ÉS JELLEMZÉSE

A vízrajzi nyilvántartások legfontosabb adatai az ország valamennyi folyó- és állóvizének vízállás értékei. Ezeket az adatokat derékszögű koordináta rendszerben ábrázolják. A vízszintes tengelyen a mérés időpontját, a függőleges tengelyen az észlelt vízállást tüntetik fel. A felrakott pontokat összekötő vonalat **vízállás időornak** nevezik (2-27. ábra).



2-27. ábra. A Tisza szegedi vízmércéjén észlelt vízállás időornak a 2006. évi rendkívüli árvíz időszakában

A vízfolyás valamely szelvényében mért vízállás/vízhozam adatok („pontbeli” adatok) feldolgozásának végső célja, hogy az adott szelvényre vagy folyószakaszra meghatározzuk a *jellemző vízállásokat/vízhozamokat*. Ennek érdekében ismerni kell a vízállás/vízhozam *jellemző mennyiségeit*, valamint a szelvény megbízható *adatsorát*.

A vízfolyás egy-egy szelvényében mért vízállás/vízhozam adatok alapján a mederbeli leflyást két módon jellemezhetjük: a *vízjárással* és a *vízjátékkal*.

A **vízjárás** az adott szelvényben észlelt legnagyobb és legkisebb vízállás (vízhozam) közötti tartományban a vízállás/vízhozam időbeni változása, a vízfolyás és a vízgyűjtő terület természeti adottságai által meghatározott vízlevonulási viszonyok összessége. Jellemzésére leginkább a vízállások és vízhozamok időornát alkalmazzák. A különböző jellemző vízállásokat  $V$ -vel, a vízhozamokat pedig  $Q$ -val jelölik. Egy-egy vízmérce-, ill. vízhozammérő hely *jellemző vízállásainak, ill. vízhozamainak* a hazai gyakorlatban alkalmazott hagyományos jelölését a 2-6. táblázatban tüntettük fel.

2-6. táblázat. Vízállások és vízhozamok jellemző értékeinek jelölése

Jellemző érték	vízállás	vízhozam
Legnagyobb	LNV	LNQ
Nagy	NV	NQ
Közepes nagy	KNV	KNQ
Közép (számtani)	KÖV	KÖQ
Közepes kis	KKV	KKQ
Kis	KV	KQ
Legkisebb	LKV	LKQ

A vízmérce észlelési adatsorából kiemelten kell kezelni az alábbi **jellemző vízállásokat**:

*Legkisebb víz* (LKV): a vízmércén az észlelés kezdete óta előfordult legkisebb vízállás; a vízállás adata mellé írják az észlelés időpontját.

*Kisvíz* (KV): egy vizsgált időszakon (pl. éven) belül észlelt legalacsonyabb vízállás; értéke mellette fel kell tüntetni az időszakot.

*Közepes kisvíz* (KKV): hosszabb időszak kisvízeinek (KV) számtani középértéke.

*Középvíz* (KÖV): egy vizsgált időszak (pl. hónap, év) valamennyi vízállásának számtani középértéke (*havi középvízállás, évi középvízállás*).

*Közepes nagyvíz* (KNV): hosszabb időszak nagyvízeinek (NV) számtani középértéke.

*Nagyvíz* (NV): egy vizsgált időszakon (pl. éven) belül észlelt legmagasabb vízállás; értéke mellette fel kell tüntetni az időszakot.

*Legnagyobb víz* (LNV): a vízmércén az észlelés kezdete óta előfordult legnagyobb vízállás; a vízállás adata mellé írják az észlelés időpontját.

A vízjárás mérőszáma a változások tágassága, a **vízjáték**, amely a vízállás-tartomány legkisebb és legnagyobb értéke közötti különbség. (Például, a Tisza 1833 óta észlelt szegedi vízmércéjén az eddigi legkisebb vízállás LKV = -250 cm volt (1946-ban), az eddigi legnagyobb vízállás pedig LNV = 1009 cm (2006-ban); a vízjáték értéke itt 1259 cm.)

A *vízfolyások vízjátéka* alapján megkülönböztetünk *heves vízjárású* folyót (a vízállás időben hirtelen változik), vagy *nyugodt vízjárású* folyót (a vízállás időben lassan változik).

A vízjárás jellemzését és a folyó pillanatnyi vízjárási állapotának bemutatását segíti, ha egy-egy vízmérce szelvényben a vízjátékot száz részre felosztjuk, így minden vízálláshoz kapcsolhatunk egy %-os értéket, a *vízfokot* (*hidrográdot*). A hidrográd a vízmérce (alacsony-magas) vízállásáról, illetve a meder teltségéről azonnal értékelhető képet ad. A % kis (50% alatt) értékei a kisvízi, nagy (50% felett) értékei a nagyvízi tartományra utalnak. 100%-nál nagyobb értékek jelzik, hogy az adott árhullám vízállásai az eddigi észlelt legnagyobb vízállást (LNV) meghaladták.

Például a Tisza szegedi szelvényében – az előzőekben megadott adatok alapján – egy víz fok értéke 12,59 cm. Amennyiben a pillanatnyi vízállás 254 cm, akkor ez 40%-os mederteltségnek felel meg:

$$254 - [-250] / 12,59 = 40\%$$

A jellemző vízállásokkal/vízhozamokkal kapcsolatban fontos és lényeges feladat a nagyvizek tetőzésének, ill. a kisvizek völgyelésének a pontos felvétele. Nem elég ismerni a tetőzés vagy a völgyelés mértékét és idejét, hanem az árvizek, ill. kisvizek idején gyakori, két, esetleg óránkénti vízállás észleléssel és napi vízhozammérésekkel, a lehető legpontosabban rögzíteni kell az árhullám (kisvizek idején a völgyelés) levonulását. További feladat a tetőző (völgyelő) vízállásoknak a folyó hossza mentén (legalább kilométerenként, esetleg mindkét partoldalon) való rögzítése. Ezen adatok alapján előállítható az *árvízi* (vagy a *kisvízi*) *hossz-szelvény*, amely mind az árvízvédekezésnél, mind a hajózásnál, mind pedig a folyószabályozásnál rendkívül fontos alapadat.

A jellemző vízállásokkal/vízhozamokkal kapcsolatban figyelembe kell venni azt, hogy külön kell vizsgálni a *jeges és a jég nélküli* vízállás/vízhozam adatokat. Az álló jég és a jégtorlódás a lefolyási viszonyokat lényegesen megváltoztatja és így pl. a jeges és a jég nélküli vízállás adatok nem homogének. A jéggel befolyásolt vízállás vagy vízhozam adatokat az évkönyvekben, feljegyzésekben keretbe foglalják és így különböztetik meg a jégmentes értékektől. (Például, a Dunán Budapestenél a jégmentes LNV = 860 cm, amelyet 2006. április 4-én észleltek, a jéggel befolyásolt LNV = 1029 cm, amely a Pest városát elöntő, 153 áldozatot követelő nevezetes árvíz idején, 1838. március 15-én alakult ki.)

Az Országos Vízjelző Szolgálat (OVSz) a Duna vízrendszer Kárpát-medencebeli szakaszát ábrázoló térképvázlaton adja közre a Napi Vízjárési Térképet (2-28. *ábra*). A vízjárási térkép 1895 óta folyamatosan jelenik meg, 2002 végéig nyomtatásban adták ki, azóta csak az interneten érhető el az OVSz honlapján ([www.hydroinfo.hu](http://www.hydroinfo.hu)).

A vízjárási térképen egy adott folyószakasz mederteltségeire a felünyomásban látható vonalak száma utal. A mederteltség a vízjátékon belül a pillanatnyi vízállás helyzetét rögzíti, százalékban kifejezve. Az eddig előfordult legmagasabb jégmentes vízállás 100%, a történelmi minimum pedig 0%. Egy vonal 0–10% közötti mederteltséget jelez. A hatodik és következő vonalak vastagabbak, így utalnak a magasabb mederteltségekre. A napi jelentő vízmércék adatai alapján készülő áttekintés jól elkülöníti az áradó (piros folyamatos) és apadó (kék szaggatott) vonalal jelzett folyószakaszokat. A tetőző és völgyelő szakaszokat, ahol a tárgynapot megelőző 24 órában nem észleltek vízállásváltozást, hosszan szaggatott kék vonal jelzi. Külön jel utal a vízlépcsőkre.



2-29. ábra. A Napi Vízjárasi Térkép 2006. március 30-án

A vízmércén leolvasott vízállásadatokról sok esetben meg kell állapítani, hogy az észlelési adatsorból egy vízállás-tartományban (intervallumban) hány adat fordult elő. Az adatok értékelésének ezt a módját **gyakorisági vizsgálatnak** nevezik.

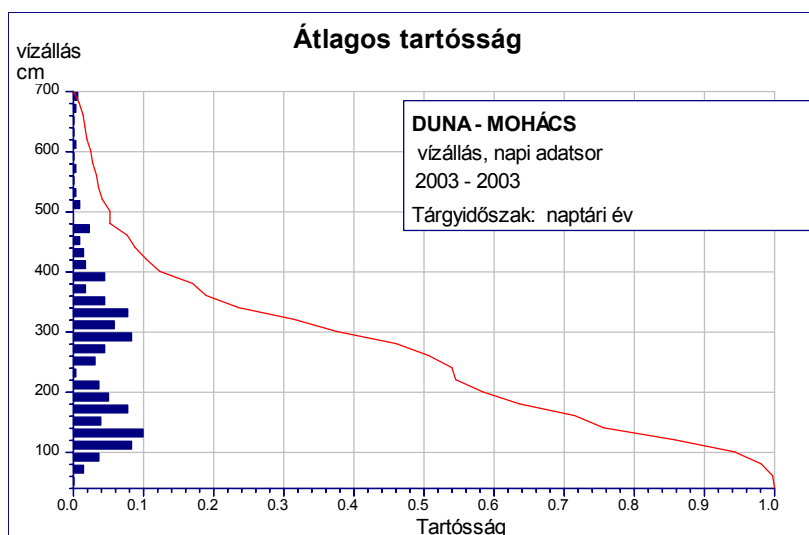
A **gyakoriság** azt mutatja meg, hogy tetszőlegesen kiválasztott vízállás intervallumok között a vizsgált időszakban hány vízállás adat fordult elő. Ehhez a vízállások napi adataiból ún. *gyakorisági táblázatot* kell készíteni (2-7. táblázat). Ehhez a legnagyobb és a legkisebb érték közötti tartományt megfelelő számú, egyforma nagyságú *osztályközökre* ( $\Delta x$ ) kell bontani. A példában a vízállás-intervallumot 20 cm-re választották. Meg kell számlálni, hogy hány mérési adat található intervallumonként havonta és éves összesítésben. Így előállítható a vizsgált vízállás adatsor gyakorisági táblázata. A gyakorisági adatokat derékszögű koordináta-rendszerben ábrázolva előállítható a *gyakorisági ábra* (2-21. ábra). Tekintettel, hogy a gyakoriság nem egyetlen mért értékhez, hanem egy osztályközökhöz ( $\Delta x$ ) tartozik, ezért a gyakorisági görbe nem folytonos, hanem *lépcsős* vonal.

A gyakorisági értéken kívül szükséges annak a megállapítása is, hogy mennyi időn át fordult elő egy kiválasztott vízállásnál nagyobb, ill. kisebb vízállás, vagyis mennyi annak **tartóssága**. Ehhez a vízállások napi adataiból *tartóssági táblázatot* kell készíteni. Minden vízállás intervallumra a gyakorisági értékeket összegezni kell a legnagyobb vízállástól kiindulva; vagyis, a tartósság a gyakoriságok összegzése. A tartóssági értékeket koordináta rendszerben ábrázolva megkapjuk a *tartóssági görbét* (2-29. ábra). A tartóssági görbe egy pontja megadja, hogy adott ponthoz tartozó, vagy annál nagyobb vízállásmennyi időn át (milyen tartósan) fordult elő a vizsgált időszakban.

A hidrológiai idősor, valamint a gyakorisági és a tartóssági görbék segítségével a vízfolyásokról, azok vízjárásáról olyan alapvető információk állíthatók elő, amelyek kiindulási alapjai lehetnek az előrejelzésnek, az árvízvédelemnek, a vízépitési műtárgyak tervezésének és kivitelezésének.

