

HALÁTJÁRÓK

Pannonhalmi Miklós



Győr-Budapest

2018

HALÁTJÁRÓK

tervezése, üzemeltetése és ellenőrzése

Útmutató

Pannonhalmi Miklós

Győr-Budapest

2018

Halátjárók tervezése, üzemeltetése és ellenőrzése

Útmutató

- Összeállította:** Pannonhalmi Miklós, Hallépcső Bt.
- Közreműködtek:** Déri Lajos, SOLVEX Kft.
Dunai Ferenc, Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság
Láng István, Országos Vízügyi Főigazgatóság
Németh József, Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság
- Lektorálták:** Csörgits Gábor, Földművelésügyi Minisztérium
Udvari Zsolt, Földművelésügyi Minisztérium
- Felelős kiadó:** Udvari Zsolt főosztályvezető
Földművelésügyi Minisztérium
Horgászati és Halgazdálkodási Főosztály
- Nyomda:** Duna-Mix Kft.
Felelős vezető: Szakolczai Lóránt ügyvezető igazgató
www.dunamix.hu
- Példányszám:** 3000 db

© Pannonhalmi Miklós, 2018

ISBN 978-615-5673-26-9

Készült a Földművelésügyi Minisztérium „Állami halgazdálkodási feladatok támogatása” fejezeti kezelésű előirányzat forrásaiból, Dr. Fazekas Sándor földművelésügyi miniszter úr támogatási engedélyével.

Győr-Budapest
2018

Előszó

Az ember jelentős természetátalakító tevékenysége a vízügyi beavatkozásokon is tetten érhető. Okozhatunk visszafordíthatatlan ökológiai katasztrófát, gondoljunk csak az Aral-tó elmúlt öt évtized alatt bekövetkezett totális pusztulására, amelyet a két tápláló folyó, a Szir-Darja és az Amu-Darja vizének öntözésre való felhasználása eredményezett. Vagy végezhetünk látszólag áldásos tevékenységet is, gondoljunk a Tisza-völgy folyószabályozási munkáira, amikor másfél évszázaddal ezelőtt élhetőbbé tettük az Alföldet, s millióhektárnyi korábban ár- és belvízjárta és vizenyős területet birtokba véve mezőgazdasági művelés alá vonhattunk. A hazai példánál maradva a vízi élővilágra gyakorolt kedvezőtlen ökológiai hatások kevésbé látványosak, inkább lappangóak, mert a víz alatti világ számunkra láthatatlan, így nehezebben fűrészeshetők ki a problémái vagy már túl későn vallanak színt.

A tudomány korán feltárta, hogy egyes halak a tengerből folyókba úsznak fel szaporodni (anadrom fajok, mint például a viza), míg mások éppen fordítva, édesvízből vonulnak ívársra a tengerbe (katadrom fajok, mint például az angolna). A tudomány megnevezett további csoportot is, például a potamodrom típusú halakat, amelyeknél rövidebb, folyón belüli ívási vándorlást figyeltek meg. A halak viselkedését, szokásait ismerni véljük, még szerencse, hogy a halak a saját besorolásukat nem ismerik, melyik kategóriába kellene tartozniuk. Egy biztos: egyre több fajról derül ki, hogy a folyó hossz-, illetve keresztirányú átjárhatósága mennyire nagy jelentőséggel bír életmódjukhoz. A felismerést mi sem példázza jobban, minthogy holland kezdeményezésre hagyományteremtő céllal elindult a Halak Vándorlásának Világnapja nevű globális eseménysorozat, melyhez 2016-ban magyarországi rendezvényt csatlakoztunk.

A halgazdálkodásról és a hal védelméről szóló 2013. évi CII. törvény számos – haladó szellemű – új jogintézményt vezetett be, ami korábban nehezen lett volna elképzelhető. Például a 19. § (2) bekezdése így szól: „(2) A nagy értékű természetes vízi halállományok ívási vándorlásának biztosítása érdekében, a halgazdálkodási hatóság a vízfolyásokon, folyókon tervezett vagy megvalósult, a hosszanti átjárhatóságot akadályozó műtárgyak és vízilétesítmények engedélyezésének hallépcső létesítését és működtetését írja elő.” Balogh János Kossuth- és Széchenyi-díjas, Magyar Corvin-lánc kitüntetett akadémikus vallotta egy 2002-es interjúban, hogy „A kapitalistát nem tudom meggyőzni, hogy ne legyen kapitalista, de talán meg tudom győzni, hogy a 21. század legnagyobb üzlete lenne, örült extraprofittal, ha kitakarítják a Földet. Ha kijavítanák mindazt a marhaságot, amit az elmúlt kétszáz évben elkövettek...”. Hogy ne csak üzleti aspektusból vizsgáljuk, vagy azért, mert jogszabályok köteleznek arra bennünket, helyette higgyünk benne, hogy a halak magukért is megérdemlik a gondoskodást! Szüntessük meg az útjukat álló ember alkotta vízi akadályokat, segítsük elő az átjutásukat a számukra áthidalhatatlan szintkülönbségű mesterséges mederalakulatokon, adjunk nekik alternatív „kék utakat”!

E hiánypótló kiadvány szerzője a téma egyik legjobb hazai szakértője, Pannonhalmi Miklós, aki a halátjárók tervezésében és kivitelezésében jártas kollégáival közösen állította össze jelen útmutatót. Kívánom, hogy ezt a remek útmutatót az ökológusok, a vízépítő mérnökök és a halgazdálkodási szakemberek is haszonnal forgassák majd, a közös gondolkodás jegyében – a halak érdekében.

Budapest, 2017. december havában

Udvari Zsolt
főosztályvezető

Tartalomjegyzék

ÖSSZEFOGLALÓ	9
1. BEVEZETÉS	14
2. VÍZ KERETIRÁNYELV	16
2.1 Erősen módosított víztest	17
2.2 Jó ökológiai potenciál	18
2.3 A fő fizikai módosítások és azok hatásai, intézkedések	18
2.4 Nemzetközi szervezetek	22
3. HIDROBIOLÓGIAI ALAPOK	23
3.1 A folyóvízi élettér	23
3.1.1 Geológiai és klimatikus viszonyok	23
3.1.2 Áramlásviszonyok	23
3.1.3 Hordalékmozgás és anyageloszlás	24
4. VÍZMINŐSÉG	26
4.1 Vízhőmérséklet	26
4.2 Kémiai határértékek	29
4.2.1 A halak életfeltételeinek biztosítására vízminőségi határértékek	30
4.2.2 Víz Keretirányelv szerinti határértékek	31
5. A FOLYÓVIZEK FOLYTONOSSÁGA (KONTINUITÁSA)	31
5.1 Folyó folytonossági elmélet (River Continuum Concept)	31
5.2 Nagyvízi dinamikus koncepció (Flood Pulse Concept)	38
6. FOLYÓVÍZI ÉLŐHELYEK	38
6.1 A természetes halfauna	43
6.1.1 A Rába és a Duna természetes halfaunája	43
6.1.2 Vándorlással érintett halfajok	46
7. A VÍZI SZERVEZETEK VÁNDORLÁSA	64
7.1 Ívási vándorlás	65
7.2 Táplálkozási vándorlások	66
7.3 Telelőhelyre történő vándorlás	67
7.4 Elkerülő mozgások	67

7.5 Állománysűrűség kiegyenlítése	67
7.6 Benépesítés és visszatelepülés	68
7.7 Kölcsönhatás	68
7.7.1 Szezonálitás	69
7.7.2 Éves-ciklus	69
7.7.3 Havi ritmus (holdfázisok)	69
7.7.4 Napi ritmus	69
7.7.5 Tájékozódás	70
7.7.6 Úszóképesség/teljesítmény	71
7.7.7 Ugrási teljesítmény	72
7.7.8 Egyéb vízi élőlények mozgása	72
8. ANTROPOGÉN HATÁSOK A HALFAUNÁRA	73
9. A HALÁTJÁRÓK TERVEZÉSÉNEK ÁLTALÁNOS KÖVETELMÉNYEI	76
9.1 Elhelyezés	77
9.2 Alvíz	77
9.3 Felvíz	78
9.4 A halátjáró vízhozama és áramlási viszonyai	79
9.5 Hosszúság, meredekség, pihenőmedencék	79
9.6 A mederfenék kialakítása	79
9.7 Megvezető áramlás (csalívíz)	80
9.8 Üzemeltetési időszakok	80
9.9 Fenntartási, karbantartási munkák	81
9.10 A létesítmények zavartalan üzemvitele és védelme	81
9.11 Tájba illesztés	81
10. TERMÉSZETKÖZELI HALÁTJÁRÓK	81
10.1 Halrámpa	82
10.1.1 Működési elv	82
10.1.2 Kialakítás	83
10.1.2.1 Rámpatest	83
10.1.2.2 Építési mód	83
10.1.2.3 Helyszín	84

10.1.2.4	Hossz-szelvény.....	84
10.1.2.5	Áramlászavaró kövek	85
10.1.2.6	Rézsűbiztosítás	85
10.1.2.7	Utófenék biztosítás	85
10.1.3	Halrámpa különleges megoldások	85
10.1.3.1	Érdesített csatorna halrámpa.....	85
10.1.4	Általános megítélés	86
10.2	Megkerülő csatornák	87
10.2.1	Működési elv.....	87
10.2.2	Kialakítás	87
10.2.2.1	Helyszín	88
10.2.2.2	Hossz-szelvény.....	88
10.2.2.3	Meder keresztzelvény	88
10.2.2.4	Áramlástörő kövek.....	88
10.2.2.5	Be- és kitorkollás – kiágazás	91
10.2.2.6	Átjárhatóság.....	92
10.2.2.7	Általános értékelés	92
10.3	Medencés kőküszöbös halátjáró	92
10.3.1	Működési elv.....	92
10.3.2	Kialakítás	92
10.3.2.1	Helyszín	93
10.3.2.2	Hossz-szelvény.....	93
10.3.2.3	Meder keresztzelvény	93
10.3.2.4	Rézsűbiztosítás	94
10.3.2.5	Be- és kitorkollás – kiágazás	94
10.3.2.6	Általános értékelés	94
10.4	Természetközeli halátjárók méretezése	95
10.4.1	Hidraulikai képletek.....	95
10.4.2	Az áramlás-zavaró kövek ellenállása	96
10.4.3	A kőküszöbök méretezése	101
10.4.4	Halrámpák mértékadó vízhozama.....	106

10.4.5	Próbaüzem	107
11. MŰVI HALÁTJÁRÓK	107	
11.1	Medence jellegű halátjárók	108
11.1.1	Hagyományos medencés halátjáró	108
11.1.1.1	Működési elv.....	108
11.1.1.2	Kialakítás	109
11.1.1.3	Helyszín	109
11.1.1.4	Hossz-szelvény.....	109
11.1.1.5	Medenceméretek.....	110
11.1.2	Különleges kialakítások	111
11.1.3	Hidraulikai méretezés	112
11.2	Réselt halátjárók	115
11.2.1	Működési elv.....	115
11.2.2	Kialakítás	116
11.2.2.1	Helyszín	116
11.2.2.2	Hossz-szelvény.....	116
11.2.2.3	Medenceméretezés.....	116
11.2.2.4	Beépítés	117
11.2.2.5	Mederanyag.....	118
11.2.3	Hidraulikai méretezés	118
11.2.3.1	Réselt halátjáró méretezésének számítási példája	121
11.2.4	Összefoglaló értékelés	126
11.3	Csatorna jellegű halátjárók	127
11.3.1	Denil halátjáró	127
11.3.1.1	Helyszín	127
11.3.1.2	Kialakítás	127
11.3.1.3	Hossz-szelvény.....	127
11.3.1.4	A csatorna	128
11.3.1.5	Terelőfalak	128
11.3.1.6	Összefoglaló értékelés	128
11.3.2	Kefelemes halátjárók.....	129

11.3.3	Angolnalétrák.....	129
11.4	Különleges halátjárók.....	129
11.4.1	Hajózsilip.....	129
11.4.2	Halzsilip.....	130
11.4.3	Hallift.....	131
12.	CSALIVÍZ INTENZIFIKÁLÁSA.....	132
13.	VÍZTAKARÉKOS HALÁTJÁRÓ.....	133
14.	MÉRŐ- ÉS MEGFIGYELŐ RENDSZEREK, MONITORING.....	134
14.1	Fizikai vizsgálatok.....	135
14.2	Kémiai vizsgálatok.....	136
14.3	Biológiai vizsgálatok.....	136
15.	KERESZTEZÉSEK, ÁTERESZEK, MÉRŐMŰTÁRGYAK.....	139
	FELHASZNÁLT IRODALOM.....	142
	AJÁNLOTT IRODALOM.....	143
	MELLÉKLETEK.....	150
	JELMAGYARÁZAT.....	150
	DUNA VÉDELMI NEMZETKÖZI BIZOTTSÁG (ICPDR): INTÉZKEDÉSEK A HALAK KERESZTIRÁNYÚ MŰVEKEN TÖRTÉNŐ VÁNDORLÁSÁNAK BIZTOSÍTÁSÁRA C. MŰSZAKI IRÁNYELVBŐL (2012).....	154
	MAGYARORSZÁGI HALÁTJÁRÓK ÖSSZEHASONLÍTÓ ADATAI.....	157

ÖSSZEFOGLALÓ

A halátjáró létesítésének elvei

Európában és Magyarországon a vízpolitikát átfogóan az ún. Víz Keretirányelv (az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról; rövidítve: VKI) szabályozza. A paradigmaváltást igénylő irányelvet Magyarország jogrendszerében és a Nemzeti Vízstratégiájában jelenítette meg. A Víz Keretirányelv általános környezeti célkitűzése felszíni vizeink jó ökológiai és kémia állapotba hozása, a vízzel kapcsolatos élőhelyek védelme, javítása. Vízfolyásaink döntő többsége nem éri el a kívánatos állapotot, illetve potenciált, elsősorban a hidromorfológiai beavatkozások hatásai miatt. Az intézkedési programokban előkelő helyet foglal el a hosszirányú átjárhatóság helyreállítása és a hidromorfológiai viszonyok javítása, a jó ökológiai állapot, illetve potenciál elérése.

Magyarországon már több, különböző típusú és hatékonyságú halátjáró létesült annak ellenére, hogy a halátjárók tervezéséhez, üzemeltetéséhez és vizsgálatához nem áll rendelkezésre egységes hazai halbiológiai és műszaki szakértői anyag. Jelen útmutató célja e hiányosság megszüntetése, a vonatkozó természettudományi és műszaki ismeretek egységes szerkezetbe foglalása, az egyértelmű szaknyelvi szókincs (nómenklatúra) kialakítása.

A halak számára a leghatékonyabb megoldás az átjárhatóság helyreállításához az **akadály eltávolítása**. Ez a megoldás gyakran lehetőséget ad a korábban duzzasztott szakaszon ismét megfelelő ivó-, illetve ivadéknevelő hely kialakítására. Természetvédelmi szempontból, például a tározótérben kialakult értékes biotóp miatt azonban nem minden esetben kívánatos az akadály eltávolítása. Az akadály eltávolítását emiatt minden esetben hatásvizsgálatnak kell megelőzni.

A halátjáró létesítmények célja, hogy biztosítsa a halak, illetve tágabb értelemben a vízi élőlények számára a környezeti célkitűzésekben megfogalmazott vándorlás, szaporodás és táplálkozás feltételeit.

Halátjárók tervezésénél a rendszerszemlélet vezérelje a tervező mérnököt és javasoljuk figyelembe venni, hogy:

- a rendszert minimális fenntartásra kell tervezni,
- a rendszert a természetes energiák felhasználásával kell tervezni,
- a rendszert a hidrológia és ökológia, a tájkép és klíma figyelembevételével kell tervezni,
- többcélú rendszert tervezz, de legalább egy főcélkitűzést és több másodlagos célt kell megjelölni,
- a rendszert funkcionálisan kell tervezni, és nem formailag,
- tudatosítsuk, hogy a rendszer hatékony működéséhez idő kell.

A halátjárók tervezése, létesítése és üzemeltetése vízjogi engedély köteles tevékenység. A létesítmény hatékonysága szoros kapcsolatban áll a műben kialakuló vízsebességekkel és áramlási viszonyokkal. A hatékonyság érdekében a tervezést és üzemeltetést a vándorló halfajok viselkedési, halélettani tulajdonságaihoz kell igazítani.

A halátjáró hatékonyságánál meghatározó, hogy a halak megtalálják a bejáratot és azon **késedelem, stressz, illetve sérülések nélkül** áthaladjanak.

A halátjáróban kialakuló vízsebességnek összeegyeztethetőnek kell lenni az érintett halfaj úszási képességével, és a halátjárónak lehetőséget kell biztosítani a vándorlás időszakában az összes egyed átjutására.

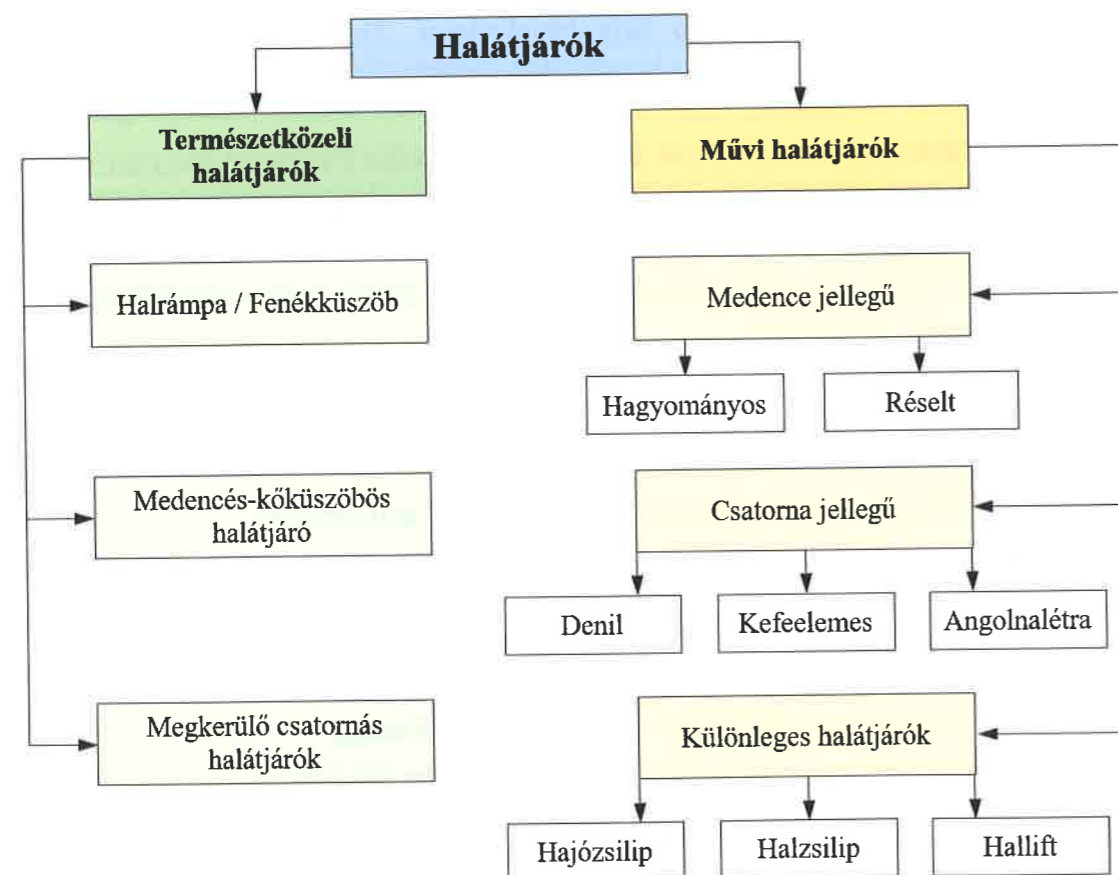
A hidraulikai tényezők mellett a halak érzékenyek egyéb környezeti paraméterekre is (oldott oxigén koncentráció, hőmérséklet, zajok, szagok stb.), melyek hatása riasztó lehet. Ez különösen akkor igaz, amikor a halátjárót tápláló víz minősége eltér a vízfolyás vízminőségétől (alacsony oxigénszint, hőmérsékletkülönbség stb.). A halak igénylik a megfelelő fényintenzitású környezetet, amit a halátjáróban is biztosítani kell.