2-7. táblázat. Gyakoriság-tartósság táblázat (Duna–Mohács, 2003)

intervallumköz			gyakoriság (nap)												évi gyakoriság nap	évi relatív gyakoriság %	évi tartósság nap	évi relatív tartósság %			
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.							
-tól	-ig		hónapok																		
681	-	700	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.8%	3	0.8%
661	-	680	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.5%	5	1.4%
641	-	660	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%	6	1.6%
621	-	640	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%	7	1.9%
601	-	620	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.5%	9	2.5%
581	-	600	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.5%	11	3.0%
561	-	580	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	11	3.0%
541	-	560	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.5%	13	3.6%
521	-	540	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.5%	15	4.1%
501	-	520	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.8%	18	4.9%
481	-	500	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%	19	5.2%
461	-	480	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	8	2.2%	27	7.4%
441	-	460	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.1%	31	8.5%
421	-	440	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	1.6%	37	10.1%
401	-	420	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8	2.2%	45	12.3%
381	-	400	5	1	6	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	15	4.1%	60	16.4%
361	-	380	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	2.5%	69	18.9%
341	-	360	0	1	3	1	11	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	19	5.2%	88	24.1%
321	-	340	0	3	1	6	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	7.9%	117	32.1%
301	-	320	0	1	4	2	7	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	20	5.5%	137	37.5%
281	-	300	0	7	4	13	2	6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	34	9.3%	171	46.8%
261	-	280	0	1	4	6	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	14	3.8%	185	50.7%
241	-	260	0	1	1	2	0	1	0	4	2	1	0	0	0	0	0	12	3.3%	197	54.0%
221	-	240	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0.5%	199	54.5%
201	-	220	0	0	0	0	0	3	7	3	1	2	2	0	0	0	0	18	4.9%	217	59.5%
181	-	200	0	0	0	0	0	0	8	1	0	6	3	0	0	0	0	18	4.9%	235	64.4%
161	-	180	0	0	0	0	0	0	11	2	3	2	6	3	0	0	0	27	7.4%	262	71.8%
141	-	160	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0	3	4	0	0	0	15	4.1%	277	75.9%
121	-	140	0	0	0	0	0	0	3	1	6	0	12	14	0	0	0	36	9.9%	313	85.8%
101	-	120	0	0	0	0	0	0	0	11	4	4	4	9	0	0	0	32	8.8%	345	94.5%
81	-	100	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	1	0	0	0	13	3.6%	358	98.1%
61	-	80	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	7	1.9%	365	100.0%
41	-	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	365	100.0%



2-29. ábra. A gyakorisági és a tartóssági görbe



## 2.8. A FOLYAMI HORDALÉK JELLEMZŐI

A vízfolyások csaknem mindig szállítanak a vízzel együttmozgó ásványi eredetű szilárd anyagot, **hordalékot** is. A hordalékmozgás megismerése az erózió elleni védekezés és a folyószabályozás szempontjából elsődleges. Szoros kapcsolat van a mederben lefolyó vízmennyiség és a szállított hordalék mennyisége, illetve a vízállás-vízhozam-mederváltozás (mélyülés, feltöltődés) folyamatai között.

A hordalékot *osztályozhatjuk* keletkezési helyük; ill. mozgási formájuk szerint. A hordalék *keletkezhet*:

- a *vízgyűjtő területen*, a lefolyó víz eróziója révén (**talajerózió**);
- magában a *vízfolyás medrében* (**medererózió**).

A *talajerózió* is kétféleképpen jöhet létre:

- *árkos erózió*, amidőn a domborzat mélyvonulataiban már akár egyetlen zápor hatására is több méteres szélességben és mélységben sodorhatja el a talajt a lefolyó víz. Az árkos erózió legkifejlettebb formája a *vízmosás*, melyek gyakran több száz méter hosszúak és 30-40 m mélységet is elérnek;
- *lemezes (területi) erózió*, amidőn az egyenletes, sík felületű lejtőkön a lepelszerűen kialakuló felszíni lefolyás többé-kevésbé egyenletesen mossa el a fedőréteget. A lemezes erózió elsősorban a mezőgazdaságban okoz nagy károkat.

A *medererózió*, vagyis a vízfolyásokban lejátszódó eróziós folyamat, elsősorban a víz elsodró erejének (energiájának) hatására jön létre. A mederben még egyéb (pl. partalámosódás) folyamatok révén is keletkezhet hordalék, de a vízfolyásokban a vízgyűjtőről származó hordalék is jelen van.

A hordalék osztályozásának másik szempontja a *mozgási forma szerinti osztályozás*. Így megkülönböztetünk

- *lebegtetett hordalékot*;
- *görgetett hordalékot*; és
- *mederanyagot*.

A lebegtetett és a görgetett hordalék, valamint a görgetett hordalék és a mederanyag élesen nem választható el. A görgetett és a lebegtetett hordalék mozgásállapota között van egy *átmeneti zóna*, amelyben mindkét mozgásjellel érvényesül. Vagyis a görgetett és lebegtetett hordalék – a mozgás szempontjából – folyamatos egységet alkot. A görgetett hordalékot és a mederanyagot megkülönböztetni szintén nagyon nehéz és csak akkor lehetséges, ha a mederanyag szilárd, azaz nem „mozgó”, hanem „fix” mederről van szó. Ilyenkor a mederfenéken mozgó hordalék a folyó felsőbb szakaszáról érkezik. Viszont „mozgó medernél” a meder anyagának mélység szerinti változása igen jó ismereteket adhat a meder változására, a meder alakulására vonatkozóan.

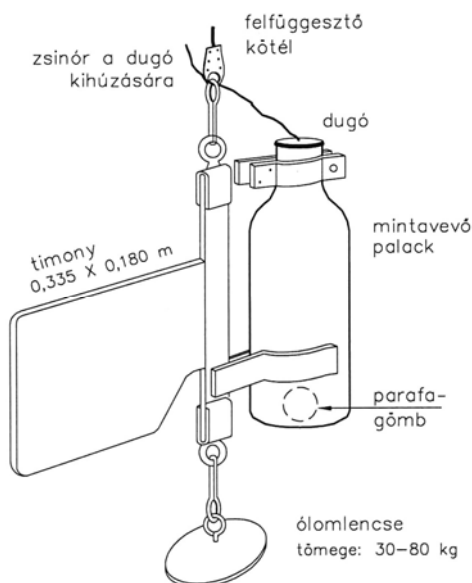
A **lebegtetett hordalék** a 0,002 mm-nél nagyobb ásványi eredetű anyag, amely a vízfolyás keresztmetszélyében bizonyos eloszlásban, lebegve, a vízsebességgel közel azonos sebességgel mozog. Mozgása egyedi, önálló mozgás és a saját fizikai, továbbá a sebességtér dinamikai jellemzőitől függ. Az egyes hordalékszemek egymásra hatása kicsi. A *lebegtetett hordalék* meghatározása, vagy legalább is jó közelítéssel való becslése történhet:

- mintavételezéssel;
- a töménység helyszíni mérésével.

A hordalék hozamának és minőségének meghatározására a vízhozammérésekkel egy időben hordalékmintákat is szokás venni.

A lebegtetett hordalék koncentrációja a vízhozam és a vízjárás függvényében nagy mértékben változik. A keresztmetszélyben sem egyenletes a koncentrációja, a fenék felett lényegesen nagyobb, mint a felszín közelében, de a partok felé haladva is csökken a koncentráció.

A lebegtetett hordalékot nagyon sokféle berendezéssel lehet venni. A berendezés típusa ugyanakkor befolyásolja a mintavétel eredményét, ezért fontos a mintavétel módszerének feljegyzése. A *pillanatnyi mintavevők* általában egy vízszintesen elhelyezkedő csőből és annak két végét lezáró szerkezetből állnak. A legegyszerűbb, és talán még ma is a legmegbízhatóbb a *palackos mintavevő* (2-30. ábra). Lényegében parafa-, vagy gumidugóval lezárt 1 liter űrtartalmú szélesszájú üveg, amelyet a felfüggesztő kötéllel leengednek vízfolyás keresztmetszélyében a mérési pontba és egy zsinór segítségével kihúzzák a palack dugóját. A megtelt palackot a parafa dugó (parafagömb) automatikusan elzárja. A palackos mintavevő tartalma 10 literes vízminta-gyűjtő edénybe kerül. A mérésnél annyi gyűjtőedényre van szükség ahány pontban vagy függvényben kell mintát venni. A mintavevő leeresztése azzal a mérőfelszereléssel történik, amellyel a vízsebességmérő szármagat engedik le a különböző mélységekbe.



2-30. ábra. Palackos mintavevő

Ma a vízrajzi szolgálat leggyakrabban szivattyú segítségével vesz mintát. Ebben az esetben ügyelni kell arra, hogy a mérőszóra erősített mintavevő cső a folyásiránnyal szemben álljon, a csőben ugyanakkora sebesség legyen, mint a környező víztérben és a szivattyúhoz csatlakoztatott csőrendszer minden mérési pontban kellően átöblített legyen.

A mintavételek száma:

- ha csak *egy pontban* akarjuk a lebegtetett hordalék töménységét meghatározni, akkor *kettő*;
- ha *függély középtöménységet* akarunk, akkor a *függély tíz pontjában egy-egy*;
- *szelvény középtöménység* meghatározásához a mintavételi függélyek száma és helye azonos a vízhozammérések függélyeivel és helyeivel
- *állóvizeknél* egy-egy mérési ponton mindig 10-10 vízmintát kell venni.

A **vízminták feldolgozása** részben közvetlenül a mérés után a helyszínen, részben laboratóriumban történik. A vett mintákat általában függélyenként összeöntik (költségtakarékossági okokból). A gyűjtődénybe öntött vízmintákat 24 órán át állni hagyják, és az így elérhető ülepedés után a megtisztult, felesleges vizet a hordalékról szivornyával óvatosan leszívják (közben mérik a térfogatát) és a maradékot (amely a lebegtetett hordalékot tartalmazza) szárítószekrényben bepárolják, és a hordalékanyagot 105 oC hőmérsékleten súlyállandóságig kiszáritják. A száraz tömeg és az összes minta térfogatának hányadosa adja a lebegtetett hordalék koncentrációt. Lehetőség van arra is, hogy ülepitéses eljárással meghatározzák a lebegtetett hordalék szemeloszlási diagramját is.

A hordalékot a következő fontosabb mérőszámokkal *jellemezhetjük*:

- a *hordaléktöménységgel* (a vízfolyások által szállított hordalék hozamának és a vízhozamnak a hányadosával); mértékegysége:  $\text{kg/m}^3$ ;
- a *hordalékhozammal* (a vízfolyás egy adott pontján vagy szelvényben másodpercenként áthaladó hordalék tömegével [*tömegáram* – mértékegysége:  $\text{kg/s}$ ], vagy térfogatával [*térfogatáram* – mértékegysége:  $\text{m}^3/\text{s}$ ])
- a *hordalék tömeggel* (a vízfolyás adott pontján vagy szelvényen adott idő alatt áthaladó hordalékhozammal [*tömegáram*], vagy a vízfolyás két szelvénye között adott időben mozgó hordalék tömegével; mértékegysége:  $\text{kg}$ ).

A lebegtetett hordalék töménységének *helyszíni mérésére* olyan műszereket fejlesztettek ki, amelyek a töménységet közvetlenül mérik. Működési alapelvük, hogy a fény-, elektromágneses-, röntgen-, vagy gamma-sugárzás gyengülése és a lebegtetett hordalék töménysége közötti kapcsolat.

A mérések eredményeként, sokévi átlagban, a lebegtetett hordaléktöménység *legnagyobb értékei* a Dunán Dunaremetétől a  $0,04 \text{ kg/m}^3$ -ról Bajáig  $0,13 \text{ kg/m}^3$ -re nő, míg a Tiszán Záhonytól  $0,425 \text{ kg/m}^3$ , Tiszabőnél  $0,3 \text{ kg/m}^3$  és Szegednél  $0,56 \text{ kg/m}^3$ .

A **görgetett hordalék** a mederfenéken mozgó ásványi anyag. A görgetett hordalék gurulva, csúszva, ugrálva, egymáshoz ütődve, rövidebb-hosszabb ideig nyugalmi helyzetbe is kerülve, szakaszosan mozog. A görgetett hordalék mozgása a mederben nem folyamatos, hanem a vízsebesség változását kö-

vetve szakaszos. Egy bizonyos sebesség alatt nem szállít a folyó görgetett hordalékot. A legnagyobb fajlagos hozam nem a sodorvonalban a legnagyobb mélységek helyén, hanem attól eltolva jelentkezik.

A görgetett hordalék mérése nehézkes és pontatlan, miután hordalékfogónak a mederfenékre való leeresztése, ill. a mederfenéken való elhelyezése a víz áramlási és a hordalék mozgási viszonyait lényegesen megváltoztatja. Aránylag kevés folyónkon van jelentékeny görgetett hordalékszállítás. A görgetett hordalék részaránya a teljes hordalékszállításból csak a Duna felső szakaszán éri el a 10%-ot, egyébként 1% körüli. Kiemelkedően nagy a görgetett hordalékmozgás a Felső-Dunán, a Rajka-Gönyű közötti szakaszon, ahol viszont igen komoly problémát jelent folyószabályozás, árvízvédelem, hajózás szempontjából.

A görgetett hordalék mennyiségének mérése a fenékre eresztett hordalékmintavevő (2–31. ábra) készüléssel történik, amelyet a mérési idő elteltével kiemelünk és meghatározzuk a gyűjtött hordalék tömegét és szemeloszlását. Nagyobb szemcseméret esetén a szemcsék alakú vizsgálatát is elvégezzük.



2–31. ábra. A Károlyi-féle „kis” görgetett hordalék mintavevő

A **mederanyag** az az ásványi anyag, amelyből a vízfolyások medre áll; alluviális medreknél a mederfenéken hosszú ideig nyugvó, esetleg rövid időre mozgásba kerülő, hordalék. Meghatározása nem egyszerű feladat. Ugyanis nehéz, sőt néha lehetetlen megállapítani, hogy a medret borító kőzet milyen mélységig, vagy milyen vastagságban tekinthető a vízfolyás medréhez tartozónak. A másik problémát az jelenti, hogy a vízfolyások medrében kimélyülés és feltöltődés folyamata játszódik le és ez a folyamat azt jelenti, hogy *szoros*, de nehezen meghatározható *kapcsolat van a mederanyag és a görgetett hordalék között*. A mederanyag ismerete különféle vízepítési tervezéseknél, az ipari célú kotrások helyének kijelölésénél szükséges.

## 2.9. A JÉGJELLEMZŐK MEGHATÁROZÁSA

A jég megjelenése a hazai folyókon rendszeresen ismétlődő természeti jelenség.

A felszíni vizek jégviszonyai, a *jégeképződés* (midőn a folyékony halmazállapotú víz az alacsony léghőmérséklet hatására szilárd halmazállapotot vesz fel), a természetes lefolyást – különösen a vízhozam és a vízállás között levő kapcsolatot – igen lényegesen befolyásolja. Gondoljunk csak arra, hogy vízfolyásokon a szabad felszíni áramlás az összefüggő jégtakaró alatt zárt szelvénybeli mozgássá alakul át, vízszállító-képessége jelentősen csökken, hatására a jégtakaró előtti vízszint megemelkedik.

A jégviszonyok alakulásában, a jég megjelenésében, a folyam beállításában, az állójég megindulásában és a jég megszűnésében a következő *főbb tényezők* játszanak szerepet:

- az éghajlat
- az esésviszonyok
- a vízhozam
- a meder méretei, kanyarulatai
- az emberi beavatkozások

A jégeképződés egészen másként megy végbe a *vízfolyásokon*, mint az *állóvizeken*. A *vízfolyásokban*, a levegőből átvett negatív hő hatására és a turbulens áramlások következtében a víz egész tömegében 0 °C körüli hőmérsékletre hűl le, míg állóvizeknél csak a felső, levegővel érintkező rész. Vízfolyásokon, ha a víz vékony felszíni rétege akár már század fokkal a 0 °C alá hűl, a „túlhűlés” következtében nemcsak a felső vízrétegben, hanem a folyó teljes keresztmetszvényében képződhet jég. *Állóvizeknél* a jégtakaró hamarabb alakul ki, mint a vízfolyásoknál, mert nem kell az egész víztömegnek fagypontra alá süllyednie,

viszont szinte kizárólag a felszínen, vagy a felszín közelében jelentkeznek. A jégtakaró kialakulása után, mind folyó, mind állóvizekben, a hőcseré és így a jégképződés folyamata lelassul.

A jégképződés helye szerint megkülönböztetünk:

- *felszíni jeget*, mely a víz felszínén képződik;
- *lebegő jeget*, mely a vízfolyás teljes szelvényében keletkezik; és
- *fenék jeget*, mely a meder fenekén képződik.

A jégképződés alapja a *túlhűlés* jelensége. A léghőmérséklet csökkenésével a vízhőfok időben majdnem arányosan csökken. Amikor a vízhőmérséklet eléri a fagyáspontot, a víz *túlhűtött állapotba* kerül és ettől a pillanattól a hűlés lassul. A felületi hőveszteség állandó és ez arra mutat, hogy *megkezdődött a jégkristályok képződése*.

A meder alján vagy a víztömegben képződő elsődleges jégkristályokból álló, a vízben úszó szivacsos, lyukacsos szerkezetű nem átlátszó jégtömeget *kásajégnek* nevezik. A **kásajég** első kristályai a túlhűlés kezdetkor válnak láthatóvá. A korong alakú kristályok az egész szelvényben felfedezhetők. A kásajég mennyiségben igen gyorsan nő, de méreteiben még nem. Amikor a túlhűlés eléri a legnagyobb értéket, a felszabaduló latens hő és a hőveszteség egyensúlyba kerül, majd a korábban átlátszó víz opálos lesz. Ezután, a kristályok, valószínűleg összeütközés révén, csoportokat képeznek, amelyek elég nagyok, hogy a felhajtóerő révén felfelé törekedjenek. A csoportok felhőket és csomókat alkotnak. Vízfolyásokban, turbulens áramlás mellett a kásajég töménysége a felszín közelében nagyobb, a fenéken csekély, viszont állóvizekben, ha a víz nem turbulens, a kásajég hajlamos a fenéken való maradásra. A vízhőfok emelkedhet, ami arra utal, hogy a latens hő nagyobb, mint a felszíni hőveszteség. A túlhűlés jó része megszűnik, és ettől kezdve a víz hőfoka közel állandó, mutatva, hogy a hőveszteség most már tényleg egyenlő a felszabaduló latens hővel. A kásajég fokozatosan vastagodik, *megkezdődik a felszíni jégtakaró kialakulása*, ami viszont rövidesen 0 °C-os vizet eredményez.

A túlhűlést, ill. kásajég-képződést befolyásoló főbb tényezők:

- a víz minősége;
- a lehűlés mértéke, azaz az időbeli léghőfok és a vele együtt járó vízhőfok-változás;
- a vízáramlás minősége, azaz a turbulencia foka és a víz sebessége.

A folyók jégviszonyainak megfigyelésénél fontos feladat a lehűlés folyamatának a nyomon követése, előrejelzése, ill. vízfolyásoknál a *jégzajlás*, és a *beállítás*, állóvizekben a *jégtakaró* kialakulásának a figyelemmel kísérése.

A **jégzajlás** a jégtáblák és jégmezők mozgása a vízfolyásokon az áramló víz hatására. Amennyiben a léghőmérséklet tartósan 0 °C alatt marad, a jégzajlás erősödik, sűrűsödik, és a vízfolyás egy-egy adott szakaszán mechanikai, morfológiai és termodinamikai okok következtében *megáll a jég*. Kialakul a **jégtakaró**, a tömör, összefüggő, mozdulatlan jég a víz felszínén, ami a vízfolyás irányával szemben terjeszkedik és végeredményként a folyó részlegesen vagy teljesen beáll.

Igen lényeges tudni, hogy amíg a jég megjelenése és a zajló jég mennyisége elsősorban a hőmérsékleti viszonyok függvénye, addig a jég megállásánál, a jégboltozat képződésekor a hőmérsékleti viszonyok mellett már a meder morfológiai viszonyai is jelentős szerepet játszanak. A jégtakaró felépülésének sebessége és kiterjedése

- a jégboltozathoz érkező zajló jég mennyiségétől, azaz a hőmérsékleti viszonyoktól;
- a jégtáblák mozgási sebességétől, azaz hidrológiai és hidraulikai viszonyoktól;
- a jéggel borítandó vízfelszín nagyságától, azaz medermorfológiai viszonyoktól függ.

A felülről érkező jégtábláknak csak egy része akad fenn a jégboltozaton, más részét a víz a szilárdan álló jégtakaró alá sodorja. Ezek az alámerült jégtáblák a jégtakaró alatt hosszú utakat is megtehetnek, de megállva mindenképpen a jégtakarót vastagítják.

A jégtakaró a jégtáblák elhelyezkedésétől függően lehet sima, ill. torlódott. Gyakran előfordul, hogy a tél folyamán a zárt jégtakaró megcsúszik, és a folyó alsóbb szelvényében összetorlódik. Ha az összetorlódott jég az átfolyási szelvényt nem szűkíti lényegesen, akkor jégtorlódásról, amennyiben a szelvény leszűkül, jégtorlaszról van szó. A **jégtorlás** akkor alakul ki, amikor a vízfolyás hosszabb szakaszát borító jégtakaró egy része megcsúszik és egy rövidebb szakaszon sűrűsödik össze úgy, hogy a jégtáblák számottevő mértékben nem mozdulnak ki vízszintes helyzetükből. A **jégtorlasz** az a jégjelenség, amikor egy hosszabb-rövidebb szakasz jégtakarója megcsúszik és egy rövidebb szakaszon úgy sűrűsödik össze, hogy a jégtáblák közel függőleges helyzetet vesznek fel, miközben az átfolyási szelvényt erősen leszűkítik és számottevő vízszintemelkedést okoznak.

Külön meg kell említeni az össze nem függő jégtakaró közötti szabad vízfelületek különleges szerepét a jégviszonyok alakulásában. Ugyanis az ilyen szakaszokon a lebegő- és a fenékjég képződése rendkívül

élénk. Ezt a nagymennyiségű kásajeget, általában egy-egy felülről érkező jégtáblával együtt a víz a jégtakaró alá sodorja és kedvezőtlen helyen megakadva **jégdugót** okoz. A jégdugó esetén a tört jeget magába foglaló kásajég összetorlódik a vízfolyás medrében, amely az átfolyási szelvény szűkülését okozza és így vízszintemelkedést vált ki. Az ilyen dugulás rendszerint a jégtakaró felső végétől nem nagy távolságban képződik és már a hideg időszak alatt is jelentős és tartós duzzasztást okoz.

A tél folyamán előfordul átmeneti erős, vagy a telet követő felmelegedés, ill. árhullám következtében a jégtakaró felszakad, megkezdődik a jég elvonulása, a *jég másodlagos (olvadáson) zajlása*. További pozitív léghőmérsékletek hatására a *folyókról és állóvizokről a jég letisztul*, a víz hőmérsékletek pedig emelkednek.

A jégtakaró felszakadásakor két fő tényező hat: a felmelegedés intenzitása és egy esetleges árhullám mechanikai hatása. Ha a jégtakaró felszakadásakor nagy a hőhatás, akkor kedvező körülmények között történhet a jég elvonulása. Viszont ha a hőmérsékleti hatás kicsi, vagy éppen ellentétes (hőmérsékleti inverzió), akkor jégtorlaszképződés és **jeges árvíz** veszélye áll fenn.

A folyószabályozási és a vízgazdálkodási művek biztonsága érdekében, továbbá a jeges árvizek elleni védekezéshez szükséges, hogy a jégviszonyokról gyors és megbízható jelentések alapján megfelelő adatok álljanak rendelkezésre. Ezért a jégjelenségekkel kapcsolatban *észlelni* kell:

- a jég megjelenését; és pedig a parti jég és a zajló jég formációk kialakulását;
- a jég vastagságát;
- a jégzajlás sűrűségét
- a zajló és az álló jég arányát;
- a jég beállásának időpontját;
- az álló jég és a teljes folyószélesség arányát;
- a torlódott jég helyét;
- a jégtorlasz helyét, becsült szélességét és hosszát;
- az álló jég megcsúszásának helyét és idejét;
- a jég megindulását;
- a jég megszűnésének időpontját; és végül
- a víz hőmérsékletet.

A jégjárás egyik jellemzője, hogy egy-egy téli időszakon belül a jég megjelenése és eltűnése többször is megismétlődhet, ezért a jellemzők egyértelmű megadása rendkívüli körültekintést kíván:

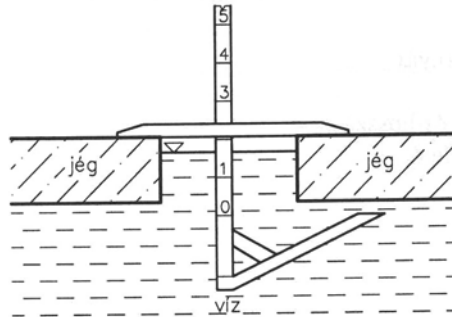
- *a zajlás kezdete*: az adott szelvényben észlelt első zajlás napja;
- *a jég megindulása*: az utolsó beállást követő zajlás első napja;
- *az elsődleges jégzajlás*: a lehűlés időszakában keletkező jégtáblák levonulása;
- *a másodlagos (olvadáson) jégzajlás*: a jégtakaró felszakadásakor keletkező jégtáblák és jégmezők levonulása;
- *a jég beállása*: a sűrűn zajló jégtáblák megállása és egymáshoz fagyása, a jégtakaró felépülése;
- *a folyó beállása*: az adott szelvényben az első beállás napja;
- *a jég megszűnése*: az észlelt utolsó jeges nap;
- *a jeges időszak hossza*: az adott szelvényben észlelt első zajlás és utolsó jeges nap közötti időtartam;
- *az állójeges időszak hossza*: az első jégmegállás és az utolsó beállást követő zajlás kezdete közötti időszak.