A környezeti hatások változása a vándorló halfajok viselkedésére jelenleg csak korlátozott mértékben ismert és dokumentált, az információk jelentős része helyi megfigyelésen alapul. Éppen ezért nem könnyű a mérnökök számára a tervezési alapelvek pontos meghatározása.

A halátjárók típusai

Az akadály eltávolításán kívül nem létezik „csodákra” képes halátjáró, ami minden másnál hatékonyabb: a tapasztalatok azt mutatják, hogy a számos természetközeli vagy művi halátjáró egyaránt lehet hatékony, vagy hatástalan.

A halátjárók fő típusai az alábbiakban foglalhatók össze:



A fő típusokon belül a helyi adottságok következtében különböző változatok jelenhetnek meg, de általában megállapítható, hogy a hatékony halátjárók a **fő típusok kombinációjával** alakíthatók ki.

A halátjáró típusok főbb jellemzői

A megfelelő halátjáró kiválasztásának eldöntésekor meghatározó, hogy minden megoldás egyedi, függ a vándorló halfajoktól, az adott halfaj viselkedésétől, a vízfolyás hidrológiai, topográfiai viszonyaitól, a helyi adottságoktól. A gyakorlat azt mutatja, hogy a halátjárók szigorú osztályba sorolás alapján történő kiválasztása komoly hibákat, illetve elviselhetetlen költségeket eredményezhet.

Az alábbiakban összefoglaljuk az egyes fő halátjáró típusokat, melyeket az útmutató részletesen tárgyal.

1. A **halrámpa/fenékküszöb** működési elve, hogy a magasságkülönbséget az élőlények a meder esésviszonyainak enyhe változtatásával győzik le. Bizonyos esetekben elégséges a durva meder stabilizálása is. Az érdesség helyreállítása jó megoldás, ami egyben biztosítja a folyó hosszirányú átjárhatóságát. A halrámpa esésviszonya 1:3 - 1:30 között változik. A lejtési viszonyok függvényében a szakirodalom megkülönböztet **meredek halrámpát**, illetve **lankás halrámpát**. A halrámpák előnye kisebb fenntartási igényük, hátrányuk viszont, hogy nem minden halfaj számára biztosítanak ideális megoldást.
2. Amennyiben több halfaj vándorlását kívánjuk elősegíteni, akkor a **medencés-közküszöbös és a megkerülő csatornás halátjárók** a legjobb általános megoldások, mivel ezek a halfauna szempontjából kevésbé szelektívek. Tervezésüknel alkalmazkodni kell a legnagyobb ökológiai igényű halfajhoz a medencék közötti eséskülönbség, illetve a vízsebesség és turbulencia vonatkozásában.

A fenéknyílásokkal ellátott medencés-közküszöbös halátjárók kevésbé használatosak. A megkerülő csatornás halátjáróknál a közküszöbök a vízfolyás teljes keresztmetszvényére vagy annak egy részére terjedhetnek ki. Mindkét halátjáró típusnál gondoskodni kell a medencékben összegyűlő uszadék (uszadékfa, műanyag flakonok, polisztirol hulladék stb.) eltávolításáról.

A természetközeli halátjárókat is alkalmassá lehet tenni csónakok átjárásának biztosítására, amennyiben szélességük azoknak a kritériumoknak is megfelel. E további funkció biztosítása azonban nem korlátozhatja a halak számára a létesítmény hosszirányú átjárhatóságát.

A jelentős mennyiségű hordalékot szállító vízfolyások esetében a túl mély medencék üledékcsapdaként működhetnek, ezért azok létesítése nem ajánlott. Biztosítani kell, hogy a medencék közötti nyílások, rések leérjenek a fenékre, hogy az üledék továbbjuthasson.

3. A művi **medence jellegű halátjárók** jellemzője, hogy a víz csatornában kialakított medencéket elválasztó falakban kiépített bukókon, réseken, nyílásokon keresztül folyik az egyik medencéből a másikba, és az energia az egyes medencékben lépcsőről lépcsőre oszlik el. A vándorló halak nagyobb vízsebességekkel csak közvetlenül a medencék között történő áthaladásakor találkoznak, a medencében pihenésre van lehetőségük. A medencék aljzatát a bentoszfauna számára érdesíteni kell.

A művi medence jellegű halátjárók alkalmazása nem javasolható olyan vízfolyások esetében, melyek jelentős mederanyagot – például nagyméretű kavicsot vagy követ – szállítanak, mivel az eltömi a réseket, korlátozva ezzel a létesítmény hatásfokát.

4. A művi **csatorna jellegű halátjárók** jellemzője egy mesterséges csatorna kialakítása, melybe különböző típusú terelőelemeket építenek be. A halak átúszását segítik az ellenáramú, ún. Denil halátjárók. A hagyományos medencés halátjárókkal szemben itt a levegőztetés intenzívebb, és az áramlás turbulensebb. Ez a rendszer a bentoszfauna számára szinte átjárhatatlan. A változatos elrendezésben elhelyezett, rugalmas, műanyag, kefeszerű érdesítő elemekkel kialakított csatorna a vízi élőlények számára a hosszirányú átjárhatóságot és a csónak, kajak-kenu átjutását együttes megoldásként biztosítja. Külön figyelmet kell fordítani a halátjáró alapfunkciója és a víziközlekedés közötti érdekkülönbségre. Az angolnalétrának a faj természetes hazai előfordulását tekintve nincs gyakorlati jelentősége, Magyarországon ilyen típusú művi halátjáró létesítése nem indokolt. A csatorna jellegű halátjárók esetében is különös figyelmet kell fordítani a hordalék- és uszadékviszonyokra.
5. **Különleges halátjárók** alkalmazhatók a nagyon magas szintkülönbségek legyőzésére, illetve a meglévő műtárgyak adaptálásával is. A hallift vagy a halzsilip alkalmazása ilyenkor megfelelőbb, könnyebb és kevésbé költséges, mint a hagyományos halátjáró. A halliftek és halzsilipek legnagyobb hátránya azok szakaszos üzemvitele. A meglévő hajózsilip módosítása és halzsilip jellegű üzemeltetése érdeklődésre tarthat számot a közepes magasságú akadályok esetében, ha a meglévő duzzasztó kialakítása nem teszi lehetővé hagyományos halátjáró létesítését.

Mérő- és megfigyelő rendszerek, monitoring

A halátjárók létesítésekor - amennyiben erre lehetőség van - gondoskodni kell a halak mozgását lehetővé tevő megfigyelő ablak beépítéséről. A halbiológiai vizsgálati hely kialakítása ne csak a tervezés része legyen, de az engedélyezési eljárás szempontjai között is szerepeljen! A halátjárók működőképességének vizsgálatát csak tervezett és szabályozott körülmények között elvégzett vizsgálatokkal, ellenőrzésekkel szabad végezni. A működőképesség igazolásához szükséges vizsgálatok körét, időtartamát és gyakoriságát az üzemeltetési szabályzatban kell rögzíteni.

A halátjárók működőképességének ellenőrzése során vizsgálni kell a létesítmény fizikai állapotát és a műben kialakult áramlási viszonyok mellett a víz néhány kémiai paraméterét is. A létesítmények működésének és hatékonyságának mennyiségi és minőségi alapokon nyugvó megítélését csak megfelelő eszközökkel és módszerekkel elvégzett halászati, monitorozási tevékenységgel lehet megállapítani, amit el lehet végezni elektromos halászgéppel, varsával, halak jelölésével vagy pedig speciális hal érzékelő, illetve számoló berendezésekkel.

A halátjáró nem megfelelő működésének fő okai

A halátjárók rossz működése főként az alábbi okokra vezethető vissza:

- A megvezető áramlás, azaz a **csalivíz hatásának** hiánya, ez általában a halátjáró rossz elhelyezésére vagy vízhozamának a vízfolyás vízhozamához viszonyított nem elégséges mértékére, illetve a csalivíz nem elégséges áramlási sebességére vezethető vissza.
- A létesítmény **rossz tervezése**, a fel- és alvíz vízszintváltozásának nem megfelelő figyelembevétel miatt túl kicsi a vízhozam vagy túlzott az átfolyás, a belépésnél nagy

az eséskülönbség. Ez a vízfolyás vízviszonyainak nem megfelelő ismeretére vezethető vissza (duzzasztó működtetése, eróziós folyamatok, mederkimosódás stb.).

- **Rossz méretezés:** a medencék térfogata nem elégséges, ezért túl nagy turbulenciát és levegőztetést (légbuborékokat) okoz, jelentős az eséskülönbség a medencék között, nem megfelelő mélység, illetve nem elégséges vízhozam a célzott halfajok számára.
- A halátjáró **gyakori eltömődése vagy rongálódása**, ami a nem megfelelő uszadék- védelemre vezethető vissza, vagy csak egyszerűen az üzemeltető részéről a **fenntartási munkák** nem elégségesek. Ebben a vonatkozásban a művi medencés halátjárók, különösen a fenéknyílással rendelkezők sérülékenyebbek.
- **Árvízi rongálódások.** Az állékonyság biztosításával, az árvízi terhelések mérséklésével e hatások csökkenthetők.
- Vízszintszabályozó művek, halliftek és halzsilipek mozgó részegységeinek **üzemzavarai, hibás működése.**

A fent felsoroltak kizárólag a halátjáró átjárhatóságát veszik figyelembe. Sajnos a gyakorlatban a tökéletesen átjárható halátjárók abból a szempontból nem hatékonyak, hogy a reofil halfajok egyedei az alvíz felől közelítve, majd a csalivíz segítségével a halátjáróba bejutva, végül egy duzzasztott, állóvízjellegű bögébe jutnak. Ez számukra nem megfelelő élettér, ezért visszafordulnak. Az igazi hatékonyság valójában az lenne, ha az alvízi állomány a felvízi – bögé feletti részen élő – populációhoz fel tudna jutni. Ezt nem lehet minden esetben biztosítani, még akkor sem, ha maga a halátjáró tökéletesen megtervezett, kiválóan megépített és megfelelően üzemeltetett.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a halátjárók leggyakoribb működési problémáit a mű nem megfelelő fenntartása, illetve a csalivíz hiánya okozza.

1. BEVEZETÉS

A természetes környezetbe történő emberi beavatkozások az évszázadok során jelentős hatást gyakoroltak a víz élővilágára, veszélyeztetve annak biodiverzitását, a flóra és fauna fenntarthatóságát, beleértve a halakat is.

Az olyan infrastrukturális beruházások, mint a vízerőművek, folyamszabályozási, árvízvédelmi és vízkivételi művek, kül- és belterületi fejlesztések mind hatással vannak vízfolyásainkra, illetve azok élőlényeire.

Földünk felszínének 71%-át a vizek teszik ki, ami azt is jelenti, hogy a halak Földünkön a legelterjedtebb gerinces csoport. Megtalálhatók a hegyvidéki patakokban, a mély tengerekben, az óceánok felszíni és mélységi vizeiben egyaránt. A Földön élő gerinces fajok 53%-át a halak teszik ki, a becsült 43 100 gerinces közül 23 000 a hal, a madarak 8 600, a hüllők 5 000, az emlősök 4 500, míg a kétélűek 2 000 fajjal jellemezhetők.

A halak alapvető viselkedéséhez, életciklusához hozzátartozik az egyedek kisebb-nagyobb távolságra kiterjedő vándorlása. A legismertebb példa a lazac, illetve a tokfélék vándorlási szokása: e halak a tengerekből a folyón felfelé gyakran több ezer kilométer távolságot is megtesznek. A vándorhalak mellett figyelmet kell fordítani azokra a fajokra is, melyek a vizek sodrásával passzívan változtatják élőhelyeiket. A hazai halfajok, de a gerinctelenek is a vízfolyások mentén változtatják helyüket.

Az aktív vándorok hosszmenti vándorlása mellett kiemelkedően fontos az oldalirányú, mellékágakba, kisebb áramlású élőhelyekre történő vándorlása is, illetve az esetenkénti árvíznél a holtágakba történő ki- és bejutás.

A vízi létesítmények vándorló halakra gyakorolt hatását már a 13. században felismerték. A Ruhr folyó zsilipjeire előírták, hogy azokat a lazacvándorlás időszakában fel kell nyitni. Már a középkorban sok patak és folyó energiáját kihasználták és ezek – a ma már kultúrtechnikai létesítmények – a tájképhez tartoznak. Az ipari forradalom után a népesség növekedésével további létesítményeket építettek a folyók energiájának hasznosítása céljából. A vándorlási akadályok leküzdésére az első megoldásokról már a 17. században Franciaországban tettek említést, de lényeges előrelépés az 1900-as évektől történt, amikor megkezdődtek a hidraulikai vizsgálatok is. Az egyes halátjáró típusok kialakítása az 1920-as évekre vezethető vissza.

A szén-dioxid emisszió csökkentésére irányuló elkötelezettség ismét előtérbe helyezi a régi vízerőművek átépítését, modernizálását, illetve új vízerőművek létesítését. A duzzasztás következtében a folyóvízi biotóp jelentősen megváltozik, a vízfolyások átjárhatósága a vízi szervezetek számára korlátozódik vagy megszűnik, és ez egyéb tényezőkkel (pl. szennyezések) párosulva az egyes fajok egyedszámának csökkenését, fajok lokális eltűnését, esetleg kihalását eredményezhetik.

A vízfolyások keresztezése nyomvonalas létesítményekkel minden esetben érinti a keresztezés környezetében az adott élőhelyet, a folyó-kontinuitás megszakításával pedig élőhelyek közötti kihatásai is lehetnek. Meg kell jegyezni, hogy az ilyen keresztezések száma messze meghaladja a fenékküszöbök, duzzasztók, vízerőművek számát, melyekhez már elfogadott megoldásokat dolgoztak ki. A halak és más vízi élőlények számára a keresztezések átjárhatóságát megalapozó útmutatónak tartalmaznia kell bizonyos megoldásokat, hogy azokat az általános élőhely-rehabilitációs programok figyelembe vehessék.

A halátjárók olyan műszaki megoldások, melyek segítségével lehetővé tesszük a vízi élőlények számára a mesterséges vízszintemelést okozta szintkülönbség legyőzését. A halátjáró az alapértelmezés szerint és elsősorban a halak helyváltoztatásának elősegítésére létesül, de a mai

ismereteink szerint a jól működő halátjáró pozitív hatása nemcsak a halakon, hanem szinte a vízi élőlények összességén érvényesül.

A halátjárók technikai kivitelezése lehet természetközeli építési módozatú. Ilyenek például a megkerülő csatornák, halrampák. A műszaki/művi beavatkozást jobban érzékeltetik a hagyományos medencés, halliftes, halzsilipes megoldások.

Halátjáró tervezése, illetve a létesítmény üzemeltetése a jogszabályokba foglalt elvárások és a különböző hatósági előírások, vízjogi engedélyek figyelembevételével végezhető. Az előkészítő munka során feltárandóak a társadalmi, természetvédelmi és gazdasági igények, a tájéztetési szempontok is. A tervezés során a fő célkitűzés mellett több igény is meghatározható, mint például a kishajóforgalom, víziturizmus, vízparti rekreáció lehetőségeinek biztosítása, de ez nem mehet a halátjáró alapvető működőképességének rovására.

A Duna vízgyűjtő területére vonatkozóan a főbb előírásokat az alábbiakban foglalhatjuk össze:

*1962. évi 9. törvényerejű rendelet a Duna halászati hasznosítására vonatkozólag
Bukarestben, 1958. január 29. napján kötött egyezmény*

Ennek az egyezménynek a hatálya kiterjed a Duna folyam vizére, beleértve a torkolatát is, a Duna mellékfolyóira, addig a határig, ameddig a Duna maximális áradása terjed, a Szerződő Felek területén levő és a Dunával állandóan vagy ideiglenesen összeköttetésben levő tavakra, limányokra és a Duna árterületében levő folyóágakra, beleértve a torkolati térséget is. Ha a Dunán hidrotechnikai létesítményeket, különösen olyan gátakat építenek, amelyek a folyó hidrológiai és hidrobiológiai rendszerét megváltoztatnák, a létesítményeket építő és üzemben tartó Szerződő Felek idejében kötelesek olyan intézkedési tervet kidolgozni és az építéssel egyidőben végrehajtani, amely biztosítja a halak normális vándorlását.

2013. évi CII. törvény a halgazdálkodásról és a hal védelméről

A törvény a halgazdálkodási jog gyakorlásának feltételeit, a Magyarország területén levő halgazdálkodási vízterületeken és azok partján, valamint a haltermelési létesítményekben folyó, a halgazdálkodással, a hal és élőhelyének védelmével összefüggő tevékenységeket, valamint az ezeket végző vagy befolyásoló személyek – különösen a halgazdálkodásra alkalmas vizek és vízilétesítmények üzemeltetői, valamint a halgazdálkodási vízterületet és partját egyéb jogcímen használók, a vízhasználók – jogait és kötelezettségeit, a halgazdálkodási igazgatással összefüggő feladat- és hatásköröket, továbbá a halak és haltermékek kereskedelmének feltételeit szabályozza.

A nagy értékű természetes vízi halállományok ívási vándorlásának biztosítása érdekében a halgazdálkodási hatóság a vízfolyásokon, folyókon tervezett vagy megvalósult, a hosszanti átjárhatóságot akadályozó műtárgyak és vízilétesítmények engedélyesénél a hosszirányú átjárhatóság biztosítását írja elő.

Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról

A Víz Keretirányelv új célkitűzések meghatározására kötelezte a tagországokat. A „jó ökológiai potenciál” egy erősen módosított vagy mesterséges víztestnek az előírások szerinti minősített állapota, amely esetében a hidromorfológiai elemek vonatkozásában minden mérséklő intézkedést megtettek a fauna vándorlásának elősegítésére, továbbá a megfelelő szaporodási és táplálkozási lehetőségekre.

Az útmutató összeállításához jelentős segítséget nyújtott a Food and Agriculture Organization (FAO) kiadványa, ami feloldotta a copyright kötöttségeket. „All rights reserved. Reproduction

and dissemination of material in this information product for educational or other non-commercial purposes are authorized without any prior written permission from the copyright holders provided the source is fully acknowledged”.

Az útmutató használatakor a fentieket figyelembe kell venni.

2. VÍZ KERETIRÁNYELV

Az Európai Parlament és a Tanács 2000. október 23-i 2000/60/EK Irányelve az európai közösségi intézkedések kereteinek meghatározásáról szól a víz politika területén és egyik központi megközelítése az integráció, ami a vízgyűjtőterületen belül a vízvédelem, illetve vízgazdálkodás kulcsa, meghatározója.

A környezeti célkitűzések integrációja az ökológiai célkitűzések minőségi és mennyiségi kombinációját jelenti, ami segít megvédeni a rendkívül magas értékű vízi ökoszisztémákat és biztosítani a vizek általános jó állapotát.

Az összes vízkészlet integrációja a felszíni édesvizek és felszín alatti víztestek kombinációját jelenti, a vizes élőhelyek (wetlandek) és a part menti készletek vízgyűjtő mértékű integrációját.

Az összes vízhasználatot jelentő tevékenység integrációja egy közös politikai keretbe azt a célt szolgálja, hogy a vízi környezet, az egészséges víz és ivóvíz, a gazdasági szektor számára a szállításra, a szabadidő eltöltéséhez szükséges víz, valamint a víz, mint szociális termék is kellő hangsúlyt kaphasson.

A szakterületek, elemzések és tapasztalatok integrálása a hidrológia, a hidraulika, az ökológia, a kémia, a talajtan, a mérnöki technológia és a közgazdaság együttes kombinációját jelenti, amivel felméri és megbecsüli a jelenlegi terheléseket és hatásokat a vízkészletekre, majd meghatározzák azokat az intézkedéseket, melyekkel a források leghatékonyabb felhasználásával érhetőek el az irányelv környezeti célkitűzései.

A vízügyi jogszabályok megalkotásának integrálása egy közös és összefüggő, koherens keretbe különösen fontos átmeneti folyamatot biztosít: egy bizonyos időszak után a Víz Keretirányelvben még hivatkozott régi rendeletek, irányelvek helyettesítésre kerülnek. Az egyéb szabályozásokat (pl. Nitrát Irányelv és Kommunális Szennyvízkezelési Irányelv) koordinálni kell a vízgyűjtő-gazdálkodási tervben, melyek alapját az intézkedési programok képezik.