Magyarországon a *jégjelenségek megfigyelése* kezdetben csak a vízmércék közvetlen környezetére szorítkozott, de fokozatosan kiterjedt a vízmércék közötti folyószakaszokra is. Bővültek megfigyelt jégjelenségek is, nevezetesen a zajló és az álló, ill. a zajló jég és a szabad vízfelület arányának, a jégborítottságnak a megállapítása, továbbá a jégtáblák vonulási sebességének a becslése. A jégborítottság mértéke:

- *ritka*, ha a jégzajlás sűrűségem < 25%
- *közepes*, ha a jégzajlás sűrűsége 25 – 50%
- *sűrű*, ha a jégzajlás sűrűsége > 50%

A jégjelenségek megfigyelő hálózata lényegesen sűrűbb, mint a vízállás, vagy a vízhozammérő állomáshálózat. Jégtorlódásos szakaszon 1-2 km, míg egyéb szakaszokon sem lehet ritkább 5 km-nél. Az

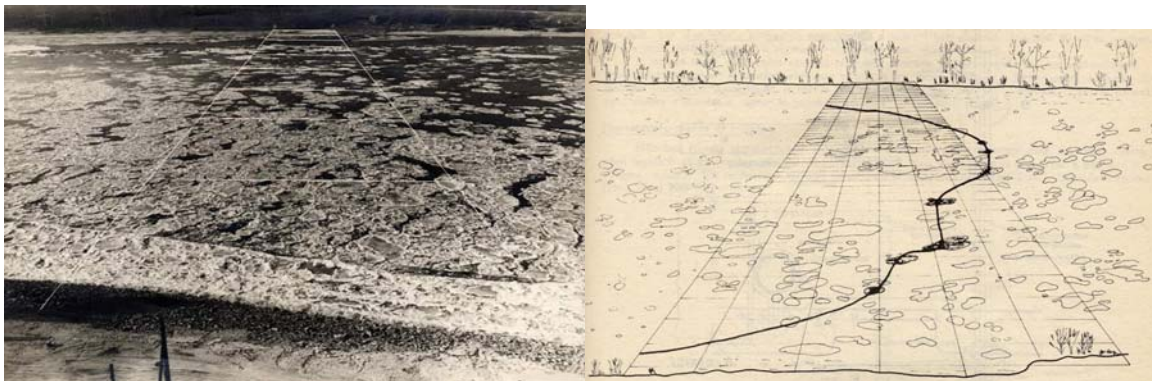
észlelés is sűrűbb, naponta legalább kétszer történik. A sűrűbb észlelés könnyen végrehajtható, hiszen a jégjárás egyes állapotainak meghatározása vizuálisan történik, csupán a jég vastagság méréséhez szükséges valamilyen eszköz. Ez viszont azt jelenti, hogy az észlelés pontossága nagy mértékben függ az észlelők felkészültségétől, gyakorlatától. A jégjelenségek észlelését újabban, főként nagy folyók esetén, repülőgépről, ill. helikopterről végzik.



2-32. ábra. Jégvastagság mérő

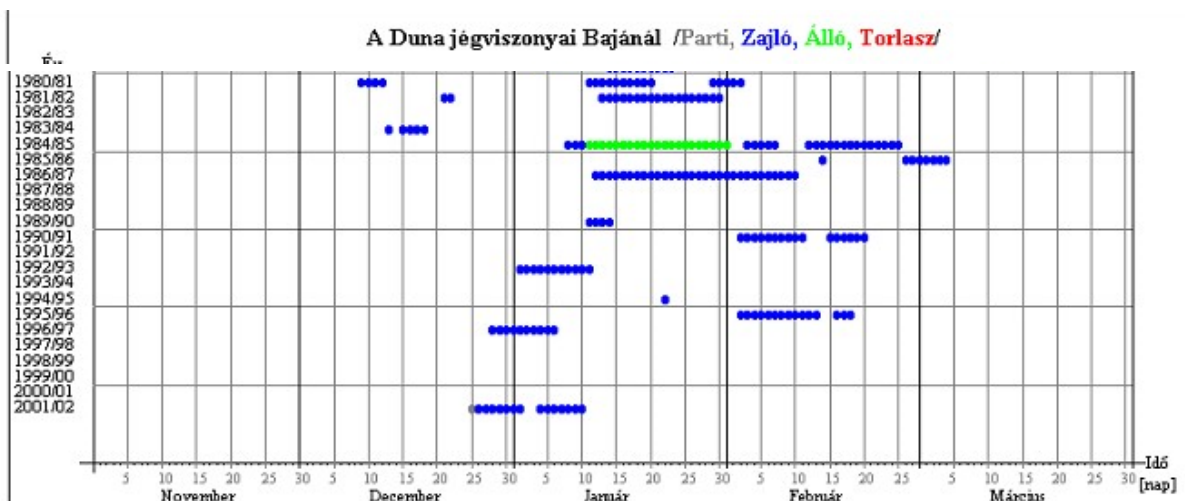
A jég vastagságának mérése a jégen átfúrt lyukakon vagy hosszúkás alakú kivésett léceken át történik. Mérőeszközzül elvileg bármilyen mércét használhatunk, ha azt valamilyen módon, pl. a lécre merőlegesen felerősített tapogatóval a jégréteg alsó szintjének megállapítására alkalmassá tesszük (2-32. ábra). A jégvastagság térbeli változékonysága miatt, a mérés pontosságának fokozása érdekében, legalább három, egymástól 5 m-re levő pontban kell a jégvastagságot meghatározni és a három mérési eredmény átlaga a jégvastagság. A mérés során még a jégen levő hótakaró esetleg vízborítás vastagságát is meg kell határozni. Nagyon lényeges biztonságtechnikai feltétele a mérésnek, hogy a jég legalább 0,05 m vastag legyen.

A jégjárás elemzése során a jégészlelési adatokból indulunk ki. A jégjelenségeket a figyelőszolgálat jegyzi fel és jelenti a vízrajzi szolgálatnak. A megfigyelések rendszerint szemrevételezéssel történnek. Megjelent már a korszerű technológia is, amelynek alkalmazása során az internethálózatra kötött webkamerával figyeljük a vízfolyás fontos szakaszait, de ez még nem helyettesíti a folyó teljes hosszára kiterjedő jégfigyelő hálózatot.



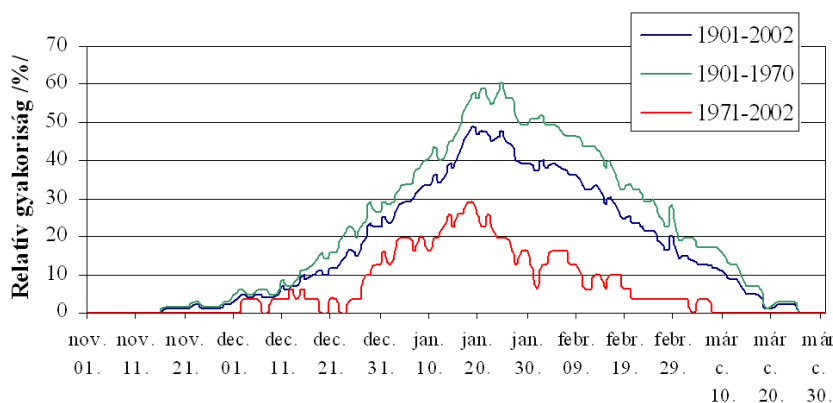
2-33. ábra. A jég megfigyelése

A jégfigyelés során meghatározzuk a jégjelenségek bekövetkezésének időpontjait és annak folyamkilométer szelvényét is. A jégjelenségek: a zajlás megindulása, a folyó beállása, jégtorlasz, jégdugó képződése, a jég megindulása, a jég eltűnése. A zajlás mértékének meghatározására a vízfelület borító jégfelület %-os arányszámát használjuk. A megfigyeléssel egyidőben végzett jégvastagság méréssel és magas pontról készített fotósorozat (2-25. ábra) kiértékeléséből meghatározható a jég-hozam is. A fotósorozat segítségével a jégborítottsági % objektívebben határozható meg.



2–34. ábra. Jégjelenségek Bajánál 1980-2002. között

A jégjelenségek adatait többféle formában dolgozzuk fel: dátum és folyamkilómeter koordinátarendszerben ábrázoljuk (2–34. ábra). A jégjelenségek statisztikailag is feldolgozzuk, számítjuk relatív gyakoriságukat, amelyet az idő függvényében ábrázoljuk (2–35. ábra).



2–35. ábra. A jég megjelenésének és eltűnésének relatív gyakorisága Baján

Az utóbbi időben igen lényegesen megváltoztatja a jégjelenségek és a negatív léghőmérséklet közötti kapcsolatot a vízfolyások térben és időben szeszélyesen változó szennyeződése, a folyók menti erőművek használt hűtővizének bevezetéséből származó ún. hőterhelések.

A jégjelenségek lényegesen befolyásolják a folyók vízhozamait. Ha egy vízfolyás felszínét jég borítja, a jelentékenyen megnövekedett sűrűlési felület miatt az azonos vízálláshoz tartozó szabad felszíni vízmozgás esetéhez viszonyítva jelentékenyen csökken a vízhozam. Az egymásra torlódott és összefagyott táblákból kialakuló jégtakaró alsó felülete a folyó beállítását követő napokban rendkívül egyenlőtlen, majd a vízmozgás koptató hatására fokozatosan egyenletesebbé, simábbá válik.

A magyarországi folyók közül a legtöbb gondot, a legveszélyesebb jeges árvizeket a Duna okozta. 1838-ban a Duna-völgyében lezúduló víz- és jégtömegek hatalmas pusztításokat okoztak Esztergomtól a Drávaig, romba döntve Pest városát. 1941-ben a Duna-völgyi jeges árvíz a Csepel sziget alatt, Apostag és Dunaegyháza között gátszakadásokat okozott, 80 ezer hektárt öntött el az ár. 1956 márciusában az árvíz tetőzése a korábbi maximumokat 28-103 cm-rel haladta meg, annak ellenére, hogy Dunaföldvár és a déli országhatár között a sorozatos jégtorlaszok 58 gátszakadást okoztak. Vízállás alá került 74 ezer hektár, 39 községből 60 ezer embert kellett kitelepíteni. A Körös-völgyben, a Berettyón 1966 februárjában alakult ki jelentős jégtorlasz, amely Szeghalom fölött a bal parton okozott töltésszakadást. A Tiszán egyetlen jelentős jeges árvíz tartunk nyilván: 1985. január-március között mindmáig példátlan jeges árvíz alakult ki a Felső Tiszán.

## 2.10. BESZIVÁRGÁS, TALAJNEDVESSÉG, TALAJVÍZ

Azt a tudományágat, amely a hidrológia és a geológia segítségével a felszín alatti vizekkel átfogóan foglalkozik, **hidrogeológiának** nevezik. A hidrogeológia feladata a felszín alatti vizek megjelenési formáinak megismerése és rendszerbe foglalása, a rájuk ható erőknek, valamint az erők hatására kialakult mozgásállapotnak a vizsgálata. A hidrogeológia vizsgálja még a vizek fizikai és kémiai tulajdonságait, valamint a felszín alatti vizek változásait a hidrológiai körfolyamat során.

A talaj felszínén keresztül beszivárgott víz további útja során igen összetett (különböző irányú) mozgásokat végezve, egyrészt az egyre mélyebb víztartó rétegekbe jut le és azok legjelentősebb táplálója lesz, másrészt, főként források formájában ismét a szárazföld felszínére érve, csökkenti a felszín alatti vízkészletet és egyben táplálja a felszíni vizeket.

A **beszivárgás folyamata** tehát nemcsak a talajfelszínen lejátszódó párolgás-beszivárgás-lefolyás megoszlására van hatással, hanem a *felszín alatti vizek* mennyiségére és mozgására is. Természetesen minél mélyebben helyezkednek el a víztartó rétegek, a beszivárgás hatása annál kisebb. A kapcsolat minősége azonban nemcsak a *víztartó réteg helyzetétől, hanem jellegétől* (laza üledékes vagy szilárd kőzet, szemcsés, kötött vagy karsztosodó) is függ.

A **beszivárgás** a víz egyik mozgásformája, melynek során a csapadékból a talaj felszíne alá jut. A beszivárgott víz mennyiségének mértékegysége: milliméter (mm), számértéke pedig annak a csapadékmagasságnak felel meg, ami a felszín alá szivárgott. A beszivárgás fontos jellemzője a beszivárgási intenzitás, amely az időegység alatt beszivárgott vízmennyiséget jelenti; mértékegysége: mm/óra.

A beszivárgás a vízháztartási egyenlet térben és időben legváltozékonyabb tagja. A beszivárgás és a talaj legfelső rétegében kialakuló vízmozgás, a szivárgás jelentősége nagy. Ha a *beszivárgás intenzitása* nagyobb, mint a csapadék intenzitása: a talajfelszínen víz nem marad, lefolyás gyakorlatilag nincs és csak a nedves talaj párolog. Ha viszont a beszivárgás intenzitása kisebb, mint a csapadéké: a talajfelszínen víz jelenik meg, amelynek egy része lefolyik, más része pedig, mint szabad vízfelület (pl. belvízfolt) megmarad, idővel elpárolog.

A beszivárgás mértékét elsősorban a földfelszínen *rendelkezésre álló vízmennyiség* (csapadék) jellemzői (intenzitás, tartam, gyakoriság, területi eloszlás), a *talajfelszín tulajdonságai* (növényzet, érdeség, belépési ellenállás), a talajfizikai paraméterek (elsősorban a kőzet víztározó-, vízvezető-, vízfeltevő-, és vízleadó képessége) határozzák meg.

A talajban végbemenő vízmozgásnak döntő jelentősége van a talajok termékenységében, a talajképződésben, szerepet játszik a tápanyagok oldásában, szállításában, ezen kívül alapvető ökológiai tényező is. A víz a talaj hézagait részben vagy teljesen kitölti.

A felszín alatti víz nagy része *laza üledékes kőzetekben* tározódik és így mozgása is ezekhez a rétegekhez kapcsolódik. A szemcsék közötti hézagok összefüggő bonyolult „csőrendszert” alkotnak. Ennek a csőrendszernek az ellenállását is kell legyőznie a mozgó víznek. A kőzetek vízáteresztőképessége elsődlegesen a pórusok függvénye. Lényeges körülmény, hogy a pórusok milyen mértékig vannak telítődve. A talajba beszivárgott víz a *talaj pórusait* részben kitölti (telítetlen vagy *háromfázisú zóna*: szilárd szemcsék + víz + levegő), vagy egészben tölti ki (telített vagy *kétfázisú zóna*: szilárd szemcsék + víz) a talaj víztartó képességétől függően mozog, ill. tározódik.

A felszíni víztartó réteg a talaj felszíne és a felszín alatti első összefüggő vízfelszín (talajvízfelszín) közötti talajtömb. Ha ez a réteg laza üledékes kőzet, akkor a talajban levő víz a **talajnedvesség**, ha szilárd (esetleg repedezett vagy töredezett) a kőzet, akkor **kőzetnedvesség**.

A *felszíni víztartó réteg vastagsága* – ha a vizet tároló teljes víztartó réteghez (köpenyhez) viszonyítjuk – elhanyagolható. E talajtömbnek a *hidrológiai jelentősége* azonban *kiemelkedően nagy*:

- egyrészt, mert a Föld felszíne alatt található vizek döntő hányada ezen a rétegen keresztül került és kerül (beszivárgás) a mélyebben fekvő rétegekbe;
- másrészt, mert ebben a rétegben a víz, mint talajnedvesség, vagy kőzetnedvesség az atmoszferikus hatások és a növényzet számára könnyen elérhető helyzetben tárolódik, és így ennek a zónának a pillanatnyi víztartalma alapvetően megszabja a beszivárgás és ezzel közvetve a párolgás és a lefolyás mértékét.

A **talajnedvesség** a laza üledékes kőzet pórusait részben (háromfázisú zóna), vagy teljesen (kétfázisú zóna) kitölti. A *talaj víztartalmának* (nedvességtartalmának) meghatározására a legrégebben és legáltalánosabban alkalmazott, egyetlen közvetlen és mindmáig a legpontosabb eljárás: a *tömegmérési (mintavételes) módszer*.

A mérés végrehajtása során először meghatározzák a talajból vett minta tömegét kiszáritás előtt és után majd kiszámítják a nedvességtartalmat. A méréssel egyidejűleg meghatározzák az eredeti teljes



mintának, valamint a szilárd fázisnak a térfogatát. A mért tömegek és térfogatok ismeretében a minta sűrűsége, tömörsége és hézagterfogata számítható.

A tömegméréses módszerhez számos talajmintavevő típust, különleges szárítókemencéket és mérlegeket fejlesztettek ki. A *tömegméréses módszer hátránya*, hogy sok időt és munkát igényel, továbbá, hogy a mintavétel módosítja a vizsgált terület felszíni adottságait és megzavarja az ott kialakuló természetes folyamatokat, végül, hogy a mérést ugyanazon a ponton nem lehet megismételni.

A talaj nedvességtartamának sűrűségének, esetleg mindkettőnek egyidejűleg történő meghatározására sokféle eljárást

A felszínközeli laza üledékes kőzetekben az első nagykiterjedésű vízzáró réteg felett elhelyezkedő víz a **talajvíz**. A talajvizet felülről a **talajvízszint** (*talajvíztükör*) határolja. A talajvíz felszínén a pórusokba zárt víz nyomása egyenlő az atmoszferikus nyomással. A talajvíznek – a felszínén uralkodó légköri nyomáson túl – még egy igen lényeges jellemző tulajdonsága van, éspedig, hogy a felette levő háromfázisú zónával és ezen keresztül a talaj felszínén és a légkörben lejátszódó hidrológiai és hidrometeorológiai folyamatokkal igen szoros kapcsolatban van.

A talajvíz alsó, a rétegvizek irányába való lehatárolása szintén elég sok bizonytalansággal jár. A talajvíz meghatározása szerint a talajvizet alulról az *első vízzáró réteg* határolja. Gyakran előfordul, hogy az első vízzáró réteg mélyen, esetleg több száz méter mélyen helyezkedik el. Az ilyen mélységben levő vizek már a rétegvizek tulajdonságaival rendelkeznek, ezért ha a talajvizet tartó üledékes kőzetben a vízzáró réteg 20 m-nél mélyebben is van, a magyar gyakorlatban, a *talajvíz és a rétegvíz határát 20 m mélységben* vonták meg.

A talajvíznek – a felszínén uralkodó légköri nyomáson túl – még egy igen lényeges jellemző tulajdonsága van, éspedig, hogy a felette levő háromfázisú zónával és ezen keresztül a talaj felszínén és a légkörben lejátszódó hidrológiai és hidrometeorológiai folyamatokkal igen szoros kapcsolatban van. Ennek alapvető oka, hogy hazánkban a felszíni meteorológiai események hatása 18-20 m-es mélységig érvényesül, a talajvíz hőmérséklete ebben a mélységben gyakorlatilag állandónak tekinthető.

A talajvíz, részben elhelyezkedése, részben mennyisége révén, igen fontos szerepet tölt be a vízgazdálkodásban, az iparban és a mezőgazdaságban.

Gondoljunk csak arra, hogy régebben az *ásott kutak* szolgáltatták a falusi és a tanyai lakosság ivóvizét, vagy a talajvíz adja még ma is az *öntözővíz* legnagyobb részét. Az egyszerű eszközökkel való kitermelés azonban sok esetben oda vezetett, hogy a kitermelhető vízmennyiségnél (dinamikus vízkészlet) lényegesen többet használtak fel. A legjellemzőbb példa az ún. „*csőkutas öntözés*”, amelynél még a statikus vízkészletből is annyi vizet termeltek ki, hogy a talajvízszint lényegesen és tartósan lesüllyedt. Következmény: a növényzet, sok esetben még a fák gyökerei sem érték el a kapilláris zóna felső határát és így a kiszáradás veszélye, sőt a tényleges kiszáradás alakult ki ezeken az „öntözött” területeken. A másik veszélyt a földfelszínen keresztüli szennyeződés jelenti. A talajvíz minőségének megóvása nagy körültekintést és odafigyelést kíván.

**A talajvízszint (talajvízállás) mérése** legcélszerűbben külön, erre a célra telepített *talajvízszint-mérő kútban* történhet. Gyakorlatilag minden kút alkalmas a talajvíztükör megfigyelésére, mert a kutakban kialakuló vízfelszín minden esetben azonos a környezetükben levő talajvíz szabad felszínével. Régebben a vízellátás céljából telepített, ún. ásott kutakat is bevonták a megfigyelésbe. Ezek a kutak csak akkor alkalmasak talajvízszint megfigyelésre, ha azt már vízkivételre nem használják, vagy a használatban levő kút a mérés idején nem üzemel.

A *talajvízszintmérő kutak*, az ún. *csőkutas* átmérője kicsi, általában 0,05-0,10 m. A csőben engedik le a mérőeszközt és mérik a talajvízszintnek a kút pereme alatti mélységét. A kutak peremmagasságát valamely közös alapsíkra kell vonatkoztatni, a mérési eredmények összehasonlíthatósága érdekében.

A magyarországi talajvízszintmérő kutak közül a régebbiek elsősorban acél-, ritkábban eternitcsőből készültek, míg 1968-tól műanyag csöveket alkalmaznak. A régi kutak átmérője többségében 0,09 m, kis számban 0,11 vagy 0,15 m, az utóbbi évtizedekben létesítetteké pedig 0,12-0,15 m. Mélységük az adott térség jellemző talajvízszintjének függvényében 5-30 m között változik.

A *talajvízállás mérésére* igen sokféle eszközt fejlesztettek ki. A legegyszerűbb, *kézzel történő mérés* alapelve a következő: a felszín meghatározott pontjától (általában a szintezéssel bemért kútfej peremétől) osztással ellátott rudat, a végén nehezeccsel ellátott *mérőszalagot*, ill. kábelt, esetleg láncot eresztünk le valamely a talajvízszint alá. Az eszköz visszahúzása után – a nedves szint jelzése alapján – a talajvízszint helyzetét meghatározható. A kézi műszerekkel a mérés pontossága jól begyakorolt észlelő esetén  $\pm 1$  cm.

Két-három évtizede a mérés legelterjedtebb eszköze az úszó-ellensúly elven működő szalagos mérőberendezés volt. A kút felületeivel és a mérésekkel megbízott személy az orsón átvett szalagon leol-

vasható számértéket jegyezte fel. A leolvasásokat általában 3 naponként végezték.

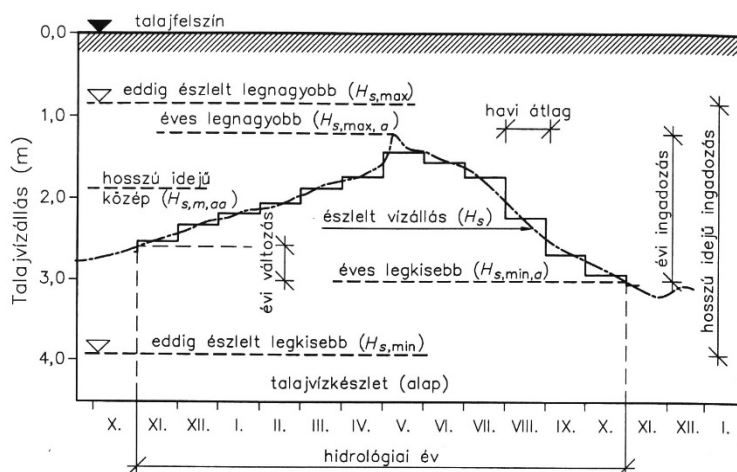
Később alkalmaztak mechanikus regisztráló eszközöket is a talajvízszint helyzetének meghatározására. Ezek sajátossága volt, hogy a talajvízszint alakulását folyamatos vonallal rögzítették a mérőeszköz palástján elhelyezett szalagon. Az adatfeldolgozás során tetszőleges időpontban leolvasható volt a talajvízszint.

Az utóbbi két évtizedben a talajvízszint mérésének eszközparkja alapvetően megváltozott. Az elektronika fejlődése révén lehetővé vált a digitális mérő és adatgyűjtő eszközök széles körű alkalmazása. Ezek legfőbb jellemzője, hogy állandó felügyeletet nem igényelnek, gyakorlatilag bárhová telepíthetők. Méretük jelentős csökkenése következtében a több évtizeddel ezelőtt létesített, kis átmérőjű talajvízszintmérő kutakba is elhelyezhetők. A mérések gyakorisága a felhasználó vagy a mérési program igénye szerint módosítható. Ezeket a mérőeszközöket kiegészítő egységgel (pl. GSM-modem) ellátva biztosítható a folyamatos távfelügyelet, illetve az adatlekérdezés.

A talajvízszint ingadozása a felszínközeli víztartó rétegekben tározódott vízmennyiség változását tükrözi. A mért talajvízszinteket az idő függvényében ábrázolják. A *talajvízállás idősor* az alkalmazott mérőeszközök és a leolvasások sűrűségének megfelelően lehet folytonos görbe (napi, esetleg heti leolvasások esetén), vagy lehet lépcsős ábra (havi egyszeri leolvasás, vagy havi átlagok ábrázoláskor) (2-36. ábra).

A mérési adatok feldolgozásával, a talajvízjárás statisztikai jellemzői éves, vagy megfelelő hosszúságú adatsor rendelkezésre állása esetén több évtizedes időhorizontra is meghatározhatók. Ezek az adatok az adott térség vízháztartási jellemzői időbeli alakulásának értékeléséhez nélkülözhetetlenek.

A magyar medencében, a síkvidéki víztartó rétegekben, az évi vízszintingadozás a talajvíz terepszint alatti helyzete függvényében alakul: 2,00-2,30 m szélső érték között változik, zömmel 0,70-0,90 m. A vízfolyások partmenti sávjában az árvizek hatása lényegesen nagyobb vízszint-ingadozások is kialakulhatnak, jóllehet az árvizek talajvízszint-módosító hatása meglepően kis távolságra hat (8-3. ábra). A Duna mentén általában 3-4 km, a Tiszánál 1-1,2 km a nagy árvizek távolhatása. Kisvízfolyásoknál néhány métertől 80-200 m-ig jelentkezik.



2-36. ábra. Talajvízállás idősor

A talajvízszintmérő kutak mérési adatainak felhasználásával szerkeszthető a talajvíztükör abszolút magassági helyzetét bemutató térkép is. Az alföldi vízzáró rétegek lencsés települése miatt a vízáadó rétegek egymással ugyan érintkeznek, de a talajvíz felülete valójában nem egységes felület, a vízzáró rétegek a talajvíztükör folytonosságát meg-megszakítják. A talajvíztükör nagy vonalaiban követi a domborzatot.

A **talajvíz áramlási irányának és sebességének** meghatározására elterjedten alkalmazzák a nyomjelző (só, festék, izotóp) anyagokat. A *talajvíz áramlási irányát* legegyszerűbben az ún. „hidrológiai háromszög” segítségével lehet meghatározni. Három pontban (kútban), mint egy háromszög csúcsaiban mért vízállás értékek egy síkot alkotnak, melynek lejtőegyenese adja az áramlás irányát.

A *talajvíz áramlási sebességének és irányának*, természetbeni meghatározására ma már általánosan a radioaktív nyomjelzést alkalmazzák. A mérési célnak legalkalmasabb radioaktív nyomjelzőt, vagy

- egy központi kútba adagolják, majd az aktivitás megjelenését a feltételezett áramlási irányba eső kutakban mérjük (ún. többkutas módszer); vagy
- egyetlen kútba adagolt jelzőanyag aktivitásának észlelt változásából határozzák meg az áramlási sebességet (egykutas módszer).