Az összes jelentős gazdálkodási és ökológiai szempont integrálása alapvető fontosságú a fenntartható vízgyűjtő-gazdálkodás tervezéséhez, beleértve az árvízvédelmet és árvíz megelőzést is, melyek túlmutatnak a Víz Keretirányelven.

A széleskörű intézkedési programok integrálása (beleértve a költségeket, a közgazdasági és költségvetési eszközöket) egy közös gazdálkodási megközelítésben azt a célt szolgálja, hogy elérhető legyenek a Víz Keretirányelv által meghatározott környezeti célkitűzések. Az intézkedési programokat a Duna vízgyűjtőjére és annak minden egyes részvízgyűjtő területére a vízgyűjtő-gazdálkodási tervekben kell meghatározni.

Fontos az érintettek és a civil társadalom integrálása a döntéshozatali folyamatba, hogy biztosítható legyen a lakosság, a nyilvánosság számára az átláthatóság és az információ. Ez azt az egyedülálló lehetőséget teremti meg, hogy az érintettek részt vehessenek a vízgyűjtő-gazdálkodási terv elkészítésében.

A vízkészleteket és a vízállapotokat befolyásoló különböző döntési szintek integrálása megalapozza a vizekkel való hatékony gazdálkodást, így megvalósul a helyi, regionális és nemzeti szintek összehangolása.

A különböző tagországok vízgazdálkodásának integrálása az EU meglévő és jövőbeni tagországaival osztott vízgyűjtőkön is lehetővé teszi az összehangolt, tervezhető gazdálkodást.

A vízenergia termelés szoros kapcsolatban áll a Víz Keretirányelv végrehajtásával, illetve a kapcsolódó EU irányelvvel (az Európai Parlament és az Európai Tanács 2001/77/EC irányelve a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia elterjedésének elősegítésére a belső villamos energia piacon).

Az energiaellátás biztonságát vizsgáló uniós anyagok megjegyzik, ha nem történik intézkedés a megújuló energiák vonatkozásában, akkor 2030-ban az EU tagországok külső energiafüggősége elérheti a 70%-ot. A prognosztizált klímaváltozás miatt a szén-dioxid kibocsátásának csökkentése szintén megköveteli a megújuló energiák használatát. E vonatkozásban a meglévő vízerőművek fenntartása, illetve a régiek felújítása, melyek tervezett élettartama elérheti a száz évet, továbbra is szerepet fog játszani az egyes tagországok energiaellátásában. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a vízerőműveknek nemcsak az energiatermelésben van fontos szerepe, de mint többcélú létesítményrendszerek hozzájárulnak az árvízvédelemhez, az energiátároláshoz, a rekreációs feltételek biztosításához is.

A vízerőművek a felszíni víztestek hidromorfológiai megváltoztatásának egyik legfontosabb hatótényezőjét jelentik, melynek eredményeként a felszíni víztestek esetében nagy valószínűséggel nem lehet elérni a Víz Keretirányelv alapvető célkitűzését, azaz 2027-re a víztest jó ökológiai állapotát. A vízerőművek a Víz Keretirányelv vonatkozásában jelentős és tartós hatást gyakorolnak a folyók hidromorfológiájára és változásokat eredményeznek a duzzasztók feletti és alatti víztestekre.

Vízerőművek egyedi hatásai:

- a folyó-kontinuitás megszakítása,
- a hordalékszállítás akadályozása,
- hajóút kialakítása a folyómederben,
- folyószabályozás, átvágások,
- vízsebesség csökkenése,
- vízhozam-változás,
- a fauna károsodása a turbinák miatt.

2.1 Erősen módosított víztest

A Víz Keretirányelv általános célja, hogy az összes felszíni víztest esetében el kellene érni a jó ökológiai és jó kémiai állapotot. A hazai felszíni vizek esetében ez azt jelenti, azok csak kismértékben térhetnének el a zavartalan viszonyoktól, és biológiai minőségi elemei az emberi tevékenység hatására csak kismértékű torzulást mutathatnának. Vannak víztestek, melyeken ezt a célkitűzést különböző okokból nem tudják teljesíteni.

Az erősen módosított víztestek koncepciója - melyet a Víz Keretirányelv bevezetett - azon alapszik, hogy az Európai Unió tagállamaiban a víztesteket a különböző vízhasználatok során lényeges fizikai hatások érték. Ezek közül néhányat a Víz Keretirányelv tételesen fel is sorol. A hidromorfológiai változások a víztestek esetében oly mértékűek voltak, hogy a helyreállítás és a jó ökológiai állapot elérése még hosszú távon sem biztosítható. Az erősen módosított

víztest koncepciót tehát éppen azért alakították ki, hogy lehetővé tegyék a víztestek további speciális hasznosítását, megtéve egyben minden szükséges beavatkozást a vízállapot javítása érdekében. Az erősen módosított víztestek tehát azok a víztestek, melyek esetében az emberi fizikai hatások következtében lényegesen megváltozott a biológiai állapot, így ezek esetében nem érhető el a jó ökológiai állapot kritériuma. Az emberi beavatkozásoknak nemcsak szignifikánsnak, de lényegesnek is kell lenni, illetve ezek a beavatkozások, változtatások nem időszakosak és nem átmenetiek.

Az erősen módosított víztestté vagy mesterséges víztestté történő kijelölés egy lehetőség a tagállamok számára, amely nem kötelező. Amennyiben a tagállam nem jelöl ki erősen módosított vagy mesterséges vizeket, akkor az általános célkitűzés ott a jó ökológiai állapot lesz minden felszíni víztestre.

A kijelölés néhány esetben védelmet is nyújt, amennyiben a beavatkozás értékes környezet romlásához vezetne. Töltés vagy gát eltávolítása, például jelentős negatív hatást gyakorolhat az árvízről megvédett partszakaszon kialakult élő közösség biodiverzítására, vagy egy régi malom esetében a történelmi emlékek megőrizhetőségére. Amennyiben a víztestet erősen módosítottá jelölik ki, a töltés vagy gát eltávolítása feltehetően nem szükséges.

A jó ökológiai állapot helyett az erősen módosított víztestek és a mesterséges víztestek esetében a környezeti célkitűzés a jó ökológiai potenciál, melyet a meghosszabbítás lehetőségével a tervezési ciklus végéig, 2027-ig el kell érni. A jó ökológiai potenciál szintén egy meghatározó ökológiai célkitűzés, melynek elérése önmagában is jelentős kihívás.

A kevésbé szigorú célkitűzések és a határidők meghosszabbítása azonban csak bizonyos körülmények között lehetséges. Ezeket a derogációkat a Víz Keretirányelv tartalmazza.

2.2 Jó ökológiai potenciál

A jó ökológiai potenciál, mint környezeti célkitűzés meghatározásakor a referencia feltételt jelentő maximális ökológiai potenciálból kell kiindulni, azaz:

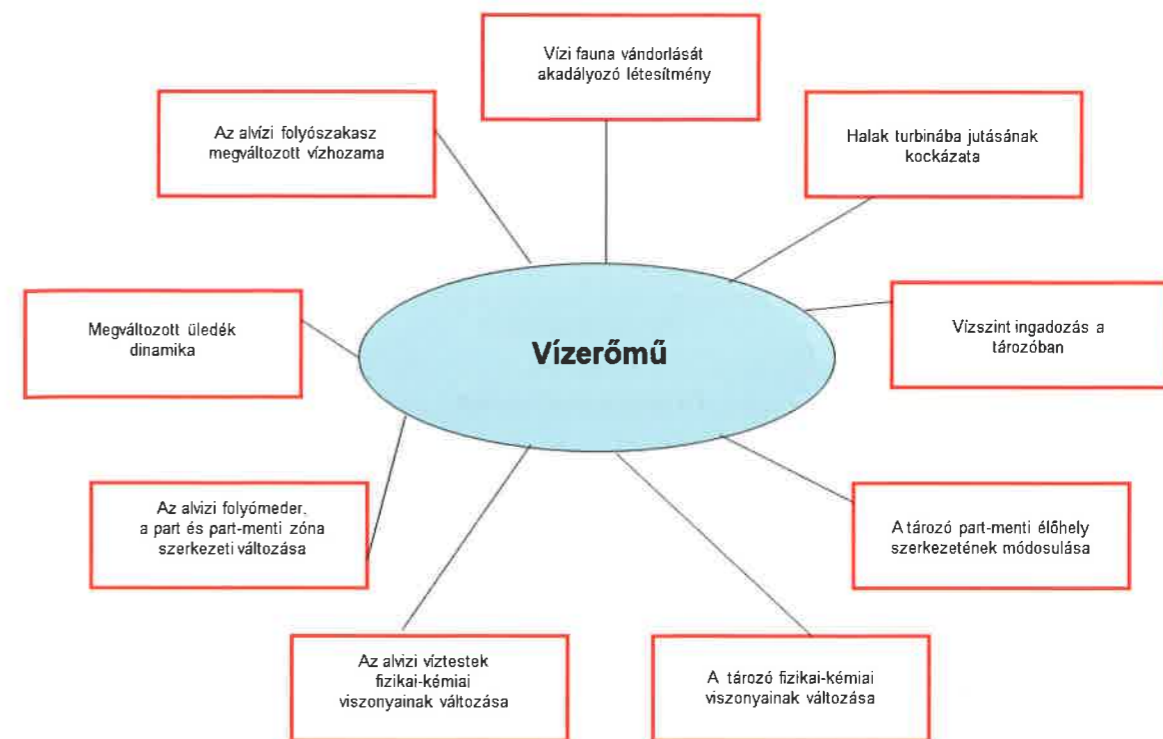
- A vonatkozó biológiai minőségi elemek értékei, amelyek – amennyire csak lehetséges – tükrözik a leginkább hasonló felszíni víztest típusjellemzőit, figyelembe véve az erősen megváltoztatott vagy mesterséges víztest adott fizikai viszonyait.
- A hidromorfológiai elemek vonatkozásában már minden mérséklő intézkedést megtettek az ökológiai folytonosság legjobb megközelítésére, különös tekintettel a fauna vándorlásra, továbbá a megfelelő szaporodási és táplálkozási lehetőségekre.

A jó ökológiai potenciál esetében a vonatkozó biológiai minőségi elemek értékeiben enyhe eltérések vannak a maximális ökológiai potenciálhoz tartozó értékekhez képest, míg a hidromorfológiai elemek megfelelnek a maximális ökológiai potenciál elvárásainak.

A megfelelő intézkedések elsősorban a fizikai módosítások kedvezőtlen ökológiai hatásától függenek. Minden esetben vizsgálni kell az intézkedések hatékonyságát nemcsak víztest, de vízgyűjtő szinten is.

2.3 A fő fizikai módosítások és azok hatásai, intézkedések

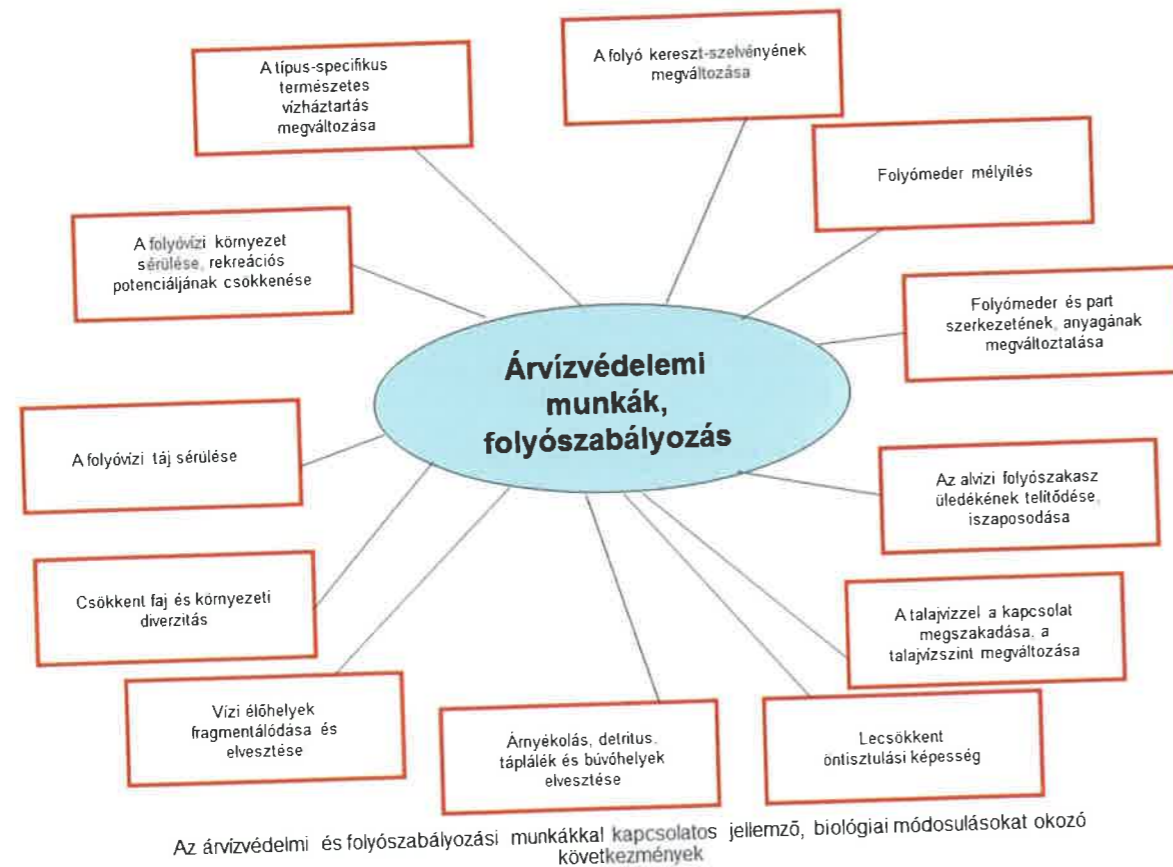
A Víz Keretirányelv Hidromorfológiai útmutatója összefoglalja a fizikai módosítások lehetséges kedvezőtlen környezeti hatásait, melyek halélettani szempontból is relevánsak.



Vízterőművel kapcsolatos jellemző, biológiai módosulásokat okozó következmények



Hajózásal és/vagy hajózási infrastruktúrával kapcsolatos jellemző, biológiai módosulásokat okozó következmények



Az adott helyzetnek megfelelő intézkedések pontos meghatározása függ a víztest egyedi jellegétől és az érintett használoktól.

A jó ökológiai potenciál eléréséhez szükséges intézkedési programok az alábbiakban foglalhatók össze:

- a hossz- és keresztirányú átjárhatóság helyreállítása halátjárók létesítésével,
- a dinamikus vízjárású hullámtér helyreállítása, mellék- és holtág rehabilitáció,
- a tározóterek és a főmeder strukturáltságának fejlesztése,
- a felvízi rendszerekhez történő kapcsolódás vizsgálata, megoldása.

A Víz Keretirányelv azonban nem zárja ki vízerőművek létesítését, a régiók átépítését. Ez utóbbit - ha az az átjárhatóság megoldását is szolgálja - kimondottan támogatja.

A Víz Keretirányelv bizonyos szigorú feltételek és szűrővizsgálat elvégzése mellett lehetőséget nyújt új beruházások létesítésére is az alábbi normatív szöveg szerint:

A tagállamok nem szegik meg a Víz Keretirányelvet, ha:

- A felszín alatti víz jó állapotának, a felszíni víztest jó ökológiai állapotának vagy – ahol az alkalmazandó – jó ökológiai potenciáljának elérése vagy egy felszíni víztest vagy felszín alatti víztest állapota romlásának megelőzése meghiúsul egy felszíni víztest fizikai jellemzőiben vagy egy felszín alatti víztest vízszintjében bekövetkezett új változások következménye miatt.
- Új, fenntartható emberi fejlesztési tevékenységek következményei miatt válik lehetetlenné annak megelőzése, hogy egy felszíni víztest kiváló állapotának jó állapotúra romlása bekövetkezzen, és az összes alábbi feltétel teljesül:
 - a) minden lehetséges lépést megtesznek a víztest állapotára gyakorolt kedvezőtlen hatás mérséklésére,
 - b) a változtatások vagy módosítások okait a 13. cikkben előírt vízgyűjtő-gazdálkodási terv részletesen tartalmazza, és a célkitűzéseket hatévente felülvizsgálják,
 - c) a változtatások vagy módosítások célja elsőrendű közérdek, illetve a környezet és a társadalom számára az 1. bekezdésben foglalt célkitűzések teljesítésével elérhető előnyöket felülmúlják az emberi egészség terén bekövetkező új változások vagy módosulások, valamint az emberek biztonságának megőrzésében vagy a fenntartható fejlődésben jelentkező előnyök,
 - d) a víztest megváltoztatásához vagy módosításához kapcsolható előnyös célkitűzések a műszaki megvalósíthatóság vagy az aránytalan költségek miatt nem érhetőek el más, jelentős mértékben jobb környezeti változatot jelentő eszközökkel.

Ez egyben azt is jelenti, hogy a Víz Keretirányelv figyelembe veszi az EU más irányelveit és az EU elveinek megfelelően a belső jogharmonizációt követi, azaz az intézkedések nem állhatnak szemben az érvényes releváns EU joganyaggal.

A Víz Keretirányelv előírja a természettudomány és a műszaki tudományok művelői számára – különös tekintettel azokra, akik a vízfolyások rehabilitálásával, rekonstrukciójával foglalkoznak –, hogy a vízi élőlények számára megváltoztatott vagy a jövőben a társadalmi igények miatt átalakítandó környezetben tegyék lehetővé a vízi élőlények alapvető életfeltételeinek biztosítását, vagyis a szabad vándorlás, táplálkozás és szaporodás lehetőségét. Ez a feladat vezérelje minden, a hallépcsők és halátjárók létesítésére, de szélesebb körben a vízi élőlények életfeltételeinek javítására irányuló mérnökbológiai tevékenységünket!

2.4 Nemzetközi szervezetek

A Víz Keretirányelv Duna vízgyűjtő szintű koordináló szervezete a bécsi székhelyű, a Duna-menti országok által 1994-ben alapított Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (angol rövidítése: ICPDR). Európában szinte minden nagyobb, nemzetközi folyón a part menti országok már az ICPDR megalakulása előtt létrehoztak hasonló szervezeteket. A legjelentősebb és az európai országok számára meghatározó, példa értékű a Rajnán az ún. „Sandoz” raktártűz után megalakított Nemzetközi Rajna-védelmi Bizottság (német rövidítése: IKSZ) volt. 1986 decemberében a Rajna menti államok miniszterei kijelölték azt az ökológiai célt, hogy a lazac a Rajnába 2000-ig térjen vissza. A vízminőségvédelmi beavatkozásokkal, majd a Rajna és a mellékvízfolyások átjárhatóságának helyreállításával, halátjárók létesítésével, az ívőhelyek rehabilitálásával 2000-re a lazacok benépesítették a korábbi élőhelyeiket. A közös célt közös összefogással, az IKSZ koordinálásával a Rajna menti országok elérték.

A példa adott volt a tokfélék számára is.

A tokfélék megmentésére irányuló akciótervet a Duna menti országok halgazdálkodással, természetvédelemmel, vízgazdálkodással foglalkozó kutatói és a gyakorlati szakemberek a civil szervezetek bevonásával dolgozták ki. Az akciótervet támogatja a Nemzetközi Duna-kutató Munkabizottság (IAD), a Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (ICPDR), a Természetvédelmi Világszövetség (IUCN) tokfélékkel foglalkozó szakcsoportja, a Tokfélék Megőrzésének Világszervezete, a WWF, a Duna-ártér Nemzeti Park, az Európai Tanács, a Washingtoni Egyezmény - Egyezmény a Veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről - (CITES), a TRAFIC, különböző civil szervezetek, illetve a Víz Keretirányelv végrehajtásával az összes Duna menti ország. Az akcióterv jelentőségét mutatja, hogy a vadon élő növények és állatok, valamint a természetes élőhelyek védelméről szóló az ún. Berni Egyezmény Állandó Bizottsága 2005. november 28-án a tokfélék megmentésére irányuló akciótervet (SAP) elfogadta.

Magyarországon a Viza 2020 programot 2002-ben dolgozták ki a Viza/Sturgeon 2020 Bt. szakemberei, majd a WWF Magyarországgal történt kapcsolatfelvétel azt kiszélesítette. A kialakításakor már figyelembe vették a Víz Keretirányelvet is. A program népszerűsítésére több alkalommal kecsege telepítésre került sor (Ásványráró, Ercsi), mellyel kapcsolatban meg kell említeni a bajai Rotary Klub sikeres kezdeményezését is. A 2006. évi Nemzetközi Duna Nap keretében bemutatása került a tokfélék megmentésére irányuló akcióterv és a győri nagyközönség testközelből figyelhette meg ezeket a rendkívüli halakat.

A Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (ICPDR) Vízgyűjtő Gazdálkodási Munkacsoportja 2006 májusában a tokfélék megmentésére külön csoportot – Sturgeon Task Group – hozott létre Pannonhalmi Miklós (ÉDUKÖVIZIG), Jürg Bloesch (IAD), Radu Suciú (Duna-Delta Intézet), Christine Bratrich (WWF) és Birgit Vogel (ICPDR) bevonásával. Az előkészítő munkát követően az ICPDR 2006. évi rendes közgyűlésének határozata üdvözölte a tokfélék megmentésére irányuló akciótervet, támogatta a terv fokozatos megvalósítását, kívánatosnak tartotta a tokfélék és más vándorló halfajok szabad vándorlási feltételeinek helyreállítását, egy jövőkép kidolgozását, a Duna vízgyűjtő-gazdálkodási tervben történő megjelenítését és a tokfélék kihalásának megakadályozását célzó hatástanulmány kidolgozását.

A magyarországi Duna-szakaszon először 2010 szeptemberében és novemberében került sor 100-100 db jelölt viza telepítésére. A romániai Belugafarm Group Romania keltető és tenyésztő telepről megtermékenyített ikra formájában került a telepítési anyag Rideg Árpád haltenyésztő Bács-Kiskun megyei Homokmégyen lévő halszaporító telepére. Az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság koordinálása mellett a sikeres telepítésben részt vett a Győri „Előre” Halászati Termelőszövetkezet, a Közép-dunai Hal Kft. (Ercsi), a Rideg & Rideg Fish Farm Kft. és a Hallépcső Bt. A szükséges jeleket a tihanyi Balatoni Limnológiai Kutatóintézet biztosította.

A halak közül a jelek alapján az egyik hal az Ercsi – Tekija (Vaskapu felett) 655 fkm hosszú Duna-szakaszt 10 nap alatt, míg egy másik az Ercsi – Vilkovo (torkolat) 1580 fkm távolságot a Vaskapun át 11 hónap alatt tette meg. A telepítés és eredménye jelentős nemzetközi visszhangot váltott ki.

A Víz Keretirányelv környezeti és az ICPDR tokfélékre vonatkozó célkitűzései kedvező jövőképet mutatnak a tokfélék védelme számára, egyben új kihívást jelentenek a fajok által érintett víztestek élő- és ívőhelyeinek rehabilitálására és rekonstrukciójára.

3. HIDROBIOLÓGIAI ALAPOK

3.1 A folyóvízi élettér

A természetes folyóvizek a különböző életterek egymással összeköttetésben lévő struktúrájának különleges ökológiai jelentősége van. Egyetlen élettér sem olyan változatos, mint a vízi élettér, ezért itt alakult ki a legváltozatosabb flóra és fauna. A folyó-szárazföld átmeneti zóna több tízezer fajjal jellemezhető. Ugyanakkor egyetlen élettér sem ért annyi antropogén hatás (szennyezőanyag terhelések, vízpítési munkák), mint a folyóvizeket.

A természetes folyóvízi környezetet a biotikus és abiotikus tényezők komplex egymásra hatása jellemzi. Így egy paraméter megváltoztatása láncreakciót indíthat meg, ugyanakkor annak eredménye még a mai napig sem ismert teljes mértékben. A következő fejezetek néhány fontosabb paramétert ismertetnek.

3.1.1 Geológiai és klimatikus viszonyok

A különböző természeti környezet – alpesi régió, középhegység, tenger melléki síkvidék – mind geológiai, mind pedig éghajlati szempontból különböző, és ez kifejezésre jut az egyes folyószakaszokon is. A folyó vízhozama, vízkémiai összetétele függ többek között a tengerszint feletti magasságtól, a csapadéktól, a kőzet- és talajviszonyoktól. Az esésviszonyok meghatározhatják a kialakuló élővilágot, az eróziós és szedimentációs folyamatokat. A nagyobb vízfolyásaink több régióon keresztül érik el a Fekete-tengert.

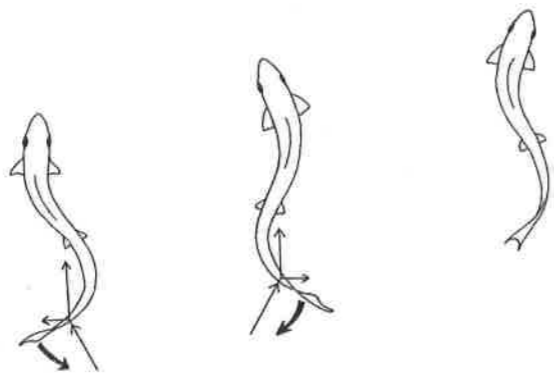
3.1.2 Áramlásviszonyok

Az áramlás a folyóvizek legkifejezőbb és ökológiai szempontból meghatározó tényezője. A folyóvizek állatvilága mindig abban a veszélyben él, hogy az áramlás elsodorja élőhelyéről. Az állandó benépesülés csak olyan fajok által lehetséges, melyek vagy mechanikailag kötődnek az aljzathoz, vagy aktív mozgással ellensúlyozzák az áramlást.

A folyóvizek áramlási viszonyaihoz való illeszkedéshez a vízi élőlények különböző biológiai stratégiákat fejlesztettek ki az elsodródás megakadályozására. A halak különleges környezethez alkalmazkodó képességét mutatja a halak változatos, az alábbi ábrán bemutatott testformavilága.



A halak vízi közegben történő mozgását felhasználták a halátjárók tervezési alapelveinek kidolgozása során. Az úszáshoz a fő erő kifejtését a farok és a farokúszó végzi. Ezt fokozza az oldalizmokkal keltett kigyózó testmozgás.



A kigyózó mozgást végző halak nyújtotta ismereteket különösen a körmedencés halátjárók esetében hasznosították.

3.1.3 Hordalékmozgás és anyageloszlás

A vízfolyások szakaszjellegét alapvetően nem az esés, illetve az ebből származó sebesség, hanem a hordalékmozgató erő és a szállított hordalék mennyiségének aránya határozza meg.

A **felső szakasz jellegű** folyószakaszoknál a hordalékmozgató erő nagyobb, mint a szállított hordalék mennyisége, ezért itt a folyó hordalékot termel, mélyíti medrét. A szakaszra nagy esésű meder, durva hordalékú, laza mederanyag a jellemző.

A **középszakasz jellegű** folyószakaszoknál a hordalékmozgató erő és a szállított hordalék mennyiségi aránya egyensúlyban van. A középső szakaszt általában közepes esés, kiszélesedő völgyfenék és finom mederanyag jellemzi. A hordalékképződés és a hordaléklerakódás egyensúlyban van.

Az erősen meanderező fattyúágak mindig középszakasz jellegűek. Ennek az az oka, hogy a fattyúág medre sekélyebb, mint a főágé, tehát a főág fenékvonala mélyebben van, mint a fattyúágé. Eszerint tehát a főág fenékvonala mentén mozgó görgetett hordalék nem kerülhet a fattyúágba. Ha túlságosan kevés hordalék jutna a fattyúágba, akkor felsőszakasz jellegűvé változna, tehát bevágná magát, így több hordalék bejutását tenné lehetővé. Ha viszont nagyon sok hordalék kerülne a fattyúágba, akkor az alsószakasz jellegűvé válna, és már a kiágazás kezdetét feltöltené, amivel a további hordalék bejutását megakadályozná. Így tehát a fattyúág is önmagát egyensúlyozza ki.

Az **alsó szakaszt** kis esésű, kiszélesedett völgyfenéken lerakódott, vastag hordalékrétegen kialakult fonatos ágrendszer jellemzi. Ha a folyó munkaképessége kisebb, mint a hordalék tovashállításához szükséges munka, akkor az odaszállított törmelék a folyó nem bírja továbbszállítani, lerakódik, zátony lesz belőle. A meder és az ártér is feltöltődik, és a folyóból esetleg fattyúág indul ki. A zátonyképződés következtében keletkezett ágakat elágazásoknak nevezzük. A mederből oldalt kicsapó és idegen helyeken kóborló víz is medret készít magának. Ez a meder tehát nem a főmeder kiszélesedésével keletkezett ág, hanem valóban új meder, ezért fattyúágnak nevezzük az elágazásokkal szemben.

Természetes vízfolyások esetében a folyóvizek energiája az eróziós és szedimentációs folyamatokon keresztül dinamikusan alakítja a folyómedret. A hordalékmozgással jelentős anyagmennyiség helyeződik át. Ez együttesen különböző meder-, part- és áramlási struktúrákat eredményez.

- Meanderezéskor erózió tapasztalható a külső íven, feltöltődés a belső íven.
- Kavics-, homok- és iszaplerakódáskor a vízmélység helyileg csökken, sekély vizű terek alakulnak ki.
- A kimosódások ezzel szemben helyi medermélyülést eredményeznek.
- Nyugodt szakaszok gyors szakaszokkal váltakozva fordulnak elő.
- A dinamikus változások hatására zátonyok, öblök, mellékágak, holtágak alakulnak ki.

A folyóvizek által szállított hordalék függ a szemcsemérettől. Nagyobb vízsebességgel párosuló energia erősebb hatást gyakorol a fenékre, ami nagyobb méretű anyagszemcsék mozgatásával jár. A változás hatására történő ülepedés során a görgetett, a lebegtetett hordalék és a lebegőanyag a sebesség és áramlási viszonyok függvényében helyeződik el a vízfolyás hossz- és keresztmetszvényeiben. Az így kialakult élőhelyeken különböző fajok találják meg életfeltételeiket.

A halátjárók tervezésekor az alvízi torkolat helyének meghatározásakor fontos szempont, hogy a partszakasz ne legyen feltöltődésre, zátonyosodásra hajlamos, mert az folyamatos karbantartási igényt gerjeszt. A folyó alvízi szakaszának a medersüllyedése pedig a visszatorkollásnál a vízi élőlények számára átjárhatatlan „vízesést” eredményezhet. A várható morfológiai folyamatokra ezért már a tervezés során fel kell készülni olyan módon, hogy a káros hatások a későbbiekben fejlesztéssel, átalakítással kompenzálhatóak legyenek.

Az aljzat minősége alapvetően befolyásolja a fajok diverzitását. Egyes fajok, például a pisztráng- és pérfélék a kavicsos aljzatú víztesteket kedvelik, de számukra még a szemcseméret is meghatározó, elsősorban a szaporodás szempontjából. Más fajok, mint például a paduc

táplálékát a kövekre, műtárgyakra nőtt algák jelentik. Vannak fajok, melyek kifejezetten kerülnek az áramló vizeket és a csendes, búvóhelyekben gazdag élőhelyeket részesítik előnyben. E körülményeket a halvándorlás szempontjából fontosabb halfajok főbb jellemzőinek tárgyalásakor külön is kiemeljük.

4. VÍZMINŐSÉG

A halátjáróban kerülendő idegen vizek – mellékvízfolyások, tisztított szennyvizek – felhasználása, mivel azok eltérő fizikai-kémiai adottságai megzavarhatják a halak tájékozódóképességét.

Már a tervezésénél fontos szempont, hogy a rendkívüli szennyezések bejutása megakadályozható, illetve lokalizálható legyen. Ezeket a feltételeket a területi vízminőségi kárelhárítási terveknel kell figyelembe venni.

4.1 Vízhőmérséklet

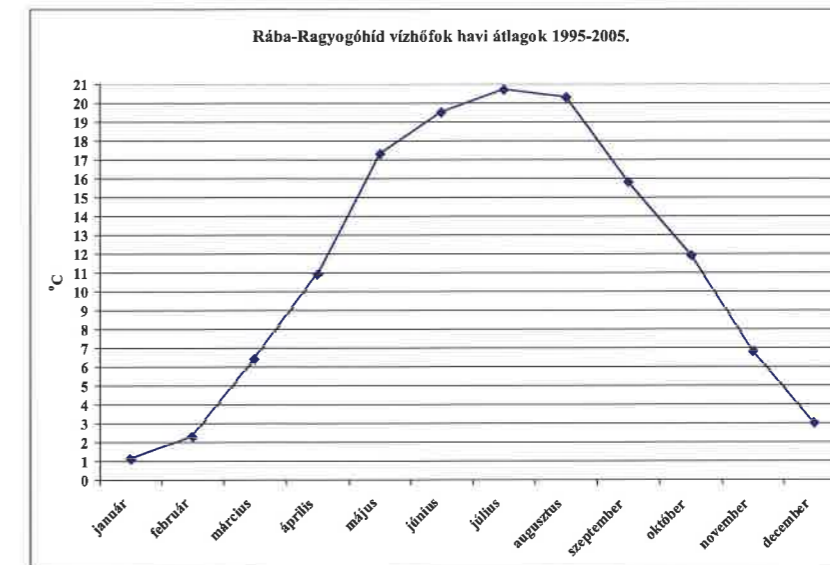
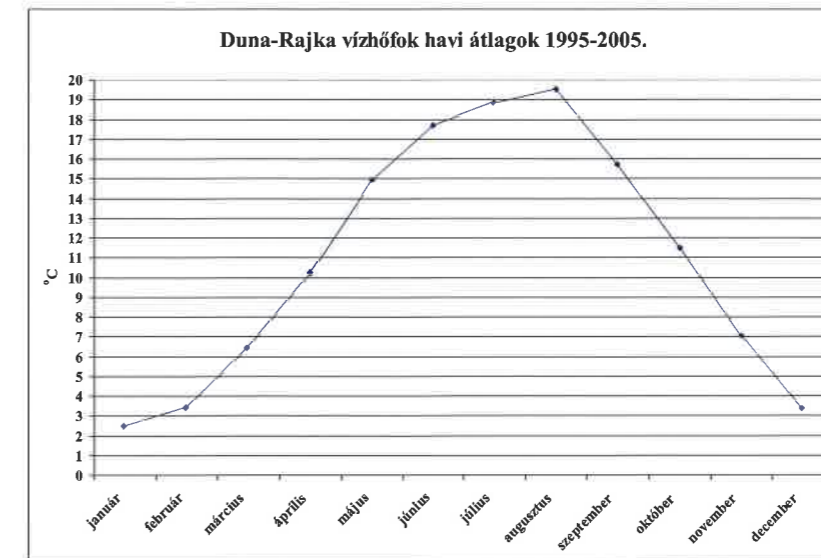
A halátjárók vizsgálata során megállapították, hogy jelentős összefüggés mutatható ki a vándorlási intenzitás és a hőmérséklet, illetve hőmérsékletváltozás között. Ez az összefüggés a pontyfélék esetében az év első felében, az ivási vándorlásnál különösen megnyilvánul.

Tavasszal a vizek hőmérsékletének növekedésével nő a halak úszási teljesítménye, erős pozitív reofilitást mutatnak, míg ősszel, illetve télen elhagyott vízterületeikre vándorolnak. Ezt a viselkedést a vörösszárnyú keszeg, dévérkeszeg, márna, paduc, domolykó és további más halfajok esetében is megfigyelték.

A vízhőmérséklet növekedésével márciusban és áprilisban kezdődik meg a pénzes pér felfelé történő vándorlása, és annak intenzitása a vízhőmérséklet változásával csökken, illetve nő. A márna is a vízhőmérséklet növekedésével kezdi meg ívóhelyének felkeresését.

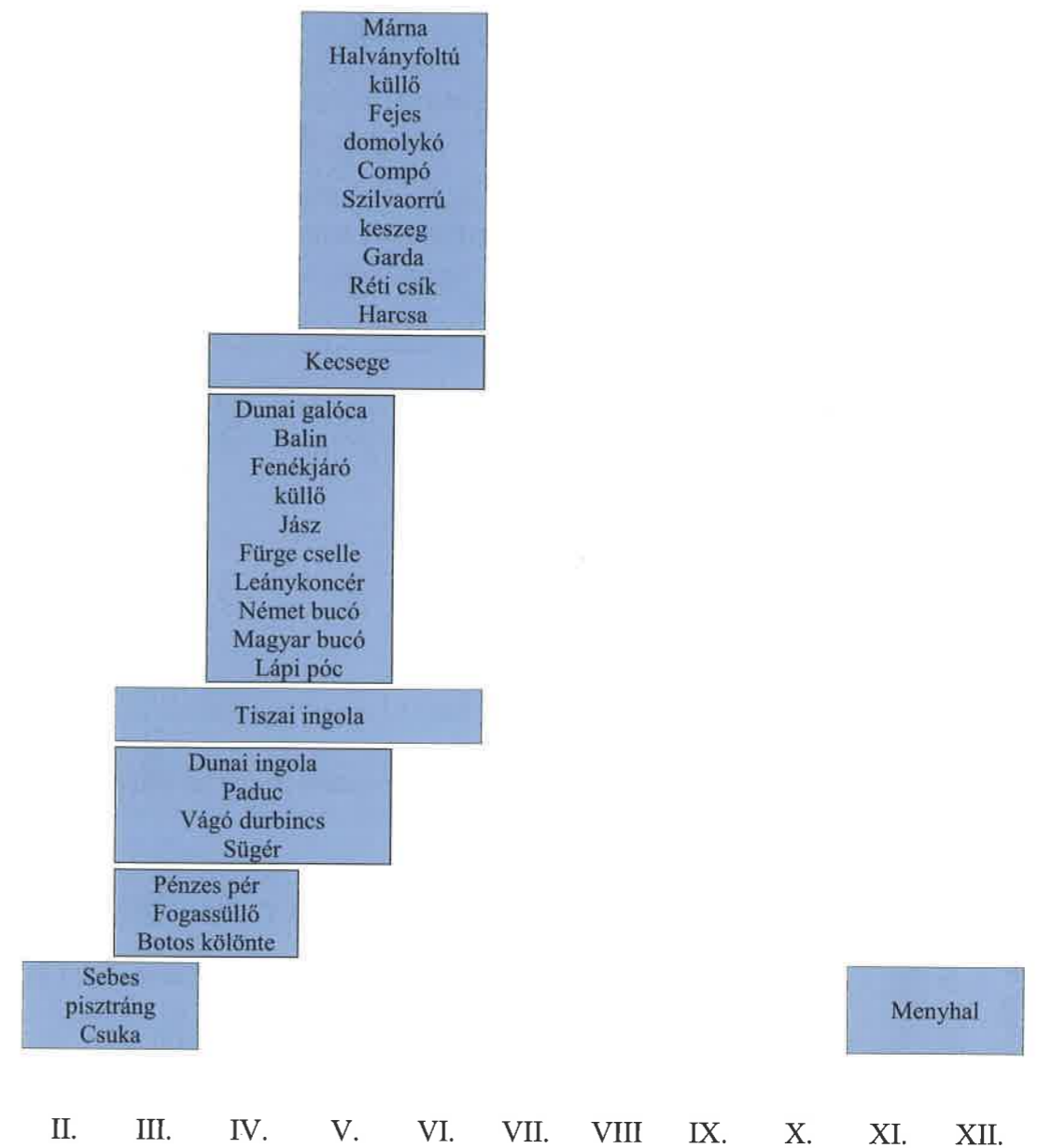
Ősszel, illetve télen ívó halak esetében (pl. sebes pisztráng) a vízhőmérséklet csökkenése váltja ki a szaporodással összefüggő vándorlást. Más tényezők is, mint például a vízhozam növekedése, jelentős csapadék, légnyomásváltozás szintén jelentős szerepet játszanak a pisztrángok vándorlásában.

A Duna és a Rába havi átlagos vízhőmérséklet-változásait ábrázolják az alábbi diagramok.



Az egyes jellemző halfajok ívási időszakait az alábbi táblázatban foglaltuk össze, illetve ábrán mutatjuk be.