## 2.11. A FELSZÍN ALATTI VIZEK FAJTÁI, TULAJDONSÁGAI, JELLEMZŐI

A víztartó (tározó) réteg helyzete és jellege szerint a három legjelentősebb felszín alatti vízfajta: a *talajvíz*, a *rétegvíz* és a *karsztvíz*. További csoportosítási lehetőségként adódik a vizekre ható nyomás szerinti elkülönítés:

- csak atmoszferikus nyomás alatt álló vizek (talajvíz, nyílt karsztvíz);
- nyomás alatti vizek, amely magában foglalja a **rétegvizet**, továbbá a **karsztvizet**, és a **hasadékvizet** is.

A felszín alatti vizeket, elsősorban a közvetlen felhasználás szempontjából a víz *hőfoka* alapján is osztályozhatjuk. E nagyon fontos szempontból megkülönböztetünk

- a 35 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletű ivóvíz célra alkalmas; és
- a 35 °C-nál magasabb hőmérsékletű *hévizeket*.

A 35 °C, mint választóhatár, elsődlegesen Magyarországon érvényes, abból a megfontolásból, hogy az eddigi felmérések és nyilvántartások során a hévizek alsó hőmérsékleti határaként a 35°C-ot fogadták el. (Megjegyezzük, hogy a víz hőmérséklete alapján a fentitől eltérő, a vonatkozó szakirodalomból megismerhető osztályozási rendszereket is kidolgoztak.)

A karsztos kőzetekbe szivárgó víz, a **karsztvíz** a levegőből szén-dioxidot vesz fel és szénsavassá válik. A szénsavas víz oldó hatása a karbonátos kőzetek felületén és magában a kőzettömbben igen változatos formákat hoz létre. A karsztok legnagyobb felszín alatti képződményei a barlangok. A repedéseken és a víznyelőkön át a mészkőtömeg belsejébe jutó szénsavas víz oldó és erodáló tevékenysége járatokat, üregeket alakít ki: barlangokat hoz létre. Az üregek és járatok további tágításával barlangrendszerek jönnek létre, amelyekben helyenként boltozatos tágas termek alakulnak ki.

A *karsztos területek hidrológiai viszonyait* jellemzi, hogy

- a *csapadéknak viszonylag nagy hányada szivárog be* és nagy mélységeig is eljut;
- nagy területre kiterjedő *összefüggő vízfelszín* (karsztvízszint) alakul ki;
- sok és bővízű *forrás* bukkan a felszínre.

A *karsztvíz megjelenési formáit* tekintve többféle csoportosítás lehetséges. A legjellemzőbb csoportosítás – a laza üledékes kőzetekben elhelyezkedő vizek analógiájára – a levegővel való kapcsolat szerinti. Így megkülönböztetünk *nyílt karsztvizet* és *fedett karsztvizet*. A karsztvizek lehetséges további csoportosítása a *víz hőfok* szerint:

- hideg karsztvíz;
- meleg vagy más néven *hévizek*, *termálvizek*.

Az ország 15 ezer km<sup>2</sup> hegyvidéki területének egy részén, mintegy 7,8 ezer km<sup>2</sup>-nyi területen legfeljebb 20-50 m-es fedőkőzettel borított karsztos kőzet (mészkő, dolomit) található. Ezekben – a szénsavas vízzel jól oldható – kőzetekben mozgó és tározódó felszín alatti vizek a karsztvizek. A karsztvizek hőmérséklete a mélyebb rétegekben – a termálkarsztokban – meghaladja a 30°C-ot.

A mélységi víztartó rétegekben elhelyezkedő nyomás alatti víz

- *rétegvíz*, ha laza üledékes kőzetben található; és
- *fedett karsztvíz*, ha a víztartó kőzet karsztosodó.

Az *első vízzáró réteg alatti vízvezető rétegekben*, amelyeket több vízzáró réteg is elválaszthat egymástól, találjuk a **réteg-, vagy mélységi vizeket**. Jellemző tulajdonságuk, hogy nyomás alattiak és általában tiszta vízűek. A vízgazdálkodás szempontjából az egyik legértékesebb vízkincs. Fontos ismerni a vizet tartalmazó, ill. a víz kitermelésére alkalmas rétegek mélységi elhelyezkedését, rétegtani adatait, de a leglényegesebb ismerni az utánpótlás (utánpótlódás) lehetőségét és mértékét.

A *rétegvizek osztályozása* számos módon lehetséges. A vízgazdálkodás számára a legtöbb információt talán a *rétegvizek nyomásának* a terepszinthez viszonyított magassága szerinti osztályozás ad:

- *pozitív rétegnomás*, ha a víznyomás nyugalmi szintje a térszín fölé emelkedik; és
- *negatív rétegnomás*, ha alatta marad.

A *rétegvizek „vízszintje”*, a rétegvíz nyugalmi nyomásakor előálló szint. Ebből következik, hogy a rétegvizek „vízszintjét” a különböző rétegekbe lemélyített kutak nyugalmi vízszintje adja. A rétegvizek szintjének mérése gyakorlatilag megegyezik a talajvíz mérésénél alkalmazott műszerekkel.

Magyarországon a porózus mélységi rétegvíztárolókat, a belőlük feltárható víz hőmérséklete szerint *ivóvízadó* (35 °C alatt) és *hévízadó* (35 °C felett) összletre különítették el. A hévízkútban felfelé haladó víz azonban a kút csővezetése mentén lehűl, ezért Magyarországon a 30 °C-nál melegebb kifolyó vízű kutakat és forrásokat tekintjük hévízkutaknak, illetve hévízforrásoknak. Ilyen hőmérsékletű víz az ország

területének 70%-án feltárható az ismert képződményekből.

Magyarországon a *geotermikus adottságok* köztudottan kedvezőek. A geotermikus gradiens mintegy másfélszerese a világtátlagnak. Értéke hazánkban átlagosan 5 °C 100 méterenként. Ennek oka, hogy Magyarországot magában foglaló Pannon-medencében a földkéreg mintegy 10 km-rel vékonyabb (mindössze 24-26 km) a világtátlagnál és a szomszéd területeknél és az is, hogy jó hőszigetelő üledékek (agyagok, homokok) töltik ki. A felszínen kb. 10 °C a középhőmérséklet, így 1 km mélységben 60 °C, 2 km mélységben 110 °C a kőzetek hőmérséklete és az azokban elhelyezkedő vize is. A geotermikus gradiens a Dél-Dunántúlon és az Alföldön nagyobb, mint az országos átlag, a Kisalföldön és a hegyvidéki területeken pedig kisebb annál.

Rétegvizek az első vízzáró réteg alatti porózus rétegekben (összletekben) tárolt vizek. Rétegvizek az ország mintegy 2/3-án található, sok esetben élesen nem különböztethetők meg a talajvizektől.

Az 500 m-nél mélyebben elhelyezkedő rétegvizek nagy része emberi fogyasztásra alkalmas minőségű és általában – metángáztalanítást és vastalanítást kivéve – különösebb kezelést, tisztítást nem igényel. Természetes eredetű szennyeződések közül esetenként problémát jelenthet a mangán, az ammónia, az arzén jelenléte, valamint a víz keménysége.

A történelmileg ismert **hévízforrások**, amelyeket már a rómaiak is hasznosítottak, s amelyek mellett főleg a török hódoltság ideje alatt számos gyógyfürdő épült ki, karszthegeységeink peremén fakadtak (Hévíz, Buda, Eger). A legkedvezőbb hévízfeltárási lehetőségek a dél-alföldi területen (Csongrád, Szentes, Hódmezővásárhely, Kiskunfélegyháza, Szeged) van. Itt a legmélyebben és legvastagabbak a hévizes víztározók.

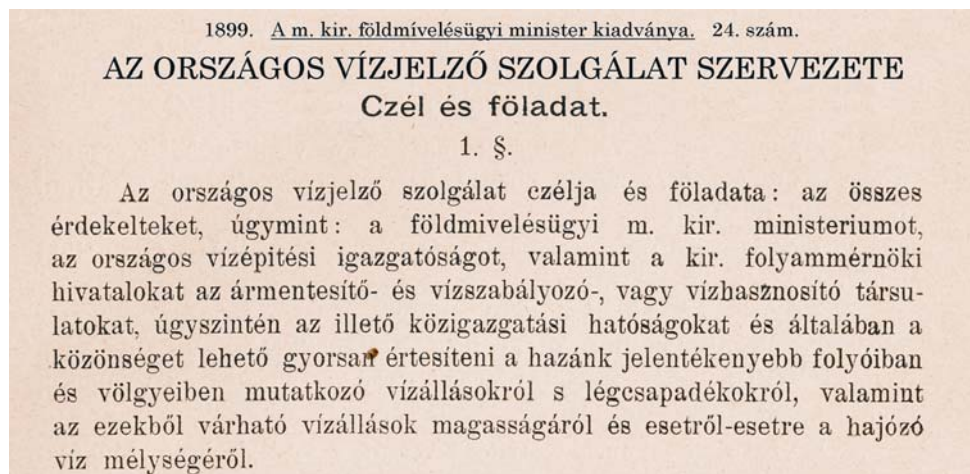
## 2.12. A HIDROLÓGIAI ELŐREJELZÉS

*Az előrejelzés nehéz –  
különösen ha a jövőre vonatkozik  
Niels Bohr*

A hidrológiai helyzet várható alakulásának meghatározása a hidrológiai előrejelzés feladata. Ahhoz, hogy helyesen ítéljük meg a hidrológiai előrejelzés helyzetét, világos képet kell alkotnunk az előrejelzés fogalmáról, módszereiről, az előrejelzés hibáinak okairól.

### 2.12.1. Az árvízi előrejelzés kialakulása és fejlődése Magyarországon

A XIX. század második felében, az árvízvédelmi rendszer kiépítésével párhuzamosan jelentős nyomás nehezedett a kormányzatra egy "központi hidrogaphiai intézet" felállítására érdekében. 1882-ben az erre vonatkozó előterjesztés az országgyűlés elé került, amely azonban pénzügyi okokból ekkor még elvetette azt. Hosszas előkészítés után 1886-ban jött létre az egységes hidrológiai (vízrajzi) szolgálat, amikor – Európában a hasonló francia intézmény után másodikként – a Közmunka és Közlekedésügyi Minisztériumon belül létrehozták a *Vízrajzi Osztályt*. (2-29. ábra). A megalakult új szervezet feladatai között szerepelt, többek között, az *árvízi előrejelzés fejlesztése* is, bár ezt a feladatot a szűkös költségvetés miatt a parlamenti vitában több képviselő megoldhatatlannak tartotta.



2-37. ábra. Az Országos Vízjelző Szolgálat megalapítása

A Vízrajzi Osztály első vezetője, Péch József ugyanakkor meg volt győződve arról, hogy a várható vízállások előrejelzése hazánkban általában, de különösen a Tisza völgyében országos fontosságú kérdés. A feladat megoldására széleskörű programot dolgozott ki, amely kiterjedt:

- az árvízi előrejelzés céljának meghatározása,
- az árvízi előrejelzési adatok gyűjtésének és továbbításának körére, módjára, gyakoriságára,
- az előrejelzési célállomások kiválasztására
- az előrejelzési módszer kidolgozására
- az előrejelzést végző szervezet (az országos Vízjelző Szolgálat) létrehozására,
- az előrejelzések eljuttatási formájára a felhasználókhöz (Napi Vízjárás Térkép).

A program végrehajtásának eredményei igen látványosak voltak. Már a megalakulás évében megkezdődött az előrejelzési módszerek kifejlesztése, megindult a rendszeres előrejelzés, amelyet lehetővé tett a naponta, ill. árvízkor táviratozással jelentő víz- és csapadékmérések hálózatának kiépítése. Az árvízi előrejelző szolgálat fejlődése az első világháborúig töretlen, s európai viszonylatban is rendkívül jelentős volt. Kiemelkedő teljesítménynek tekinthető, hogy a Szolgálat több folyóra naponta készített és hozott nyilvánosságra előrejelzéseket, sőt a századfordulóra a Tisza tavaszi árvizeinek előrejelzését is megoldotta. Ha azt is figyelembe vesszük, hogy a Szolgálat tudományos alapossággal és módszerességgel végezte feladatát és dolgozta ki előrejelzési módszereit, úgy ez az időszak a magyar Vízjelző Szolgálat egyik legsikeresebb időszakának tekinthető.

A két világháború között lényegében változatlan feladatkört látott el az országos Vízjelző Szolgálat, s az árvízi előrejelzések területén sem történt számottevő előrelépés. Ugyanakkor megemlítendő, hogy

ekkor jött létre a Nemzetközi Vízjelző Szolgálat, miután a Duna Bizottság (CID) szabályozta a nemzetközi adatcsere rendjét. A Duna-menti országok a hajózás biztonsága érdekében 1929-től naponta a nemzeti rádióadókon közreadták az előrejelzéseket is tartalmazó vízállás jelentéseket. A Vízrajzi Osztály utódjaként 1929-ben létrejött az önálló Vízrajzi Intézet.