Ssz.	HALFAJ	IDŐSZAK
1.	Dunai ingola	március-május
2.	Tiszai ingola	március-június
3.	Viza	március-május
4.	Vágótok	február-március
5.	Sima tok	március-május
6.	Sőregtok	május-augusztus
7.	Kecsege	április-június
8.	Dunai galóca	április-május
9.	Sebes pisztráng	február-március
10.	Pénzes pér	március-április
11.	Csuka	február-március
12.	Balin	április-május
13.	Márna	május-június
14.	Paduc	március-május
15.	Fenekjáró küllő	április-május
16.	Halványfoltú küllő	május-június
17.	Fejes domolykó	május-június
18.	Jász	április-május
19.	Fürge cselle	április-május
20.	Leánykoncér	áprili-május
21.	Compó	május-június
22.	Szilvaorrú keszeg	május-június
23.	Garda	május-július
24.	Réti csík	május-június
25.	Harcza	május-június
26.	Angolna	vonulás (tengerben ívó)
27.	Menyhal	november-december
28.	Vágó durbincs	március-május
29.	Sügér	március-május
30.	Fogassüllő	március-április
31.	Német bucó	április-május
32.	Magyar bucó	április-május
33.	Lápi póc	április-május
34.	Botos kölönte	március-április



Megjegyzés: Az ábra a tokfélék családjából a hazánkban előforduló fajok közül csak a kecsegét tartalmazza.

4.2 Kémiai határértékek

A víz minőségének vízi élőlények számára ki kell elégíteni bizonyos követelményeket, határértékeket. A halak számára különösen fontos a vízben oldott oxigén és az ammónia koncentrációja. A rendkívüli szennyezések mellett gyakori a hajnali oxigénhiány és a légnyomásváltozást követő üledékből felszabaduló mérgező gázok toxikus hatása.

4.2.1 A halak életfeltételeinek biztosítására vízminőségi határértékek

Édesvizek halbiológiai szempontú minősítésével kapcsolatos szabályozások

Komponens	Mérték-egység	78/659/EEC				24/2004. (XII.18.) KvVM r.				MSZ 12749	
		Pisztrángos vizek		Pontyos vizek		Pisztrángos vizek	Márnás vizek	Dévéres vizek	I.o.	II.o.	
		Irányérték	Kötelező érték	Irányérték	Kötelező érték						
Hőmérséklet (hűtővíz visszavezetés alatt a hőcsövában)	T max °C ΔT °C		21,5 10* 1-5			28 10* 3	18 1,5	25 3	30 5	-	-
Oldott O ₂ O ₂ telítettség	mg/l %	50% ≥ 9 100% ≥ 7	50% ≥ 7	50% ≥ 8 100% ≥ 5	50% ≥ 7	7/9 >80/95%**	6-5/8 6,0-8,5	4/6 6,0-9,0	80-100 6,5-8,0	70-80 100-120	8,0-8,5
pH	-	6,0-9,0		6,0-9,0		25	25	35	50		
Lebegőanyag	mg/l	25		25		4	4	6	10	4	6
BOI ₅	mg/l	3		6			0,05	0,1	0,2	50 (20)***	100 (50)
Orto-P	mg/m ³									100 (40)***	200/100
Összes P	mg/m ³										
Nitrit	mg N/l	0,01		0,03			0,01	0,03	0,1	0,01	0,1
Nitrát	mg N/l						5	10	10	1	5
Ammónia	mg NH ₃ /l	0,005	0,025	0,005	0,025		0,005	0,005	0,25		
Ammónium	mg NH ₄ /l	0,04	1	0,2	1		0,2	0,5	1	0,2	0,5
Maradék Cl	mg HOC/l		0,005		0,005		0,005	0,005	0,005		
Összes cink	mg/l		0,3		1,0		0,05	0,1	0,3	0,05	0,075
Oldott réz	mg/l	0,04		0,4			0,005	0,01	0,05	0,005	0,01

* Tenyészidőszakba ** Maximális érték/medián *** Folyóvizek (állóvizek)

4.2.2 Víz Keretirányelv szerinti határértékek

A határértékek, melyeket az egyes, de összevont víztípusokra állítottak össze, gyakorlatilag minden halas régió igényeit kielégítik. A határérték- tartományokat az alábbi táblázat foglalja össze:

Víz Keretirányelv ökológiai állapotát támogató kémiai paraméterek határértékei

Komponens	Jó és közepes ökológiai állapot tartomány
pH	6,5 – 9
Vezetőképesség (μS/cm)	600 – 900
Klorid (mg/l)	25 – 50
Oxigéntelítettség (%)	60 – 120
Oldott oxigén (mg/l)	5 – 8
BOI ₅ (mg/l)	2 – 4
KOI _{Cr} (mg/l)	10 – 40
NH ₄ -N (mg/l)	0,05 – 0,4
NO ₂ -N (mg/l)	0,01 – 0,06
NO ₃ -N (mg/l)	0,5 – 3
Összes N (mg/l)	1 – 4
PO ₄ -P (mg/m ³)	30 – 250

Megjegyzés: A szilikátos típusú víztestekre a vezetőképesség 300/500 (μS/cm)

5. A FOLYÓVIZEK FOLYTONOSSÁGA (KONTINUITÁSA)

5.1 Folyó folytonossági elmélet (River Continuum Concept)

A folyóvizek, mint lineáris életterek ökológiai szerepének jellemzésére, a folytonosság és a megszakítatlanság fontosságának alátámasztására dolgozták ki azt az elméletet Vanotte és szerzőtársai, amit „River Continuum Concept” néven ismerünk.

Az ideális modell:

- A folyóvizek vízhozama a forrástól a torkolatig nő.
- Az esésviszonyok a forrástól általában csökkennek.
- Az áramlási sebesség a felső szakaszon jelentős és csökken a torkolatig.
- Az áramlási sebességnek megfelelően a mederanyag is jellemzően változik a hossz-szelvény mentén: a felső szakaszon sziklák, durva kavics, a középső szakaszon apróbb kavics, homok, a torkolat közelében iszapos agyagos mederanyag.
- Az éves átlagos vízhőmérséklet a felső szakaszon jóval 10 °C alatti, és a hossz-szelvény mentén növekvő tendenciát mutat; a hőmérséklet-változás amplitúdója is a hossz-szelvény mentén növekszik, a forrásvidéken csaknem konstans, míg a torkolatnál a 20 °C feletti is lehet.
- Az oxigénviszonyok hossz-szelvény menti változása jelentős lehet.

A folyóvízi rendszer viselkedésének elemzése magába foglalja a folyó vizének összetett mozgását, az élőhely típusok feltárását és azok kapcsolatának elemzését. A vizsgálat során a fő probléma a megfelelő reprezentatív területek kijelöléséből adódik, valamint abból, hogy elégséges adatsornak kell rendelkezésre állni a szukcesszió nyomon követésére, hogy az időtényezőt a folyóvízi rendszer változásaiba beépíthessük. Ennek megfelelően az elemzések meglehetősen összetettek, mivel a vízgyűjtő területen bekövetkezett változásokra is ki kell azokat terjeszteni. Az árterek vizsgálatánál integráltan jelenik meg a folyót hosszútávon érő hatások összessége, így például a vízjáráshoz kapcsolódó üledékszállító képesség változása, a fonatos mellékágrendszer ki- és átalakulása annak jellemző ökológiai funkciójával, a természetes és emberi hatások következményei, melyeket többek között az urbanizáció, az erdőirtások, erdősítesek, duzzasztók és tározók, védtöltések építése jelentette.

A folyóvízi rendszer egy háromdimenziós, időben folyamatosan változó rendszer, vizsgálatát is ebben a környezetben kell végezni. Ellenkező esetben a kiragadott események, hatások általánosításokhoz és helytelen következtetések levonásához vezethetnek.

A folyó forrásától a torkolatig tartó rendszerei közötti vándorlási lehetőség jelenti a hosszmenti átjárhatóságot. Fontosságát korán felismerték, hiszen a part menti államok már a dunai halászati egyezményekben az 1960-as évek elején kötelezték magukat a hosszmenti átjárhatóság biztosítására. Az ezt biztosító művek azonban nem valósultak meg.

A keresztirányú átjárhatóság az ártéren csak akkor jelenik meg, amikor az árvizek elöntik a szárazföldi ökoszisztémákat – ekkor a hatások a vízi ökoszisztémák formájában jelennek meg. Az ártéren a keresztirányú átjárhatóság megjelenési formái a mellékágak, holtágak, vizes élőhelyek („wetland”-ek), azaz az összes vizes, átmeneti és szárazföldi biotóp és biocönózis, melyek kölcsönös kapcsolatban állnak vagy állhatnak a folyóval. Ezek a rendszerek kiemelkedő szerepet játszanak a folyóvízi életközösségek kialakulásában. A mellékágak például nemcsak a főágban élő számos halfaj ivóhelye és halbölcsője, de telelőhelyül, a gyors áradás, rendkívüli szennyezés esetén pedig menedékhelyül is szolgálhatnak. A mellék- és holtágak kedvező feltételeket biztosítanak az intenzív elsődleges termelés számára. A változó vízviszonyok következtében a lesodródó fitoplankton jelentős hatást gyakorolhat a főmeder elsődleges termelésére is. Az ágak intenzív öntisztuló képessége jelentős szerepet játszik a teljes folyó vízminőségének javításában, mint ahogy ez a magyarországi Felső-Duna esetében, a Szigetközben jelentkezett az 1970-es években.

A harmadik, függőleges átjárhatóság jelenti a folyó és az alluviális, felszín alatti vizek kapcsolatát azok élőlényeivel együtt, és szintén jelentős szerepet játszik a folyóvízi rendszer általános folyamataiban. Az ártereken a víz és a szerves anyag mozgása, valamint az élő szervezetek anyagcsere-folyamatai a mederfenék közeli rétegekben a feliszapolódás mértékétől és minőségétől is függenek. A feliszapolódás viszont a vízgyűjtő terület geomorfológiai viszonyait tükrözi. A főmedertől távolabbi, elzárt holtágakban (angolul: „oxbow lake”; a továbbiakban: oxbow tó) e szukcessziós folyamatok a legelőrehaladottabb állapotban jelennek meg. Itt a szerves anyag szinte lezárja a tófenéket és meggátolja a vízcserét a felszíni és felszín alatti vizek között. Amennyiben a folyószakasz kavicsos-homokos medre természetes vagy emberi beavatkozás következtében finom üledékkel eltömődik, az szintén csökkenti az átjárhatóságot. Ennek ellentéte, amikor bizonyos események – nagy vízsebességek, kotrás, mederanyag átrendeződése – hatására a finom üledék kimosódik, és a mederfenék feletti víz közvetlen biológiai kapcsolatba kerül az intersticiális vízzel. Ebben az esetben igen termőképes biológiai réteg kialakulásával számolhatunk az üledékben, elsősorban a bentikus szinten. Az árterek felszín alatti vízkészleteit gyakran ivóvízellátási célra is hasznosítják. Az így nyerhető

víz minősége jelentős mértékben függ e biológiai réteg tisztítási hatékonyságától. Az öntisztuló funkció mellett a biológiai réteg fontos szerepet játszik a folyóvízi és a bentikus élőlények populáció dinamikájában is.

Az időtényező a folyóvízi rendszereknél meghatározó jelentőségű. Az alluviális árterek jelenlegi állapota a távolabbi korokba nyúlik vissza. Az üledék mennyisége, szemcseösszetétele közvetlenül jelzi, összegzi az egyes korokat, míg a vízgyűjtőterület „külső tényezőként” kezelhető esésviszonyainak a folyamat dinamizmusára van hatása. A folyóvízi rendszer időbeni változása ezekhez a tényezőkhöz viszonyítva lassú, viszont a rendszer lényegesen érzékenyebb az olyan, a rendszerre ható tényezőkre, mint a külső terhelések vagy az ülepedési folyamatok. Az erózió és a szedimentáció, mint állandó hatótényező, a biotópok viszonylag gyors változását idézi elő. Nagy folyók esetében egy meanderező ág leszakadása és szárazföldi ökoszisztémává történő átalakulása két-három évszázad alatt megtörténhet. Ezzel szemben egy fonatos mellékág néhány tíz év alatt feltöltődhet. A biotópok változása kombinálódhat az ökológiai szukcessziós folyamatokkal, melyek sebességére hatnak az allogén (pl. vízszintsüllyedés, ásványi üledék lerakódása) és autogén (pl. vegetáció dinamika, eutrofizáció) folyamatok. Az ártéri ökoszisztémák oly gyorsan változhatnak, hogy ezt nagymértékben figyelembe kell venni az ökológiai rehabilitáció során és külön kell foglalkozni az időtényezővel, mint a fejlesztések, beruházások időbeni megvalósítási lehetőségével. Az emberi beavatkozások – gátak, töltések, feltöltések építése stb. – korlátozhatják a szukcesszió sebességét a folyóvízi rendszer vízszintváltozási dinamizmusának, illetve a szervetlen és szerves terhelések mérséklésével. Az emberi tevékenység emellett közvetlen hatást gyakorolhat a rendszer flórájára és faunájára, melyek dinamizmusa maga az ökoszisztéma fejlődése.

A fentiek szellemében a folyóvízi rendszer olyan ökoszisztémák interaktív, háromdimenziós rendszere, melyek mindegyike a múltban és a jelenben is folyamatos, viszonylag gyors változáson megy keresztül.

A folyóvízi rendszerek tanulmányozásának interdiszciplináris megközelítése magába foglalja a folyó geomorfológiáját, a hidrológiát, a hidrobiológiát, az ökológiát, az emberi beavatkozásokat, a történelmi eseményeket, természetföldrajzi változásokat. A folyóvízi rendszer funkcióját és változását érintő egyes tényezők megfelelő vizsgálata az árterület vonatkozásában különböző „felbontóképességű” mind térben (a mellékágtól a teljesen lefüződött holtáig, az oxbow tóig), mind időben (az ezerévestől a napi ciklusokig). Az ilyen típusú vizsgálat megköveteli egy olyan módszertan kidolgozását, ami magába foglalja mind a térbeni, mind pedig az időbeni elemzéseket.

A vizsgálat térbeni mértéke

A folyó, a folyóvízi ártér nem egy, a forrástól a torkolatig tartó a folyó mentén elhelyezkedő homogén egység. A folyóvölgyben a folyót fokozatosan csökkenő esésviszony, növekvő vízhozam és anyagáram jellemzi, amihez fokozatosan változó geomorfológiai rendszer kapcsolódik. A klasszikus folyóvízi kontinuum a torkolat irányában meanderező, mellékágakra szakadó folyóvízi rendszer csökkenő esés és finom frakciós terhelés mellett. A geomorfológiai kontinuumhoz kapcsolódik az ökológiai kontinuum is, amit a mind kisebb szemcseméretű szerves anyag és meghatározott szukcesszió jellemez.

A Duna esetében ez a hosszmenti változás szintén markánsan kimutatható. A német-osztrák felső szakasz jellegtől a dévényi kapun történő kilépés utáni a fonatos szigetközi ágrendszer, majd a dunakanyari szűkületben a gyors folyást követő szigetképződés és a Budapest alatti

pannon „lustaság” után ismét fonatos mellékágrendszer alakít a folyó Gemenc térségében. Ezekhez a példaként említett térségekhez természetesen más és más hidromorfológiai viszonyok tartoznak. E térségek további részterületekre, egységekre bonthatók, melyekhez ismét szűkíthető a fizikai paraméterek köre, és ezzel az egyes funkcionális szektorok is jó megközelítéssel lehatárolhatók. A térbeni egységek azonban nemcsak geomorfológiai szempontból különböztethetők meg, hanem biológiai funkciójuk szerint is.

Folyóvizek funkcionális szakaszai

1. A felső szakaszra egy főmedres szűk és mély folyóvölgy jellemző nagy vízsebességekkel és mozgó mederrel, amit a reofil élőlényegyüttes népesít be viszonylag kis biomasszával. A keresztirányú csatornák hiánya, a keskeny, vagy nem létező árterület csökkenti az élőlények diverzitását, az ökoszisztémák a juvenális jellegű domborzathoz igazodnak.

2. A fonatos szakaszon a folyóvízi rendszert az ágak sokasága, az alluviális keresztgátak és a „mozgó” szigetek jellemzik. Az ágak sekélyek, medrük köves, a folyás gyors. Ezek az ágak a reofil életközösségek fontos élőhelyei, melyekhez társulnak az alluviális feltöltődésű vízterületek az azokra jellemző vízi és átmeneti biotópokkal, valamint azok a szárazföldi biotópok, melyek az ágakkal leválasztásra kerültek az árterületen. A folyóvíz által létrehozott terepalakulatok instabilitása, változatossága - ami a folyóvízi dinamika eredménye - nem teszi lehetővé a szukcesszió teljes megvalósulását. A folyóvízi rendszer e szakaszára ezért a fiatal-középkorú kifejlődési állapotok jellemzőek.

3. A mellék- és holtágas folyószakasz kialakulása a fonatos ágak határán következik be. A folyóvízi rendszert itt a szinusz formájú, mély mellékágak jellemzik térbeli stabilitással, homokos és agyagos terheléssel. Az áramlási sebesség kicsi, ezért az élőközösségek összetétele kevésbé reofil jellegű, mint a fonatos ágakban. Ha egy mellékág lefűződik a főágról, vízellátása a főágból esetivé válik (a főág vízszintjétől függ). Ennek ellenére az alluviális behatások mértéke csökkenő és finom szerves anyag terhelés, a kolmatáció jellemző. A lefűződő mellékág egyre jobban hasonlít a meanderező szakasz ökoszisztémájára. A viszonylag stabil geomorfológiai állapotok lehetővé teszik a szukcesszió teljes megvalósulását. E szakaszon többféle szukcessziós stádium figyelhető meg, és az árter e szektorát az élőlények jelentős diverzitása jellemzi. A szukcessziós folyamat végére jellemző ökoszisztéma jelentős biomassza-produkciót eredményez.

4. A meanderező szakaszon a folyóvízi rendszert a mély medrű, szinusz formátum jellemzi alacsony vízsebességgel, finom lebegőanyaggal és mederüledékekkel. Gyakran találhatók ezen a szakaszon teljesen lefűződő holtágak (oxbow tavak). Az állóvízi ökoszisztéma két-három évszázad alatt mocsaras területté alakul át a szegélyező erdősávokkal. Az ilyen típusú geomorfológiai képződmény hasonló fajdiverzitást és szabályozási képességet alakít ki, mint a főmederhez kapcsolódó mellékágak ökoszisztémái.

A legrészletesebb „felbontási szint” az egyes folyószakaszokra az ún. funkcionális egység, azaz a biotóp és a biocönózis minden egyes elemi folyóformációra vonatkoztatva. A fonatos funkcionális szakaszra például a folyó által épített legutolsó alluviális keresztgát az elemi folyóformáció, amit a legutolsó árvíz hozott létre a kavicspad-küszöb kialakításával, amire rátelepült a finom homok és homokos iszap. Az ún. alacsony szintű kavicspad, amit a pionír növényzet, mint a fehér somkóró (*Melilotus alba*) általában azonnal benő, szintén egy funkcionális egység. A homokból és iszaptól kialakult gátat rendszerint fehér fűz (*Salix alba*)

által dominált társulás nővi be, ami egy, az előző helyébe lépő másodlagos funkcionális egység, amit csak az árvíz törhet át.

A meanderező funkcionális szektorban, ha a korábbi folyószakasz lefűződő és már nincs kapcsolatban a vándorló fő folyóval, akkor holtággá, oxbow tóvá alakul át. Ezek az oxbow tavak szélesek és mélyek, homokos-iszapos aljzattal, már viszonylag távol helyezkednek el a főfolyótól, ezért nem érik annak hatásai sem víz, sem pedig lebegőanyag, illetve üledék. Ez az állóvíz biotóp és a kapcsolódó közösségek szintén egy funkcionális egységet képviselnek. A korábbi meder feltöltődött és növényzettel teljesen benőtt része már egy másik funkcionális egység. Ezen a „felbontási” szinten a vizsgálatok a közösségek funkcionális jellemzőire és autogén szukcessziós folyamataira koncentrálnak.

Bizonyos esetekben hasznos az egyes funkcionális egységek – biotópok és folyószakaszok – közötti átmeneti szint vizsgálata. Az előbbi példát követve, a lefűződő meandernél az egyes funkcionális egységek egymást követik (nyílt vízi egység, süllyőhínár-tündérrózsa növényi közösség (*Myriophyllo-Nupharetum*), sásos-nádas növényi közösség (*Carex* és *Phragmites*), hamvas fű (*Salix cinerea*) egység, enyves éger (*Alnus glutinosa*) egység és magas kőris (*Fraxinus excelsior*) egység funkcionális rendszerbe állhat össze, amit „paleopotamon-nak” neveznek. Valójában, azon kívül, hogy egyazon eredetűek, ezen ökoszisztémáknak közös funkcionális jellemzője a változó vízviszonyok, a nagy mennyiségű szerves anyag és a viszonylag magas fokú ökológiai stabilitás.

A funkcionális rendszerek ilyen tipizálása teremtette meg az ún. potamális folyóvízi rendszerezést. Ezt a tipizálást csak a területi gazdálkodás és helyi beavatkozások során kell figyelembe venni mint keretet. A valóságban ideiglenes, átmeneti kontinuum létezik, amikor a szukcessziós fejlődés megindul az eupotamontól a parapotamon irányába, és ez jellemzően a plesiopotamon állapot fennállásáig tart. Néhány átmeneti eset is előfordulhat a plesiopotamon és a paleopotamon között, a földrajzi elhelyezkedés és a hidrológiai jelenségek függvényében.

Név	Definíció	Tájképi példa
Eupotamon	Nagy folyóvízi ökoszisztémák.	Főfolyó és mellékágak.
Parapotamon	Félig stagnáló vízi ökoszisztémák, felül elzárt és feltöltődött mellékágak alul nyitott végekkel, amiken keresztül a főággal kapcsolatban állnak.	Korábbi fonatos medrek, többé-kevésbé párhuzamosan és közel a főmederhez.
Plesiopotamon	Állandó vagy időszakos állóvízi ökoszisztémák, állandó és közvetlen főfolyó kapcsolat nélkül, változó biotópok, melyekre nagy hatással van a folyó vízjárása.	Kisebb vízfolyások, lápok és part menti erdők a főmederhez hasonlóan mezei szil (<i>Ulmus campestris</i>) társulással.
Paleopotamon	Állandó vagy időszakos állóvízi ökoszisztémák, főfolyó kapcsolat nélkül, viszonylag stabil biotópokkal.	Oxbow tavak part menti erdőkkel enyves éger (<i>Alnus glutinosa</i>) társulással, melyek a korábbi meanderekben, és lefűződő medrekben alakultak ki.

Védőtöltés és keresztgát ökoszisztémák

Kialakult szárazföldi ökoszisztéma a homok-lerakódásos árvízi töltés rézsűjén.

bozótos csigolyafűzettel (*Salix purpurea*), part menti fehér fűzessel (*Salix alba*), hamvas égerrel (*Alnus incana*) a homokos gátakon és az aktív meder partján

Funkcionális indikátorok

A funkcionális indikátorok az alrendszer olyan elemei, melyek információt szolgáltatnak az alrendszer típusáról, funkciójáról. Az alrendszerek ismeretéhez különösen hasznosak a funkcionális indikátorok, melyek egyben a rendszerben élő szervezetek is. A meglévő populáció struktúrájából következtetni lehet a korábbi ökológiai feltételekre. Természetesen léteznek kimondott funkcionális indikátor szervezetek is. A gerinctelenek közül egyes tegzesfajok (*Trichoptera*) lárvái például a szerves anyaggal terhelt folyóvizek indikátorai, más fajok pedig az eputamon funkcionális egységet is jellemezhetik. Ennek megfelelően a funkcionális indikátor nem mindig egy indikátor faj, hiszen például a szitakötők (*Odonata*) többségének lárvái a kisebb áramlású vagy állóvizekben élnek, míg egyes fajok kifezetten az áramló vizeket, akár a folyók felső szakaszát választják élőhelyül. A funkcionális indikátoroknak mindig meg kell találni a megfelelő referencia modellt, hogy pontos információt adjanak a funkcionális egységről, annak változásáról, valamint potenciális fejlődéséről.

Az ökoszisztéma értékelését nem lehet végrehajtani kizárólag az ökoszisztéma funkcionális leírása alapján. Az alluviális ártér minden egyes ökoszisztémája a viszonylag gyors hidromorfológiai és hidrobiológiai folyamatok eredménye. Egy ökoszisztéma története csak részben határozza meg annak jövőjét, az ilyen előrejelzéseknél az emberi tevékenység fejlődését, várható változását is értékelni kell. Az egész folyóvízi rendszer fejlődésének ismeretéhez a két, egymást jól kiegészítő megközelítés alkalmazása javasolható.

Térbeni elemzés

Az ilyen típusú elemzés az alluviális ártér meglévő ökoszisztémáira irányuló, strukturális és funkcionális összehasonlító vizsgálatok elvégzésén alapul. Például a szigetközi ártér felosztható több szakaszra (mellék- és holtág rendszerre), ezen belül számos meglévő és korábbi meder tanulmányozható. Ezek a biotópok, melyek időszakosan vagy állandóan vízborítottak, különböző korúak, a meglévő adatok alapján meghatározhatók a legöregebbek, melyek feltehetően a 17. században fűződtek le.

Minden egyes ökoszisztéma besorolható egy szukcessziós állapotba. Az egykorú ökoszisztémák azonban különbözhetnek struktúrájuk és funkciójuk szerint. Az eredmények azt mutatják, hogy nem az idő az egyedüli tényező, ami az ökoszisztéma differenciálódásáért felelős. Számos szukcessziós folyamatot kiválthatnak olyan tényezők vagy tényezők egymásra hatása, mint a geomorfológiai folyamatok, vízdinamika, fajok egymásra hatása, eutrofizáció, feltöltődés, vagy olyan folyamatok, mint a folyó terhelésének befolyásolása, változása, ülepedési folyamatok, vagy az emberi beavatkozásokat követő vízszintváltozások.

Vertikális elemzés

A vertikális elemzés során rekonstruálják a szukcessziós folyamatok egyes állapotait, például egy korábban lefűződött meder teljes feltöltődési folyamatát a szárazföldi ökoszisztéma kialakulásáig. Az emberi tevékenység hatását - amit pontos időponthoz lehet kötni - integrálják

a szukcesszióba. A rekonstrukció és az eredmények értékelése általában az üledék vizsgálatával történik. A vizsgálat technikája felhasználja a régi térképi és írott anyagokat, légifelvételeket, radioizotópokat, pollenelemzéseket. Ezek az interdiszciplináris tanulmányok meglehetősen sok és pontos adattal szolgálnak az alluviális ártéren bekövetkezett változásokról.

Az európai alluviális völgyeket a természetes szukcessziós folyamatok előrehaladása és az emberi tevékenység markáns nyomai jellemzik. A legtöbb esetben a rendelkezésre álló dokumentumok lehetővé teszik a környezet dinamizmusának rekonstruálását, az emberi beavatkozások hatásait, a rekonstrukció előkészítését és végrehajtását.

A vízi életközösségekre gyakorolt hatás értékelésének alapja tehát a beavatkozás előtti és utáni állapot összehasonlítása. A műszaki beavatkozások tervezésekor fontos azoknak a ható tényezőknek a kiválasztása és elemzése, optimalizálása, amik alapján a műszaki beavatkozásnak kitett élő közösség összetételében, működésében és a víz minőségében bekövetkező változások értékelhetőek lesznek.

Amennyiben tisztáztuk azokat a mechanizmusokat, melyek felelősek a biotópok változásáért, szukcessziójáért és az élő közösségek ökoszisztémán belüli változásaiért, természetközeli, vagy természetes modelleket fejleszthetünk ki. Az iparosodott európai országokban azonban a mechanizmusok teljes körű azonosítása nem könnyű feladat, miután az ember századokon keresztül beavatkozott a vízfolyások életébe, szabályozta azokat, befogta őket az energiatermelésbe. Ezek a folyamatok különösen a 19. század végén erősödtek fel olyan nagy európai folyók esetében, mint a Rajna, Duna, Rhône, illetve ezek főbb mellékvízfolyásain. Ennek ellenére a természetes állapotú modell elemzése három helyzetben lehetséges.

Először, az ártéren megmaradtak olyan reliktum ökoszisztémák, melyeket nem érintettek az előbb említett mérnöki munkák.

Másodszor, a 19. század végi, 20. század eleji mérnöki munkák csak kisebb mértékben érintették az adott árteret, ezért ott természetközeli állapot alakult ki. Általában a szabályozott folyó vízdinamikája nem képes jelentős alakváltozások létrehozására, az ökológiai szukcesszió továbbra is szárazföldi típusú, az ilyen állapot hasznos az előzővel történő összehasonlításra.

Harmadszor, a vertikális elemzés esetenként lehetővé teszi a zavaró tényezők megjelenése előtti időszakra jellemző természetes folyamatok feltárását. Ehhez pontos dokumentációra, a meder korábbi, precíz leírására és az üledék beható elemzésére van szükség.

Az árterek vizsgálatához, rehabilitálásukhoz, az átjárhatóság megoldásainak vizsgálatához több évszázad közvetlen beavatkozásait kell kronológiai sorrendbe szedni:

- árvízvédelmi és erózióvédelmi művek kiépítése,
- folyószabályozás,
- hajózás,
- energiatermelés,
- keresztgátak.

A folyó-kontinuitás elmélete alapján végrehajtandó rehabilitáció meghatározója az érdekeltekkel és érintettekkel kialakított, rendszer szemléletű közös stratégia.

5.2 Nagyvízi dinamikus koncepció (Flood Pulse Concept)

A folyó-kontinuitás koncepció gyakorlatilag figyelmen kívül hagyta a lefűződött vizek, ágak, oxbow tavak jelentőségét a folyóvízi ökoszisztéma működőképességének vizsgálata során. Az 1980-as évek végén, az 1990-es évek elején a nagy ártérrel rendelkező folyókra fejlesztették ki a nagyvízi állapotokkal is foglalkozó ún. dinamikus, élő folyó koncepciót. A dinamikus koncepció alapelve, hogy a vízhozam a fő hajtóerő, ami ellenőrzése alatt tartja az ártéri élővilágot és keresztirányban táplálékkal látja el az árteret. A váltakozó száraz-nedves ciklusok optimalizálják a litorális zónát és a kapcsolódó erdő termőképességét, biztosítják a halak táplálkozási és ivási lehetőségeit. A biológiai termőképesség a hullámtéren nagyobb, és összehasonlítva az állóvizekkel nagyobb a halak diverzitása és halhozama is.

A nagyvízi dinamikus koncepció főbb jellemzői:

- nagy ártérrel rendelkező folyókra vonatkozik,
- a változó (dinamikus) vízhozam az ártéri élőlények meghatározója,
- keresztirányú (folyómeder – ártér) cserefolyamatokra, a tápanyagforgalomra is összpontosít,
- a száraz és nedves ciklusok optimalizálják a litorális zónát, a kapcsolódó ártéri erdő termelőképességét, a lebontási folyamatokat,
- nagy fontosságot tulajdonít a halak vándorlásának és ivóhelyeinek.

6. FOLYÓVÍZI ÉLŐHELYEK

A folyóvízi élőhelyek jellemzésére már meglehetősen korán kialakítottak különböző rendszereket, melyek középpontjában a halak állnak. Huet rendszeres vizsgálatai alapján alakította ki az esésviszonyokat figyelembe vevő rendszerét 1946-ban. Rendszere a közép-európai folyókra érvényes és a folyó vízhozamokkal jellemzett esésviszonyait, valamint az áramlással összefüggésbe hozott szélességi viszonyait helyezi előtérbe. Illies 1961-ben alkotta meg a széles körben elfogadott rendszerét, ami alapján a felszíni folyóvizeket két nagy csoportba sorolta: patakok (*rhithron*), gyors folyású szakasz, valamint folyók (*potamon*), lassan folyó szakasz. Ezeket aztán tovább bontva alakította ki máig elfogadott rendszerét:

Patak	Felső szakasz	Felső pisztráng zóna	<i>Epirhithron</i>
	Középső szakasz	Alsó pisztráng zóna	<i>Metarhithron</i>
	Alsó szakasz	Pénzes pér zóna	<i>Hyporhithron</i>
Folyó	Felső szakasz	Márna zóna	<i>Epipotamon</i>
	Középső szakasz	Dévér zóna	<i>Metapotamon</i>
	Alsó szakasz	Átmeneti lepényhal	<i>Hypopotamon</i>

A folyóvizek biocönózisát jellemezhetjük az indikátor halfajokkal és a kísérő fajokkal. Ez a zonáció nemcsak a halakra, de egyéb vízi gerinctelen élőlényekre is jellemző, ami azt jelenti, hogy ha bizonyos okok (pl. erősen módosított víztest, szennyezés) miatt az indikátor halfaj hiányzik, akkor a gerinctelen fauna alapján az élőhely azonosítható.

Felső pisztráng élőhely

Ezt a szakaszt három halfaj népesíti be: a sebes pisztráng (*Salmo trutta*) mint indikátorfaj mellett a pataki ingola (*Lampetra planeri*) és a botos kölönte (*Cottus gobio*) mint kísérő halfajok.

Alsó pisztráng élőhely

A fent említett fajok mellett a kövi csík (*Barbatula barbatula*) és a fürge cselle (*Phoxinus phoxinus*) fordul elő.

Pénzes pér élőhely

A pisztrángos élőhelyen előforduló összes faj mellett a pénzes pér (*Thymallus thymallus*) dominál. Ezenkívül számos más faj is előfordul, mint például a domolykó (*Leuciscus cephalus*), a bodorka (*Rutilus rutilus*) vagy a fenékjáró küllő (*Gobio gobio*).

Márna élőhely

A felső pisztrángos élőhely halfajai még előfordulhatnak, de már nem szaporodnak ezen a szinttájon, és már a pontyfélék dominanciája jelentkezik: márna (*Barbus barbus*), szélhajtó kűsz (*Alburnus alburnus*), karikakeszeg (*Blicca bjoerkna*), paduc (*Chondrostomata nasus*). Ragadózóként megjelenik a csuka (*Esox lucius*) és a sügér (*Perca fluviatilis*). A fajok száma ezen az élőhelyen lényegesen nagyobb, mint a pisztrángokkal jellemezhető élőhelyen.

Dévér élőhely

A pénzes pér élőhely kísérő halai - melyek a sebes vízfolyásokat kedvelik - itt már hiányoznak. A márna is csak az áramló szakaszokon találja meg élőhelyét. Ezzel szemben a domináns fajok a tipikusan csendesebb vizeket kedvelők: dévérkeszeg (*Abramis brama*), compó (*Tinca tinca*), ponty (*Cyprinus carpio*) és a vörösszárnyú keszeg (*Scardinius erythrophthalmus*).

Tengeri torkolati lepényhal élőhely

Ez a tengeri halak élőhelye, mint a lepényhalak, heringfélék, de megtalálható még a vágó durbics (*Gymnocephalus cernua*) is.

Magyarországon a halak élőhelyeinek referenciáját megadó, ún. halas vizeket az ivóvízkivételre használt vagy ivóvízbázisnak kijelölt felszíni víz, valamint a halak életfeltételeinek biztosítására kijelölt felszíni vizek szennyezettségi határértékeiről és azok ellenőrzéséről szóló 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelet határozza meg. A halas vizeket a hatóság jelöli ki. A jogszabály szerint: a halak életfeltételeinek biztosítása érdekében kijelölt, védelemre vagy javításra szoruló felszíni vizek (a továbbiakban: halas vizek): külön jogszabályban meghatározott azon vízfolyások és állóvizek, amelyek környezeti minőségi jellemzői alapján fenntartható módon képesek biztosítani, illetve a vízszennyezettség csökkentése vagy

megszüntetése esetén képesek lennének biztosítani a vízre jellemző őshonos halfajok természetes biológiai sokféleségét.

A halas vizek típusai

- a) pisztrángos vizek: azon halas vizek, amelyek pisztráng szinttájú halfajokkal jellemezhetők, illetve képesek e fajok életfeltételeinek biztosítására, és amik az előírt vízszennyezettségi határértékeket nem meghaladó szennyezettségűek [sebes pisztráng (*Salmo trutta*), fűrgő csele (*Phoxinus phoxinus*), kövi csík (*Barbatula barbatula*) stb.],
- b) márnás vizek: azon halas vizek, amelyek márná szinttájú halfajokkal jellemezhetők, illetve képesek e fajok életfeltételeinek biztosítására, és amik az előírt vízszennyezettségi határértékeket nem meghaladó szennyezettségűek [paduc (*Chondrostoma nasus*), márná fajok (*Barbus spp.*), bucó fajok (*Zingel spp.*), leánykancér (*Rutilus pigus virgo*) stb.],
- c) dévéres vizek: azon halas vizek, amelyek jellemzően a dévér szinttájú, valamint a tavi, illetve a mocsári halfajokkal jellemezhetők, illetve képesek lesznek e fajok életfeltételeinek biztosítására, és amik az előírt vízszennyezettségi határértékeket nem meghaladó szennyezettségűek [dévérkeszeg (*Abramis brama*), vörösszárnyú keszeg (*Scardinius erythrophthalmus*), sügér (*Perca fluviatilis*), csuka (*Esox lucius*), ponty (*Cyprinus carpio*), lápi póc (*Umbra krameri*) stb.];

A halas vizek halainak ökológiai vízigénye: az a fizikai – beleértve a halas vizek mennyiségi viszonyait is - valamint kémiai és biológiai minőségi jellemzőkkel jellemezhető állapot, amelyek az adott víztér természetes vagy természetközeli állapotú környezeti adottságaihoz alkalmazkodott halállomány szerkezeti és működési sajátosságait fenntartható módon biztosítani képes.

Víz Keretirányelv víztípusok

A Víz Keretirányelv végrehajtása során elvégezték a magyarországi felszíni vizek tipizálását, a víztesteket különböző csoportokba sorolták.

Az új víztest-típológia

TÍPUS KÓD	VÍZGYŰJTŐ MÉRET	MEDERESÉS	MEDERANYAG	GEOKÉMIAI JELLEG	TENGER-SZINT FELETTI MAGASSÁG
1S	Kicsi	Nagy esésű	Durva	Szilikátos	Domb-hegyvidéki
2S	Kicsi	Nagy esésű	Durva	Meszes	Domb-hegyvidéki
2M	Közepes	Nagy esésű	Durva	Meszes	Domb-hegyvidéki
3S	Kicsi	Közepes esésű	Durva-közepes-finom	Meszes	Dombvidéki
3M	Közepes	Közepes esésű	Durva-közepes-finom	Meszes	Dombvidéki
4L	Nagyon nagy - nagy	Közepes esésű	Durva	Meszes	Dombvidéki
5S	Kicsi	Kis esésű	Durva	Meszes	Síkvidéki
5M	Közepes	Kis esésű	Durva	Meszes	Síkvidéki
6S	Kicsi	Kis esésű	Közepes-finom	Meszes	Síkvidéki
6M	Közepes	Kis esésű	Közepes-finom	Meszes	Síkvidéki
7L	Nagy	Kis esésű	Közepes-finom	Meszes	Síkvidéki
8N	Nagyon nagy	Kis esésű	Közepes-finom	Meszes	Síkvidéki
9F	Duna méretű	Közepes esésű	Durva	Meszes	Síkvidéki
9K	Duna méretű	Kis esésű	Durva	Meszes	Síkvidéki
10A	Duna méretű	Kis esésű	Közepes-finom	Meszes	Síkvidéki

A halátjárók tervezése során mindenképpen figyelembe kell venni a víztest típusokat. A Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv 2 készítése során a Víz Keretirányelv 6.1. háttéranyagában határoztak meg a hazai vízfolyásaink hal élőlénycsoport szempontjából elkülöníthető hidrogeomorfológiai típusokat:

- 1SMS: középhegységi patakok (1S, 2S, 2M típusok),

- 2HLS: dombvidéki patakok (3S és 3M típusok),
- 3HLR: dombvidéki folyók (4L típus),
- 4LLS: síkvidéki patakok (5S, 5M, 6S, 6M típusok),
- 5LLR: síkvidéki folyók (7L, 8N típusok),
- 6Danube: Duna (9F, 9K, 10A típusok).

A korábbi nemzetközi projekt eredményeit is figyelembe véve bizonyos víztípusok karakterfajai az alábbiak:

1. Középhegységi kisvízfolyások

Fürge cselle (*Phoxinus phoxinus*)

Kövi csík (*Barbatula barbatula*)

Sebes pisztráng (*Salmo trutta*)

2. Dombvidéki kisvízfolyások, kis folyók

Fenekjáró küllő (*Gobio gobio*.)