A második világháború után, a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet (VITUKI) 1952. évi megalapításával indult meg az árvízi előrejelzések intenzív fejlesztése. A két világháború között elavult árvízi előrejelzési segédlet-rendszert átdolgozták, kiterjesztették az ország összes nagyobb folyójára. Tökéletesítették a napi előrejelzés módszereit, s foglalkoztak a hosszú távú előrejelzés fejlesztésével is.

Az 1970. évi nagy tiszai árvíz azonban rámutatott arra, hogy az előrejelzési kapcsolatokat több szelvényben felül kell vizsgálni, s ki kell terjeszteni a Tisza összes jelentősebb mellékfolyójára is. A fejlesztés eredményeképpen átdolgozzák a módszereket és a Dunán a napi előrejelzéshez először alkalmaztak elektronikus analóg számítógépet. 1979-ben az Országos Vízügyi Hivatal több éves programot indított az előrejelzési módszerek fejlesztésére, amelynek során több új előrejelzési módszert dolgoztak ki és vezettek be a gyakorlatba.

Az Országos Vízjelző Szolgálat (OVSZ) 60 éven át a VITUKI szervezeti egységként működött. 2012-től az Országos Vízügyi Főigazgatóság szervezeti egysége.

### 2.12.2. A hidrológiai előrejelzés fogalma, módszerei, pontossága

A hidrológiai helyzet ismerete önmagában csupán az esetek kis részében elegendő a vízgazdálkodási, vízkárelhárítási és egyéb feladatok hatékony elvégzéséhez. *A hidrológiai előrejelzés feladata a hidrológiai folyamatok várható alakulásának meghatározása a jövő egy pontosan megjelölhető időpontjában vagy időszakában.* Így a hidrológiai előrejelzés alapvetően különbözik azokról az – egyes szakemberek által tévesen – előrejelzésnek nevezett statisztikai becslésektől, amelyek valamely hidrológiai jelenség előfordulási valószínűségét vetítik előre a jövőre.

A hidrológiai előrejelzés mindig a konkrét hidrológiai helyzetből indul ki, és a hidrológiai folyamatokat befolyásoló meteorológiai és egyéb folyamatok aktuális állapotának ismeretében tesz kísérletet arra, hogy felhasználva az ezekről a folyamatokról rendelkezésünkre álló tudományos ismereteket, meghatározza a vizsgált hidrológiai folyamat jövőbeni állapotát. *Az előrejelzés tehát a vizsgált és a befolyásoló folyamatok aktuális állapotának ismeretéből indul ki.* Ezen folyamatok aktuális állapotát azonban csak olyan mérések alapján ismerjük, amelyek önmagukban is hibákkal terheltek, s a legkritikább esetben sem tekinthetők teljesen reprezentatívnak.

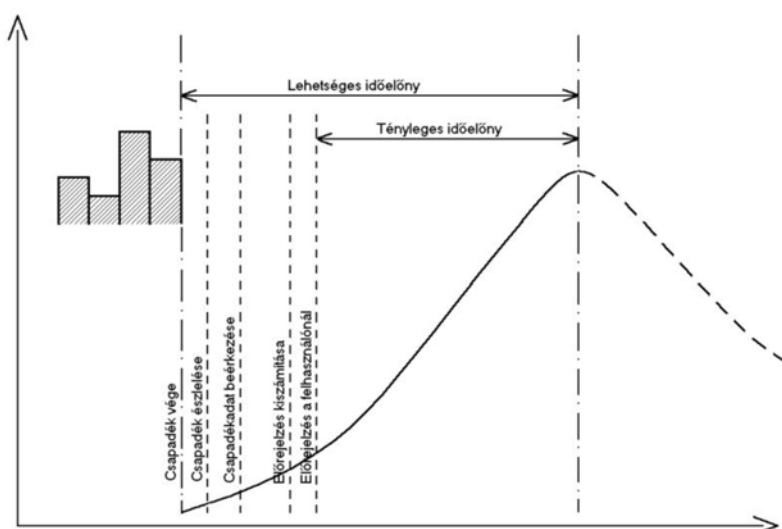
A lezajló fizikai folyamatokról rendelkezésre álló tudományos ismereteink és az ezek alapján kidolgozható számítási eljárásaink is legjobb esetben is csak durván közelítik a valóságban lezajló fizikai folyamatokat és csak a folyamat egyszerűsített modelljét adják. Elmondható tehát, hogy a folyamatokról rendelkezésre álló tudományos ismereteink sem tekinthetők teljes körűnek.

Végül meg kell említeni azt a fontos tényt is, hogy ha ismernénk is az összes befolyásoló tényező pontos állapotát az előrejelzés kiadásának pillanatában, rendelkezniénk a jelenséget tökéletesen leíró matematikai modellel, akkor sem tudnánk tökéletes előrejelzést készíteni. Az előrejelzés ugyanis a jelen helyzet alapján a folyamat későbbi jövőbeni állapotára vonatkozik. Ahhoz, hogy tökéletes előrejelzés készüljön, a fent említetteken túl az is szükséges lenne, hogy az előrejelzett hidrológiai folyamatot addig a bizonyos jövőbeni időpontig, amire előre jeleztünk, elzárjuk a befolyásoló egyéb folyamatoktól (pl. az időjárás), amelynek jövőbeni alakulása az előrejelzés kiadásakor még ismeretlen. Ez természeti folyamatok esetében nyilvánvalóan fizikailag lehetetlen, hiszen a vízjárást semmilyen időszakra nem tudjuk függetleníteni az időjárás befolyásoló hatásától. Az előrejelzett hidrológiai folyamat jövőbeni állapota tehát szükségszerűen több-kevesebb mértékben el fog térni az előrejelzettől. Ez az eltérés azonban – mint a későbbiekben látni fogjuk –, a statisztika eszközeivel jól elemezhető és mérteke becsülhető. Összefoglalva megállapíthatjuk tehát, hogy *a hidrológiai előrejelzés szükségszerűen eltér a tényleges értékektől, mert:*

- a folyamatokat jellemző adatok nem teljesen reprezentatívak és mérési hibákkal terheltek,
- a hidrológiai előrejelzések készítéséhez felhasznált modellek sohasem írják le teljesen a vizsgált természeti folyamatokat,
- az előrejelzés időelőnye alatt a befolyásoló tényezők tovább változnak és ezen változások az előrejelzés időpontjában még ismeretlenek, hatásuk azonban az előrejelzett folyamatokban megjelenik.

Említettük, hogy a hidrológiai előrejelzés a hidrológiai folyamat időben megjelölhető jövőbeni állapotára vonatkozó becslés. Az előrejelzések elkészülésének időpontja és az esemény jövőbeni bekövetkezésének időpontja közötti különbséget az *előrejelzés időelőnyének* nevezzük. Mivel az előrejelzés mindig a jövőre vonatkozik, ez mindig pozitív mennyiség.

A 2-30. ábrán látható, hogy az előrejelzés tényleges időelőnye mindig kisebb, mint az elméletileg lehetséges maximális időelőny. Mivel az előrejelzések esetében az időelőny a felhasználó szempontjából általában ugyanolyan fontos, mint az előrejelzés pontossága, ezért az előrejelzés, illetve a vízjelzés technológiáját úgy kell kialakítani, hogy az előrejelzések tényleges időelőnyét minél közelebb vigyük a lehetséges időelőnyhöz. Ennek eszköze elsősorban az *adatgyűjtés, az adatközlés, adatfeldolgozás, előrejelzés és a közreadás technológiájának fejlesztésében* rejlik. A technológiai fejlesztés ebben az esetekben a széles körű automatizálásban, illetve a számítástechnikai és informatikai eredmények minél szélesebb körű felhasználásában rejlik. Kedvezőnek tekinthető, hogy azok a technológiai fejlesztések, amelyeket az időelőny maximális kihasználása érdekében kell végrehajtanunk, egyben az előrejelzések pontosságának fokozását is szolgálják. A távmérő rendszerek ugyanis nemcsak gyorsabban juttatják el az adatot, hanem részletesebb kiindulási adatokat is szolgáltatnak.



2-38. ábra Az előrejelzés lehetséges és tényleges időelőnye

Az adatfeldolgozásnál felhasznált nagykapacitású számítógépek nemcsak a feldolgozást teszik gyorsabbá, hanem egyben lehetővé teszik nagyobb bonyolultságú előrejelzési modellek alkalmazását is, csökkentve így az előrejelzések lehetséges hibájának forrásait. Végül részben kiküszöbölhető az előrejelzési pontatlanságok harmadik forrása, a befolyásoló folyamatok hatása az időelőny alatt, ha ezekre a folyamatokra vonatkozóan szintén rendelkezünk megbízható előrejelzésekkel. Ugyanez viszont lehetővé teszi a lehetséges időelőny növelését is. Ez hidrológiai folyamatok esetében általában azt jelenti, hogy ha rendelkezünk megfelelő tartalmú, megbízható meteorológiai előrejelzésekkel, úgy a meteorológiai előrejelzések időelőnyével a hidrológiai előrejelzés időelőnye meghosszabbítható.

Természetesen az időelőny ilyen típusú megnövelése az időelőny növekményének tartamára az előrejelzés pontosságának romlásával jár együtt. Ennek oka, hogy a növekmény tartalma alatt a meteorológiai előrejelzések pontatlansága is jelentkezik a hidrológiai előrejelzések pontatlanságának növekedésében. Másrészt a legtöbb esetben a számítási, illetve előrejelzési modell struktúrájának ismeretében a hibák növekedésének mértéke előre számítható, illetve becsülhető. Meg kell említeni azonban, hogy a kárelhárítási tevékenység során az időelőny szerepe olyan nagy lehet, hogy a még oly pontatlan, de a pillanatnyi ismert értéken alapuló vagy az átlaggal történő közelítéshez képest több információt tartalmazó jövőre vonatkozó becslés is előrejelzésként fontos szerepet tölthet be.

Bármennyire fontos is az időelőny növelése a felhasználók szempontjából, ennek határt szab az, hogy az időelőny alatti események hatása az időelőny növekedésével arányosan növekszik, ami azt is jelenti, hogy az előrejelzés pontossága csökken. Ez ahhoz vezet, hogy egy bizonyos időelőny elérésekor az előrejelzés már nem ad többletinformációt a kiindulási állapothoz képest, tehát elveszti előrejelzés jellegét. Ez az időelőny a *rövididejű előrejelzések lehetséges maximális időelőnye*.

Az előrejelzési pontosság és az időelőny tehát szükségszerűen fordított arányban áll egymással. Az előrejelzés elvárható pontosságát azonban alapvetően meghatározza az előrejelzett hidrológiai elem változékonysága az előrejelzés időelőnye alatt. Ezért annak megítélésakor, hogy mennyire jó az előrejelzésünk, figyelembe kell venni, hogy mekkora az adott előrejelzés időelőnye és mekkora az *előrejelzendő hidrológiai elem változékonysága*. Lényegében tehát arról van szó, hogy azt kell figyelembe venni, hogy az előrejelzés mennyivel ad több információt a jelen állapot (vagy az átlagos állapot) ismeretén túl.

A hidrológiai (vízrajzi) előrejelzés valamely hidrológiai folyamat jövőbeni állapotát, vagy valamely hidrológiai elem jövőbeni várható értékét jelzi előre. Ezért a hidrológiai előrejelzés taglalásánál célszerűen csoportokba szokták osztani az előrejelzést. A kategorizálás történhet:

- a *hidrológiai előrejelzés célja* szerint (vagyis mely gazdasági ágazat, vagy tevékenység számára készülnek. Ilyenek pl. az árvízi, vagy a hajózási előrejelzések, az öntözés-előrejelzések, vagy az építési és a létesítmény-üzemelési célú előrejelzések);
- az *előrejelzett hidrológiai elem* szerint (vízállás, vízhozam, jég, vízhőmérséklet, kémiai jellemzők stb. előrejelzése);
- az *előrejelzés időelőnye* szerint (ultrarövid időtávú [néhány óráss], rövidtávú [több óráss, 1-2 napos], középtávú [több napos] és hosszú távú [1-2 hét, néhány hónap] előrejelzések);
- az *előrejelzés alkalmazott módszere* szerint (mércekapcsolati összefüggések, lefolyás-lefolyás, csapadék-lefolyás modellek stb.).

Magyarországon a hidrológiai előrejelzések legfontosabb felhasználója a vízkárelhárítás, s ezen belül is az árvízvédelem. Számottevő felhasználónak számít még a hajózás, a vízgazdálkodás (vízkészletgazdálkodás). Jelentős az előrejelzés (sőt általában) a vízjelzés iránti lakossági érdeklődés is. A lakosság elsősorban árvízvédelmi, turisztikai és sport célokból (horgászat) érdeklődik a vízjelzés és ezen belül az előrejelzés iránt.

Az előrejelzett elemek között kiugró szerepe van a *vízállás előrejelzésének*. A jeges árvizek miatt jelentős igény van a különböző *jégjelenségek előrejelzésére* is. A vízhozam, ill. a lefolyás tömegének előrejelzése iránti igény csak az egyenként szűkös tározási és elsősorban az árvízi célú tározási lehetőségek minél hatékonyabb kihasználása miatt jelent meg.