Vágó csík (*Cobitis taenia*)

Sujtásos kűsz (*Alburnoides bipunctatus*)

Szilvaorrú keszeg (*Vimba vimba*)

3. Közepes, és nagy folyók dombvidéki, nagyobb esésű, kavicsos mederanyagú szakasza

Paduc (*Chondrostoma nasus*)

Márna (*Barbus barbus*)

Petényi-márna (*Barbus meridionalis*)

Homoki küllő (*Gobio kessleri*)

Német bucó (*Zingel streber*)

Bagolykeszeg (*Abramis sapa*)

4. Közepes és nagy folyók dombvidéki, kisebb esésű, homokos aljzatú szakasza

Törpecsík (kőfúró csík) (*Sabanejewia aurata*)

Magyar bucó (*Zingel zingel*)

Compó (*Tinca tinca*)

5. Alföldi kisvízfolyások (ér)

Széles kárász (*Carassius carassius*)

Réti csík (*Misgurnus fossilis*)

Bodorka (*Rutilus rutilus*)

6. Alföldi kis és közepes folyók, csatornák

Vörösszárnyú keszeg (*Scardinius erythrophthalmus*)

Jászkeszeg (*Leuciscus idus*)

7. Nagy folyók alföldi szakasza

Karikakeszeg (*Blicca bjoerkna*)

Dévérkeszeg (*Abramis brama*)

Laposkeszeg (*Abramis ballerus*)

Széles durbincs (*Gymnocephalus baloni*)

Dunai ingola (*Eudontomyzon mariae*)

Tüskés pikó (*Gasterosteus aculeatus*)

6.1 A természetes halfauna

Az európai édesvízi halak teljes választéka természetesen nem mutatható ki élesen elválasztva az egyes szinttájakon, mivel egyes fajok sok esetben a hidromorfológiai adottságok ellenére sem találják meg alkalmas élőhelyeiket. Az átmeneti szinttájakra nagy figyelmet kell fordítani, hiszen az egyes fajok életciklusuk során az élőhely típusok között vándorolnak. Magyarországon mintegy száz halfajt azonosítottak, közülük 60 előfordulása gyakori, 33 taxon védett. A Duna magyarországi szakaszán mintegy 64 fajt sikerült azonosítani.

Egy adott élőhely típusra potenciálisan jellemző halfaj-lista összeállítása meglehetősen nehéz feladat. A halak vándorlása szempontjából fontos halbiológiai ismeretek áttekintése a jellemzéshez mindenképpen szükséges.

6.1.1 A Rába és a Duna természetes halfaunája

A természetes halfauna vonatkozásában jó példa a Rábán végzett részletes vizsgálatok eredménye. A folyó három szakaszára vonatkoztatva mutatjuk be az egyedszámokat. Az országhatár – Sárvár közötti szakasz „szabályozottsága” 15%, míg a folyó alsó szakasza szabályozottnak tekinthető. A legnagyobb diverzitás a középső szakaszra volt jellemző, azaz a Rábahídvég – Nick folyószakaszra.

A Rába folyó halfaunája (a vizsgálat során fogott darabszám)

VIZSGÁLT HALFAJOK	FELSŐ SZAKASZ	KÖZÉPSŐ SZAKASZ	ALSÓ SZAKASZ
Dunai ingola	6		
Bodorka	135	256	278
Leánykoncér	2		
Vörösszárnyú keszeg		9	2
Nyúldomolykó	36	23	4
Domolykó	2263	1562	695

Jászkeszeg	5	22	18
Balin	19	103	22
Kurta baing	2		2
Szélhajtó küsz	720	1195	470
Sujtásos küsz	298	270	15
Karikakeszeg		113	7
Dévékeszeg	11	51	22
Bagolykeszeg		16	
Szilvaorrú keszeg		1	7
Paduc	329	149	19
Compó		22	7
Márna	450	413	37
Fenekjáró küllő	78	19	19
Halványfoltú küllő	218	300	34
Homoki küllő	13	12	1
Razbóra	67	25	1
Szivárványos ökle	507	412	18
Széles kárász		2	
Ezüstkárász	17	74	11
Ponty			2
Vágó csík	7	26	
Törpecsík	61	48	26
Kövi csík	118	14	
Harcsa	6	22	7
Törpeharcsa			9
Csuka	8	74	10
Menyhal	8	32	3
Naphal	51	52	12
Sügér	83	41	14
Vágó durbincs		22	3
Széles durbincs		9	
Selymes durbincs		2	
Fogassüllő		37	3
Magyar bucó	9	3	1
Német bucó	13	10	2
Folyami géb		9	
Feketeszájú géb			20
Tarka géb		2	4

A Duna halállományának vizsgálata során ki kell emelni a Gönyű – Budapest közötti szakasz litorális zónájának vizsgálatát. A 71 mintavételi hely megfelelő módon reprezentálja a szakasz szabályozottságát. Az eredmények azt mutatják, hogy a legtöbb halfaj az élőhelyeket rugalmasan használja.

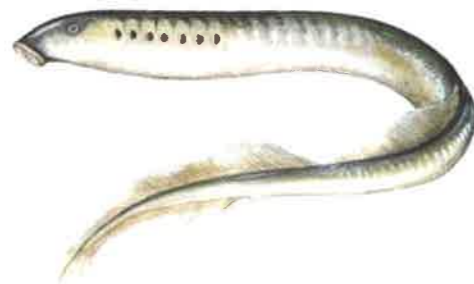
Dunai halfajok előfordulási gyakorisága a Gönyű – Budapest szakaszon
(A 71 mintavételi hely hány százalékában fordul elő a faj)

HALFAJ	ELŐFORDULÁSI GYAKORISÁG [%]
Lapos keszeg	8,45
Dévékeszeg	35,21
Bagolykeszeg	32,39
Szélhajtó küsz	100,00
Balin	70,42
Márna	49,30
Karikakeszeg	83,10
Ezüstkárász	8,45
Paduc	53,52
Csuka	8,45
Tüskés pikó	1,41
Halványfoltú küllő	88,73
Széles durbincs	15,49
Vágó durbincs	4,23
Selymes durbincs	71,83
Domolykó	33,80
Jászkeszeg	63,38
Nyúldomolykó	4,23
Menyhal	25,35
Folyami géb	63,38
Csupasztorkú géb	35,21
Kessler-géb	83,10
Feketeszájú géb	92,96
Garda	4,23
Sügér	19,72
Szivárványos ökle	1,4
Leánykoncér	35,21
Bodorka	35,21
Törpecsík (Kőfűró csík)	2,82
Fogassüllő	61,97
Kössüllő	49,30
Vörösszárnú keszeg	1,41
Harcsa	8,45
Szilvaorrú keszeg	43,66
Német bucó	9,86
Magyar bucó	29,58

6.1.2 Vándorlással érintett halfajok

Az alábbiakban a halátjárók szempontjából érintett halfajok főbb élettani jellemzői kerülnek a vonatkozó irodalom alapján bemutatásra. E biológiai jellemzők ismerete mind a hosszmenti, mind pedig a keresztirányú vándorlások elősegítése szempontjából szükséges, illetve az ívási időpontok támpontot adhatnak a művek üzemvitelére is.

Dunai ingola (*Eudontomyzon mariae*) Ingolafélék családja



A faj főbb jellemzői:

A Duna és mellékfolyóinak őshonos körszájú faja, de kimutatták a Rábában is. Vékony, megnyúlt, hengeres teste pikkelytelen, leginkább az angolnára vagy a férgekre hasonlít, de úszói elárulják, hogy rendszertanilag a halakhoz áll közelebb. A teljesen kifejlett példányok hossza 18-22 cm. Lárva állapotban az iszapba bújva élnek, táplálékukat az iszaplakó szervezetek, illetve szerves törmelékek jelentik. Jellegzetes szájszervük 4-5 nyaras korukban alakul ki, amikor ivaréretté válnak. Az ingolák szaporodása március és május hónapokra esik, a kisebb folyóvizek homokos mederrészein zajlik. Fokozottan védett faj.

Tiszai ingola (*Eudontomyzon danfordi*) Ingolafélék családja



A faj főbb jellemzői:

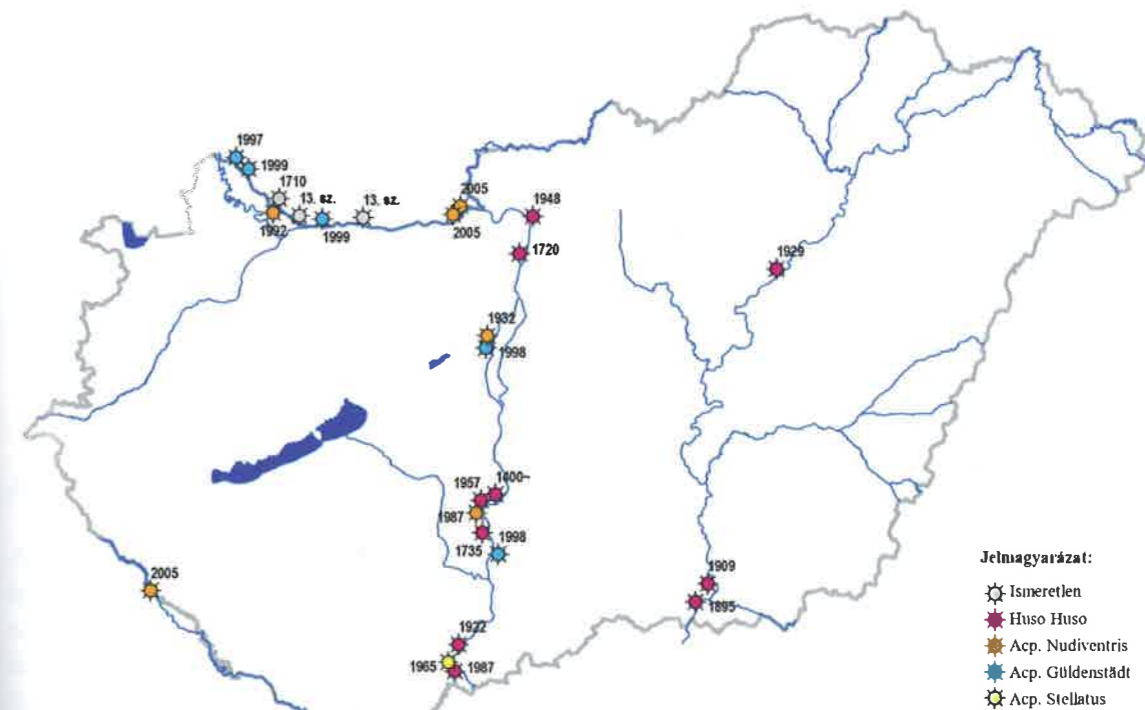
A Duna vízgyűjtő területén él, kizárólag édesvízi faj, soha sem megy a tengerbe. A kifejlett, ivarérett állapot elérését – a halaktól eltérően – négy-öt éves lárvastádium előzi meg. A lárvák az üledékbe fúródva élnek, táplálékuk szerves törmelék, amelyet szűrőgetve vesznek fel.

Ivarérés után szájszervével halakra tapadva parazita életmódot folytat. Ívása március-június hónapokra esik, a patakok csendesebb területein zajlik. A hegyi patakok lakója, a Tiszában és nagyobb mellékfolyóiban is csak a felső pisztráng és pénzes pér szinttájú szakaszokon fordul elő. Fokozottan védett faj.

Tokalakúak

A tokfélék csak az északi féltekén találhatók, kialakulásuk a dinoszauruszokig, azaz több mint 200 millió évre vezethető vissza. A fajok többsége a Ponto-Kaszi régióban, egyharmaduk Észak-Amerikában, míg a maradék Kelet-Ázsiában és Szibériában fordul elő. Általános jellemzőjük, hogy a Fekete-, a Kaszi- és az Azovi-tengerben, az Aral-tóban és az ezekbe ömlő folyókban élnek. Vándorhalak, az ivarérett példányok tavasszal, nyár elején ívni, táplálkozni a folyókba vándorolnak és a lazacokkal ellentétben ívás után nem pusztulnak el, visszatérnek a tengerekbe. Dunai vándorlásuk során eljutottak több mint 2 400 km-re a torkolatától fekvő Regensburgig. Életkoruk meglehetősen hosszú, legtöbb fajuk több mint 50-60 évig is él. Magyarországi faunaterületük a Duna, a Tisza, a Maros, a Körös és a Dráva.

Bizonyított előfordulási helyek



Viza (*Huso huso*) Tokfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Anadrom hal, a folyókban csak íváskor fordul elő. A vándorlás idejét figyelembe véve alapvetően két formáját különböztetnek meg. Egyes állományok már ősszel (szeptemberben-októberben) a folyók torkolatába úsznak, és ott telelnek, míg mások csak tavasszal (márciusban-áprilisban) kezdik meg a tengerből indulva vándorútjukat. Ivarérettségüket az ikrások 12-16, a tejesek később, 19-22 éves korukban érik el. Az ívóhelyektől függően márciusban-májusban rakja le ikráit, amikor a víz hőmérséklete eléri az optimális 9 °C-ot. Ívóhelyül a folyók kemény, köves vagy kavicsos, esetleg homokos mederszakaszait választja. A felnőtt állatok az ívás után azonnal visszaindulnak a tengerbe, az ivadék a deltavidék brakkvizében tölt el néhány évet a nyílt tengerbe való vándorlás előtt. Hosszú élete első négy-öt évében rendkívül gyorsan gyarapszik, és egyes irodalmi adatok alapján akár a 100 éves kort is megérhet. Táplálékát fiatal korában bentikus szervezetek, később már halak alkotják. A Fekete-tengerben élő vizák 80%-ban halat, 15%-ban rákokat és 4%-ban puhatestűeket fogyasztanak. A halfaj a levéltári anyagok alapján egykor hazánkban nemcsak a dunai, hanem a tiszai halászok meghatározó jövedelmét adta. Az utóbbi évszázad vízfogásai azonban a Duna hazai szakaszán már eseményszámba mentek. Nagyobb vizát az utóbbi száz év alatt mintegy 28 alkalommal fogtak hazánk területén. Védett faj.

Vágótok (*Acipenser güldenstaedti*) Tokfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A faj J. A. Güldenstädt, a Szentpétervári Akadémia természetbúvára után kapta nevét. A vándorlást már ősszel megkezdő egyedek a késő téli hónapokban, februárban-márciusban, a tavasszal vándorló példányok mintegy két héttel később, valamivel melegebb vízben ívnak. A mély vizű (4-24 m), kavicsos, köves mederszakaszokon ívik, ahol az áramlási sebesség 1-1,5 m/s. A folyószabályozások bizonyos mértékben változtattak ívóhelyválasztásán: a mély vizű, kavicsos helyeken kívül a kisebb mellékfolyók torkolata közelében, sekély vízben, homokos aljzaton is egyre gyakrabban figyelik meg ívását. Az ivadék kezdetben zooplankton, a 20. nap

után bentikus szervezeteket fogyaszt. A nagyobb példányok már kisebb halakkal (gébfélék) is táplálkoznak. Dunakilitinél 1998. október 28-án egy 13 kilós egyedet fogtak. Védett faj.

Sima tok (*Acipenser nudiventris*) Tokfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A faj tudományos neve csupasz hasút jelent, ugyanis a test érdes tapintású oldalához képest a has egészen sima. A dunai populáció 10-15 °C mellett március-május időszakban ívik a folyó kavicsos, homokos mederrészein. Az ikrákból kb. 5 nap után kelnek ki a lárvák. A fiatalok a tenger felé vezető útjukat egy év alatt teszik meg, ahol még hosszabb időt a torkolat brakkvizében töltenek el. A faj táplálékát a Dunában legnagyobb részt kérész- és egyéb rovarlárva, valamint rákok és puhatestűek alkotják. Hazánk területén fogott legnagyobb példány hossza 170 cm, tömege 32 kg volt. Növekedési üteme hasonló a vágótokéhoz. A múlt század végén még a Kárpát-medence több folyójának lakója volt, a Dunán kívül előfordult a Drávában, a Tiszában, a Vágban, a Körösben, a Marosban és a Zagyvában is. 2003. október 31-én Apatinnál, az 1390 fkm-nél egy 56 kg-os egyedet fogtak a halászok, míg 2005. szeptember 11-én Tátnál egy 8 kg-os sima tokot fogott egy horgász. Védett faj.

Sőregtok (*Acipenser stellatus*) Tokfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A fajnév a latin csillag szóból ered. A teste karcsú, megnyúlt, orsó alakú. Az ormány feltűnően hosszú, kissé felfelé hajló. Ez a faji bélyeg jól elkülöníti a többi tokféléttől. Az ivari dimorfizmus sokkal kifejezettebb, mint a többi tokféléknél, az ikrások jelentősen nagyobbak, mint a hasonló korú tejesek. Az íváskor ideje szerint leírtak tavasszal és ősszel vándorló formákat. A folyószabályozások jelentősen csökkentették a faj ívóhelyének kiterjedését. Változott a vonulás ideje és útvonala is. Ívóhelye ma már a többi tokféléttől eltérően a folyók alsó szakaszán, a torkolatvidékhez közelebb helyezkedik el. Víztüreltől függően íváskor május-augusztus hónapokra esik. Az optimális ívási hőmérséklet 10-15 °C között van. Megfigyelték, hogy a Duna vízrendszerében mind a vándorlási, mind pedig az ívási ideje a viza és a vágótok megfelelő periódusát követi. Ikráit a folyók kavicsos, köves, 1,1-1,9 m/s áramlási sebességgel jellemezhető szakaszain rakja le. A fiatal sőregtokok első táplálékát rákok, rovarlárva, árvászúnyogok alkotják. Az idősebb példányok a puhatestűek mellett apró gébféléket is fogyasztanak. Védett faj.

Kecsege (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) Tokfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A kecsege kifejezetten édesvízben él, életmódját tekintve folyami hal – a többi tokféléttől eltérően rá nem jellemző a szaporodási vándorlás a tenger és az édesvíz között. A magas oxigéntartalmú, gyorsfolyású vizeket kedveli. A 3 mg/l alatti oxigénkoncentrációjú víz már pusztulásához vezethet. Magányosan vagy kisebb rajokban él, iváskor és teleléskor csapatokba verődik. Szaporodása 7-10 °C vízhőmérséklettől kezdődik, általában április-június hónapokban. Az erre az időszakra eső árvízkor a gyors folyású, iszapmentes ártereken is leívik. Táplálékát elsősorban a fenéken lakó gerinctelenek – bolharák, árvaszúnyog-, kérész- és szitakötőlárvák (zoobentosz) – alkotják. Különösen kedveli a tiszavirág lárváit. Gyakorlatilag minden folyókban megtalálható. Élőhelye a nagyobb vízfolyások márna szinttájú szakaszától – ahol a víz sodrása viszonylag erős, az aljzat kavicsos vagy homokos – az alföldi, dévér szinttájú szakaszáig terjed, ahol a mederanyag túlnyomó részben kemény, agyagos. Iváskor kerül az iszapos szakaszokhoz. Kedveli az áramló vizet, fenéklakó folyami hal.

Dunai galóca (*Hucho hucho*) Pisztrángfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A dunai galóca a Duna vízrendszerének endemikus halfaja, elterjedése e területre korlátozódik. Az erősebb áramlású nagyobb folyóvizekben található az élőhelye, viszonylag mély, kavicsos környezetben. A vízfolyások felső, hegyvidéki szakaszát elkerüli, mivel ott nem áll rendelkezésre a falánk ragadozó számára megfelelő mennyiségű táplálék. Kedveli a hideg, tiszta és oxigéndús élőhelyeket. A pénzes pér szinttájon jellemző, de megtalálható a márna szinten is. Ivási időszaka április-május, ikráit a nem túl mély, gyors folyású szakaszokon a köves, kavicsos aljzatra rakja le. Ivás idején a táplálkozási terület feletti szakaszra, gyakran a pisztráng szinttájra vándorol. A fejlődő ivadék gyorsan áttér a ragadozó életmódra, falánksága a csukáéval vetekszik. A nagyobb példányok leginkább halakkal táplálkoznak. Tekintettel

élőhelyére és endemikus voltára, a Duna vízrendszer egyes típusainak indikátor faja lehet. Fokozottan védett faj.