Magyarországon a legtöbb kiadott előrejelzés *rövid távú előrejelzések* kategóriájába tartozik, de az Országos Vízjelző Szolgálatnál készül hosszú távú előrejelzés is, a tavaszi lefolyás várható tömegére és a maximális vízállás várható értékére vonatkozóan. A hosszú távú előrejelzésekre igen nagy az igény, de ezt az előrejelzést kidolgozók csak korlátozottan tudják kielégíteni. Előrejelzést ugyanis csak akkor és olyan időelőnyre lehet készíteni, amire az előrejelzett hidrológiai folyamat előrejelzés kori állapota, ill. a hidrológiai folyamatot alakító egyéb fizikai/természetes folyamatok állapota döntő mértékben meghatározza a jövőbeni értéket. Hosszú távú előrejelzésről akkor kell beszélnünk, ha az előrejelzendő hidrológiai folyamat előrejelzés kori állapota már nem, vagy csak elenyésző módon határozza meg a jövőbeni állapotot.

Mivel ilyen lehetőségek csak bizonyos hidrológiai elemek és bizonyos vízgyűjtőkön állnak rendelkezésre a hosszú távú előrejelzés lehetőségei módszertani felkészültségünkől függetlenül korlátozottak.

Az előrejelzés célja, az előrejelzendő hidrológiai elem, valamint az elérni kívánt időelőny alapvetően meghatározza azokat az előrejelzési módszereket, amelyek alkalmazása sikerrel kecsegtet. Ugyanakkor a rendelkezésünkre álló módszertani eszköztár alapján meghatározhatók azok az előrejelzési célok, folyamatok és időelőnyök, melyekre hatékony megoldás található.

Hangsúlyoznunk kell, hogy előrejelzés esetén mindig a fizikai folyamatokban meglévő ok-okozati összefüggéseket használja fel az előrejelzés, függetlenül attól, hogy ez milyen eszközökkel (determinisztikus, sztochasztikus) éri el. Az előrejelzési módszerek tárgyalása a hidrológiai szakirodalom igen jelentős fejezetét foglalja el. Hazánkban is sokan foglalkoztak az előrejelzési módszerek fejlesztésével.



Az előrejelzési gyakorlatban alkalmazott *előrejelzési eljárásokat* alapvetően három csoportba oszthatjuk:

- 1) Tapasztalati eljárások.
- 2) Az előrejelzendő mennyiség (prediktant) és az előrejelzés alapjául szolgáló mennyiségek (prediktor) közötti fizikai kapcsolaton alapuló (determinisztikus) módszerek.
- 3) Az előrejelzendő mennyiség (prediktant) és az előrejelzés alapjául szolgáló mennyiségek (prediktorok) közötti sztochasztikus kapcsolaton alapuló módszerek.

Az előrejelzési eljárások közül a legősibb a tapasztalati eljárás. Tulajdonképpen itt nem objektív és megismételhető eljárásról (módszerről) van szó, hanem arról, hogy egy olyan személynek, aki az előrejelzendő folyamat alakulását már korábban többször megfigyelte és tapasztalatokat szerzett abban, hogy hasonló helyzetben korábban mi volt a folyamat további alakulása a folyamat fizikai törvényszerűsége pontos ismerete nélkül, csupán a tapasztalatai alapján kialakított, a folyamat jövőbeni alakulására vonatkozó elképzeléseit tekintjük előrejelzésnek. Legtöbbször a tapasztalati előrejelzés alapját, bizonyos olyan törvényszerűségek megfigyelése képezi, amelyek a folyamat fizikájából adódnak és tudományosan igazolhatók is, csak ezt az előrejelző nem képes ezen objektív és igazolható szabályokat megfogalmazni.

A *tapasztalati előrejelzés*, mivel csakis az előrejelző tapasztalatain alapul és személyétől elválaszthatatlan és megismételhetetlen, nem tekinthető a vízjelzés eszköztára részének. Annál inkább sem, hogy amire a tapasztalati úton jó előrejelzés készíthető, arra a tudomány eszközeivel objektív, megfelelő pontosságú és megbízhatóságú előrejelzési módszer dolgozható ki. Természetesen ehhez szükség van a hidrológiai előrejelzés kidolgozásában jártas szakemberekre és rengeteg munkára.

A hidrológiai előrejelzés területén a legnagyobb várakozással azon eljárások felé fordulunk, amelyek a természetben lezajló folyamatok fizikájának tudományos leírásán, ill. azok matematikai modelljén alapulnak. Vegyük pl. egy vízgyűjtőn lehulló csapadék hatására kialakuló árhullám előrejelzését. Mivel ismerjük a csapadék beszivárgásának, a víz mozgásának törvényszerűségeit a vízgyűjtőn és a mederben, kiszámíthatjuk a kialakuló árhullámot a vízfolyás bármely szelvényében és mivel ez az árhullám időben később jelentkezik, számításainkat előrejelzésként használhatjuk.

A *determinisztikus előrejelzési módszerek, modellek* lényegében tehát a folyamat fizikáját leíró módszerek, modellek, kizárólagos alkalmazásuk elméletileg az egyetlen helyes út az előrejelzési feladatok korrekt megoldására.

A hidrológiai előrejelzés során azonban vízgyűjtőkkel, vízfolyásokkal, tavakkal, vagyis nagyterjedésű természeti objektumokkal kell dolgozni, melyeken a lezajló folyamatok annyira különböző feltételek mellett mennek végbe, hogy a determinisztikus modellek alkalmazásához az objektumot végtelen sok részre kellene bontani, s az egyes részekre alkalmazva a determinisztikus előrejelzést összerakni a folyamat egészét. Ennek gyakorlati megvalósítása során mind a kezdeti állapotot jellemző részletes adatok hiánya, mind a modellparaméterek meghatározhatatlansága miatt sok esetben az előrejelzési feladat megoldhatatlanná válik. Ilyen esetekben nem marad más, mint elvetni a determinisztikus megoldás keresését és az előrejelzés sztochasztikus módszeréhez fordulni.

Az *előrejelzés sztochasztikus módszerei* lényegében olyan általános, a folyamatok idősorai viselkedésének statisztikai törvényszerűségein alapuló módszerek, amelyek nem keresik meg a fizikai folyamatban rejlő ok-okozati kapcsolatot, hanem csupán feltételezve ezt a kapcsolatot a prediktorok és prediktantok idősorai, vagy megfigyelt elemei között matematikai módszerekkel leírható összefüggést állapítanak meg. Sok esetben a prediktorok és a prediktant közötti lineáris kapcsolat formájára tett feltételezéssel keresik azt az összefüggést, amely biztosítja a prediktant optimális előrejelzését. A legkisebb négyzetes becslés előnye az, hogy biztosítja a prediktant minimális szórású előrejelzését, amit általában, mint feltételt az előrejelzési módszerektől elvárnak.

Tulajdonképpen ebbe a kategóriába sorolhatók ugyanennek a feladatnak *grafikus megoldásai*, amikkel még ma is találkozhatunk az előrejelzési gyakorlatban az *összetartozó tetőzések módszerének alkalmazásánál*. Ez a megoldás hazánkban *Szesztay Károly* munkássága kapcsán vált közzismertté és széles körben alkalmazottá, bár az első előrejelzési segédletek, amelyek kidolgozását a *Vízrajzi Osztály Péch József* vezetésével 1886-ban megkezdte, lényegében már ugyanezt a megoldást alkalmazták. A módszer szinte univerzálisan alkalmazható bármely hidrológiai elem előrejelzése esetében és az árvízi előrejelzések esetében az előrejelzési eszköztár mindmáig igen fontos elemét jelenti.

A 2-8. táblázat összefoglalja az előrejelzési fázisokat, a meteorológiai folyamatok, az összegyülekezés és az árhullám-levonulás függvényében.

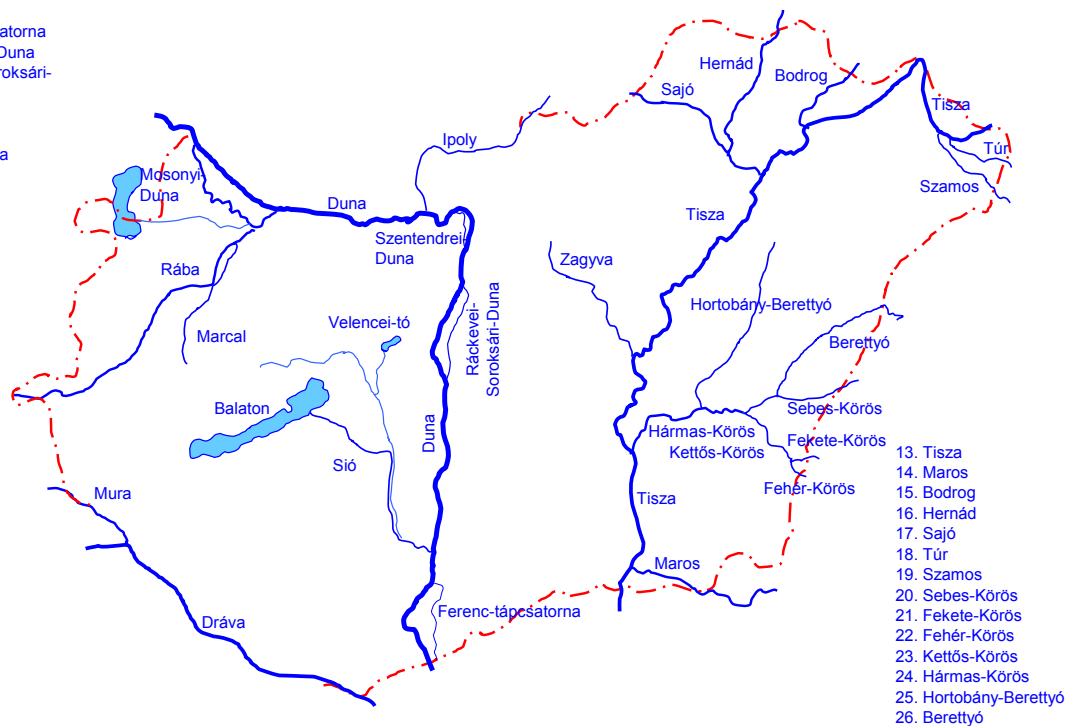
2-8. táblázat. Az előrejelzési fázisok leírás és befolyásoló tényezői

Az előrejelzési fázis	Az előrejelzési fázis leírása	Az előrejelzési hibát leginkább befolyásoló tényező
1. fázis	Az árhullámot kiváltó meteorológiai folyamatok még nem zárultak le. A csapadék még nem, vagy csak részben hullott le a vízgyűjtőre. Az előrejelzés döntően, vagy jelentős mértékben a csapadék előrejelzésekre támaszkodik.	Csapadék előrejelzés
2. fázis	Az árhullámot kiváltó csapadék zöme már lehullott a vízgyűjtőre, az előrejelzés a mért csapadék értékekre támaszkodhat. Az összegyülekezési folyamatok még nem zárultak le, a víz nagy része még nem érte el a folyómedreket.	Csapadék-lefolyás (hidrológiai) modell
3. fázis	Az összegyülekezési folyamat jórészt befejeződött, a víz nagy része már a folyómedrekben van.	Medertranszformációs (hidraulikai) modell

## 2.13. MAGYARORSZÁG VÍZFOLYÁSAI ÉS TAVAI

A 2-9. táblázatban (2-39. ábra) Magyarország folyóit (a jogszabályban rögzített lista alapján) adjuk közre a legfontosabb adataikkal.

1. Duna
2. Ferenc-tápcsatorna
3. Szentendrei-Duna
4. Ráckevei-Soroksári-Duna
5. Ipoly
6. Zagyva
7. Mosonyi-Duna
8. Marcal
9. Rába
10. Mura
11. Sió
12. Dráva



2-39. ábra Magyarország folyói

2-9. táblázat. Magyarország folyói

A folyó				
neve	összes hossza (km)	szabályozott hossza (km)	részben szabályozott hossza (km)	hajózható hossza (km)
Duna	416,8	231,2	142,0	377,8
Szentendrei Duna	32,0	2,0	23,0	32,0
RSD (Ráckevei – Soroksári Duna)	—	—	—	—
Ipoly	141,0	74,3	2,3	—
Zagyva	124,2	5,5	2,0	—
Mosoni Duna	121,8	—	44,0	14,0
Marcal	22,0	—	—	—
Rába	211,2	76,8	116,1	—
Mura	48,6	9,0	24,0	—
Sió	121,0	92,0	—	121,0
Dráva	138,5	55,0	49,5	128,4
Tisza	585,2	353,9	177,8	523,9
Maros	49,6	17,0	8,3	25,0
Bodrog	51,1	9,4	—	51,1
Hernád	118,4	16,7	47,8	—
Sajó	125,1	31,1	56,8	—
Túr	30,0	27,0	—	—
Szamos	49,5	46,1	7,7	—
Sebes-Körös	59,0	22,0	4,0	10,0
Fekete-Körös	20,0	10,0	1,0	—
Fehér-Körös	10,0	1,0	—	—
Kettős-Körös	37,0	6,0	4,0	24,0
Hármas-Körös	91,0	13,0	8,0	91,0
Hortobágy-Berettyó	55,0	22,0	—	7,0
Berettyó	74,0	18,0	56,0	35,0
<b>Összesen:</b>	<b>2734,4</b>	<b>1139,0</b>	<b>774,3</b>	<b>1440,2</b>