Sebes pisztráng (*Salmo trutta*) Pisztrángfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A sebes pisztráng a vízfolyások felső szakaszán, az úgynevezett pisztrángos szinttájon él. Rendkívül érzékeny a víz hőmérsékletére, oldott oxigén tartalmára. Az élőhely optimális vízhőmérséklete 14-16 °C. Rejtőzködő életmódot folytat, éjjel mozog, megszokott rejtékhelyére visszatér. Tápláléka különféle tegzes- és kérészlárvák, bolharák, ászkarák, férgek, de szívesen elkapja a szél által vízbe sodort rovarokat is. Halak közül tápláléka a fürge csele és a köllönték. Ivási időszaka általában február-március, az ívás 6-7 °C-os vízben zajlik. Ilyenkor a vizek gyors folyású, sekély, köves-kavicsos helyeire vándorol. Ikráit gödörbe helyezi el, megtermékenyítés után betemeti. A sebes pisztráng teljesen áttért az édesvízi életmódra, kitűnően alkalmazkodott a bővizű hegyi patakokban és folyókban uralkodó viszonyokhoz, amelyek róla kapták a pisztráng zóna elnevezést. Különösen szívesen foglalja el a kisebb vízesések és zúgók alatti medencéket.

Pénzes pér (*Thymallus thymallus*) Pisztrángfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A tiszta, gyors folyású patakok és kisebb folyók jelentik élőhelyét. A pisztrágnál jobban viseli a magasabb vízhőmérsékletet, de az oldott oxigén koncentráció csökkenésére érzékenyebb. A pisztráng szinttájon első fajtájként azonnal reagál a vízszennyezésre. Táplálékbázisát a fenéklakó gerinctelenek adják, de esetenként fogyasztja a kisebb halakat is. Jellemző, hogy a víz felett repkedő rovarokat kiugorva zsákmányolja. Ivási ideje március-április, ilyenkor a sekélyebb homokos aljzatú élőhelyeket keresi fel, kisebb gödröt ásva a megtermékenyített ikrákat betemeti. A pisztráng és a márna szinttáj között, a róla elnevezett zónában él. Nagyobb számban ritkán fordul elő. Védett faj.

Csuka (*Esox lucius*) Csukafélék családja



A faj főbb jellemzői:

Rendszerint vízközt mozog, de az teljes vízoszlopot kihasználja táplálkozásra. Falánk rablóhal, erre az életmódra már ivadék korától áttér, ilyenkor a később kelő pontyfélék ivadékát fogyasztja. A halon kívül elkapja a békákat, siklókat, vízimadarakat, de ha lehetősége van, a kisebb emlősöket is. Ivarérettségét a 3-4 évben éri el. Ívási időszaka közvetlenül a jég olvadása után, 3-6 °C-os vízben kezdődik, február-március hónapokban. Íváásra csapatosan a csendes, sekélyebb vizekre vonul. Ragadós ikráit a vízi-vízparti növényzetre, illetve azok gyökereire helyezi.

A csuka elterjedési területe igen nagy, jó alkalmazkodóképességű, a környezetével szemben meglehetősen igénytelen faj, amely a hegyvidéki patakok kivételével szinte minden folyó- és állóvízi víztípusban megtalálható. Érzékeny a szennyezésekre. Nagyobb állományai a dús növényzetű, lassú folyású, de még nyílt vízzel is rendelkező sekély tavakban, holtágakban és mocsarakban alakulnak ki. A frissen feltöltött víztározók benépesítésében pionír szerepet játszik. Nagyobb folyókban a pisztráng szinttájától lefelé növekvő számban található, és többnyire a kis folyókban is jelen van.

Balin (*Aspius aspius*) Pontyfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A pontyfélék közül ez az egyetlen valódi ragadozó halfaj. Egyéves kortól tér át a ragadozó életmódra és kizárólag halakkal táplálkozik. Látványosan üldözi elsősorban kora reggel és napnyugtakor a víz felszín közelében tartózkodó, csapatokba verődő kishalakat. Nyílt vizeket kedvelő faj, ivarérettségét 4-5 éves korában éri el. Ívása 9-10 °C vízhőmérsékletnél

kezdődik, március-április hónapokban. Csapatokba verődve keresi fel ilyenkor az ívóhelyeit, a gyors folyású víztesteket, élőhelyeket. Ikráit kemény, köves aljzatra rakja.

Elsősorban a nagyobb vizek tiszta, felszíni zónáit kedveli, a mána zónától a folyók torkolatvidékéig képes megélni. A szabad vízteret kedveli, a kis folyóknak inkább csak az alsó, sügér zónájában található meg állományai.

Márna (*Barbus barbus*) Pontyfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Feneklakó folyami hal, érzékeny a víz oldott oxigén tartalmára, kedveli a gyors folyású mély, kavicsos élőhelyeket. Kedvenc élőhelyén nagy tömegben fordul elő. Tápláléka főként fenéklakó szervezetekből áll, de a rovarok lárvái, a csigák és a férgek mellett növényi törmelék is fogyaszt, emellett alkalmi ragadozó. Táplálkozása elsősorban az éjszakai időszakra esik. Télen gödrökben verem. A tejesek ivarérettségüket előbb érik el, az ikrások 4-5 éves korukra ivarérettek. Ívási időszaka május-június, a vízhőmérséklet függvényében esetenként elhúzódhat júliusra is. Az ikrák kelési vízhőmérséklete 17-19 °C. Az érett ikraszemek átmérője kb. 2 mm, számuk egy-egy ikránál 3-15 ezer. Az íváásra a folyók kavicsos-sóderes mederszakaszain kerül sor, az ikrák az aljzathoz tapad.

Élőhelye a folyók középső szakasza, a fajról elnevezett szinttáj jellemzői a kavicsos-agyagos meder, az oxigéndús víz és a viszonylag gyors áramlás. Legnépesebb állományai természetesen a mána zónában alakulnak ki, de a penezes pér zónától a dévér zónáig megtalálható. Utóbbi felső régiójában még gyakori is lehet, lefelé haladva azonban már megfogyatkozik, a duzzasztott szakaszokon ritkán fordul elő.

Paduc (*Chondrostoma nasus*) Pontyfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A gyorsabb folyású, szilárd aljzatú víztestek jellegzetes halfaja. Ezeken az élőhelyeken tömegesen fordul elő. Táplálékát rovarlárvaikkal mellett főleg növények adják. Éles szélű szájával a kövekre, sziklára, műtárgyakra tapadt algafonatokot letépi. Ívása március-májusra esik és az erősebb sodrású, homokos-kavicsos aljzatú folyószakaszokon zajlik. A táplálkozási helytől eltérő, a folyó felsőbb szakaszán lévő ívóhelyekre tömegesen gyűlnek össze. A folyók felső és középső, a márna szinttája feletti szakaszának névadó halfaja. Kerüli a szennyezett élőhelyeket. Tömegesen fordul elő elsősorban a gyorsabb sodrású, folyóvízi élőhelyeken.

Fenekjáró küllő (*Gobio gobio*) Pontyfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Az álló- és folyóvizekben egyaránt megtalálható apró halfaj, azonban elsősorban áramló vizekben él. A homokos-kavicsos fenékhez közel tartózkodik, itt keresi táplálékát is, ami férgek, rovarlárvaikkal, rákokból, illetve apró növényi törmelékből áll. Ívási ideje április-május hónapokra esik. Az ikrákat kövekre, vízinnövényekre rakja. Igazi élőhelyét a hegy- és dombvidéki patakok, valamint a kis folyók domolykó zónája jelenti. Kerüli, illetve nem fordul elő az iszapos aljzatú víztestekben. A nagyobb folyókban bárhol előfordulhat, gyakran nagy tömegben is. Jelentős ragadozóhalak táplálék. Védett faj.

Halványfoltú küllő (*Gobio albipinnatus*) Pontyfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Túlnyomórészt apró gerinctelen állatokkal táplálkozik, melyeket csapatokban járva keresgél a mederfenéken, de jelentős mennyiségű növényi anyagot és szerves törmelékkel is fogyaszt. Ivarérettségét 2-3 éves korban éri el, május-júniusban szaporodik. Csoportosan ívik, ikráját a homokos mederfenékre rakja. A küllőfajok közül legjobban tolerálja a kisebb mértékű áramlást,

még enyhén iszapos területeken is megtalálja életfeltételeit, emiatt átfolyó állóvizekben is jelentős állományai találhatók. Magyarországon a négy küllőfaj közül a leggyakoribb, állománya terjeszkedő. Nagyobb folyókban a paduc zónától a torkolatig egyaránt nagy számban található, de még az állóvizekben is. Legnépesebb állományai a dévér zónában alakulnak ki, ennek jellemző hala. Hegy- és dombvidéki patakjainkból hiányzik, de a kis folyókban megtalálható, főként a sügér zónában. Védett faj.

Domolykó (*Leuciscus cephalus*) Pontyfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Nagy elterjedésű halfaj, főként a sebes folyású, oxigénben gazdag kis vizekben, de a tavakban is megtalálható. Tápláléka fiatal korban rákok, csigák, férgek, rovarlárvaikkal, idősebb korban ragadozó életmódot folytat, táplálékát ekkor már főként a halak jelentik. A ragadozókhöz hasonlóan kismértékben télen is táplálkozik. Ívási ideje április-május hónapokra esik, ikráit a part menti növényekre rakja. Tipikus áramláskedvelő faj, a márna szinttáj egyik leggyakoribb hala, de kisebb gyakorisággal előfordul a dévér, de még a pisztráng szinttájú vízfolyások nagyobb vízsebességű szakaszain is. A hegyvidéki vízfolyások alsó zónájának, valamint a dombvidéki vízfolyások felső zónájának egyaránt névadó faja. Rendszerint vízközt mozog. Kedvelt horgászhal.

Jászkeszeg (*Leuciscus idus*) Pontyfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Elterjedési területe a Rajnától az Urálig tart, minden nagyobb folyó- és állóvízben megtalálható, de utóbbiban nem állandóan előforduló faj. A jász nappal elsősorban a tiszta, mély, alacsonyabb hőmérsékletű víztesteket kedveli, táplálékát viszont este a felszínhez közel keresi. Tápláléka

Garda (*Pelecus cultratus*) Pontyfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A garda vándorhal, a sós és édesvizek egyaránt élőhelyei. A Balaton „heringhala”, az itt élő példányok felhagytak a vándorlással. Tápláléka a vízbe hulló rovarok, planktonrákok. A kifejlett, nagyobb példányok ragadozó életmódot folytatva elsősorban szélhajtó kűszt fogyasztanak. Ívási időszaka április-május hónapokra esik. A homokos élőhelyeket keresi fel, itt rakja le ikráit, mely lebeg a vízben. Ez szintén a tengeri származásra utal. Nagyobb folyókban mindenütt megtalálható. Ősszel csapatokba verődik, a nagyobb folyók dévéri zónájában telet.

Réti csík (*Misgurnus fossilis*) Csíkfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Igen nagy ellenálló képességű, szívós halfaj. Oxigénhiány-tűrő képessége rendkívüli, olyan vizekben is megtalálható, ahonnan a széles kárász már kipusztul. Ezt kiegészítő légzőszerve, béllegzése teszi lehetővé. (A szájába levegőt tud venni, amit a végbélnyíláson enged ki, közben a levegő oxigénjének egy része a bél falon át a véráramba jut.) Ívási időszaka május-június. Az ikrákat a vízi növényzetre rakja. Elsősorban éjjel táplálkozik apró fenéklakó állatokkal, férgekkel, rovarlárvákkal, apró rákokkal és csigákkal. A réti csík élőhelyei a réteknek is nevezett, tavasszal vízzel borított, de szárazság idején nagyrészt kiszáradó mocsaras területek. Élőhelye még a mocsarak, a lápok, a folyók lassú folyású, iszapos medrű vizeit, a holtágak, a morotvák. Megtálható a nagyobb folyók dévéri zónájában, illetve a kis folyók sügér zónájában is. Utóbbiak esetében főként a hullámtér gödreiben jelenik meg, a főmederben ritkán. Védett faj.

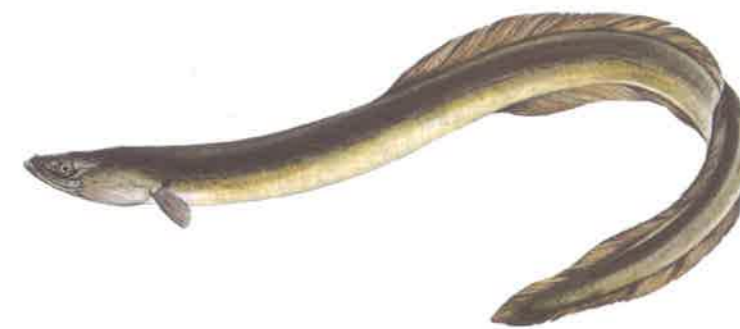
Harcsa (*Silurus glanis*) Harcsafélék családja



A faj főbb jellemzői:

A vízfolyások felső, hegyi szakaszát leszámítva a legtöbb vízfolyásban és állóvízben előfordul. A víztest legmélyebb részein, a fenéken tartózkodik. Kedveli az alámosott mederrészekkel, gyökeres tuskókkal és bedőlt fákkal jellemezhető élőhelyeket. Az ivadék tápláléka planktonszervezetek, férgek, rovarlárvák, majd kagylók és csigák. Felnőtt korban ragadozó életmódot folytat, halakkal, békákkal és vízimadarakkal táplálkozik. Nappal általában a mély vízben nyugalmi állapotban van, éjszaka táplálkozik. Ökológiai szempontból toleráns halfaj. Ívási időszaka május-június hónapokra esik, amikor a víz hőmérséklet tartósan 18-19 °C. Ikráit a vízivényekre, bokrok vízbe nyúló gyökereire rakja. Az ívást nászjáték előzi meg. Európai faj, elterjedési területe a Rajnától az Aral-tóig tart. A Duna vízrendszerében őshonos. Hiányzik Észak- és Dél-Európából. Olaszország és Spanyolország vizeiben nem őshonos, ide (Pó, illetve Ebró) néhány évtizede telepítették be.

Angolna (*Anguilla anguilla*) Angolnafélék családja



A faj főbb jellemzői:

A Mexikói-öbölben lévő Sargasso-tengerben kikelt fűzfalevél alakú lárvákat a Golf-áramlat sodorja két év alatt az Atlanti-óceán nyugat-európai partjai felé. Az európai vizekben életük harmadik évében alakul ki hengeres formájuk, ezt az időszakot – mivel testük áttetsző – „üvegangolna” stádiumnak hívják. Az 5-10 cm hosszú üvegangolnák ekkor vonulnak a folyótorkolatokba és már az édesvízben pigmentálódnak. A folyón felfelé történő vonulásuk 6-10 évig tart, de akár 20 évig is elhúzódhat. Ivarérettségük elérésekor fejformájuk és színük ismét megváltozik, ezüstös színre vált. Az ivarérett angolnák táplálkozásukat fokozatosan beszüntetik, majd elindulnak a folyón lefelé, ívási területük felé. Ez a vonulási időszak általában április és november között történik. Az ivarérettség a vándorlás során alakul ki. Az angolna

életében egyszer ívik, ívás után elpusztul. Alapvetően ragadozó, azonban az adott víztér táplálékkészletéhez jól alkalmazkodik, táplálékát kisebb halak, békák, puhatestűek, fenéklakó gerinctelen szervezetek képezik, de nem veti meg az ikrát sem. Nappal az iszapban rejtőzik, éjszaka aktív.

Az élőhelyek közül az édesvizekben a csendes, vízi növényzettel benőtt, homokos, iszapos aljzatú területeket részesíti előnyben, oxigénigénye alacsony. Ennek megfelelően a vízfolyások márna szintjétől lefelé megtalálja életfeltételeit.

Menyhal (*Lota lota*) Tőkehalfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Elsősorban folyóvízi, rejtett életmódot folytató halfaj, éjjel mozog a mederfenéken. Hidegebb, hűvös vizeket kedvelő faj, nyáron a vízterek mélyebb részein nyugalmi állapotban van, kb. 15 °C-os vízhőmérséklet alatt válik aktívvá. Fiatalabb korban táplálékát elsősorban fenéklakó gerinctelen állatok alkotják, a 20 cm fölöttiek viszont áttérnek a ragadozó életmódra, s főként halakat fogyasztanak. Három-négyévesen válik ivaréretté, ívási ideje november-december, de elhúzódhat februárig. Ilyenkor csapatokba verődve a víz felszínén úszik. A folyók és nagyobb tavak mélyebb részein, több részletben ívik.

Élőhelye a paduc zónától lefelé a még viszonylag gyorsabb folyású, illetve keményebb aljzatú vízfolyások, de gyakorlatilag a teljes vízfolyás mentén elterjed. A magasabb sótartalmú vizeket kerüli. Az élénkebb sodrású, hideg vizet és a kemény aljzatot kedveli, ezért nagyobb folyókban a pénzes pér, paduc és márna zónában érzi igazán jól magát. Jó alkalmazkodásának köszönhetően azonban az erősebben felmelegedő dévér zónában is megél. Előfordul a magas hegységek pisztrángos vizeiben is, de a kis vízhozamú középhegységi patakokban nem él meg. Fenéklakó hal, többnyire a kövek között vagy a part üregeiben búvik meg.

Vágó durbincs (*Gymnocephalus cernuus*) Sügérfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A gyorsfolyású hegyi patakok kivételével elterjedt faj még a félig sós brakkvizeket is tűri. Főleg a vízfenéken csapatosan tartózkodik, oxigénigénye viszonylag magas. Táplálékbázisa fiatal korban plankton szervezetek, később a vízfenék rovarlárvai, rákok, csigák, alkalmilag ivadékot is fogyaszt. Ívási időszaka március-május, az ívás homokos-kavicsos élőhelyeken zajlik. Élőhelye a domb- és síkvidéki vízfolyások iszapos területei, de megtalálja életfeltételeit a vízfolyásokhoz kapcsolódó holtágakban, állóvizekben is, ennek megfelelően az eurytop kategóriába sorolható. Jelenleg hazánkban nem fogható.

Sügér (*Perca fluviatilis*) Sügérfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Nem igényes, szívós halfaj. Jól viseli az alacsony pH-értékű vizeket, viszont oxigénigénye viszonylag magas. Tápláléka főleg planktonrákokból és rovarlárvákból tevődik össze, de szívesen fogyaszt halivadékot, ikrát is. 10-15 cm testhossz felett valódi ragadozóvá válik. Ívási időszaka március-május, amikor a víz hőmérséklete 8-10 °C fölé emelkedik. Ikráit kemény aljzatú vízfenyékre vagy vízínövényekre rakja le. Élőhelye a gyorsfolyású hegyi patakok kivételével minden folyó- és állóvíz. Az állandó vízháztartású, hínáros víztestek jellemző faja, kisebb állományai azonban a legtöbb típusú víztestünkben él. A kisebb vízhozamú, csendes folyású folyók alsó szakaszának jellemző hala, melyet róla neveztek el sügér zónának, de jól alkalmazkodik más környezeti feltételekhez is. A nagy folyók paduc zónájában ugyan még ritka, de a márna zónától lefelé gyakoribbá válik. Igen nagy állományai alakulhatnak ki a növényzetben gazdag, iszapos medrű, sekély állóvizekben. A mély tavakban és holtágakban a parti sávban található.

Fogassüllő (*Sander lucioperca*) Sügérfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Álló- és folyóvízben egyaránt megtalálható faj. Kedveli a köves, kavicsos, homokos fenekű víztesteket, elkerüli viszont a laza üledékkal fedett mederrészeket és az elmocsarasodó vizeket. A kis folyóknak inkább csak a torkolatában fordulnak elő a befogadó, nagyobb folyóból felúszó fiatal példányok. Oxigénigénye magas, rendkívül érzékeny a vízszennyezésre, kerüli az iszapos vizeket. Élete első évének végétől kifejezetten ragadozó életmódot folytat. Ívási időszaka március-április, ikráit a vízfenék köves, kavicsos helyeire, fák vízbe nyúló gyökereire rakja. Mesterséges aljzaton, ún. süllyesztéken jól ívik. Áramláskedvelő, bár búvóhelynek inkább a vízfolyások csendesebb visszaforgóit választja. A víztér oxigénellátottságára érzékeny, emiatt állóvízi állományai csak a megfelelő oxigénellátottságú vizekben alakulnak ki. Ennek ellenére inkább a toleráns kategóriába sorolható.

Német bucó (*Zingel streber*) Sügérfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Kifejezetten folyami, fenéklakó hal, jellemző élőhelyei a gyors folyású, köves, kavicsos aljzatú folyószakaszok. A Duna vízrendszerének jellegzetes faja. Tápláléka főleg a bentikus élőlények csoportjaiból tevődik össze. Ívási időszaka április-május. Az ikrákat kisebb mélyedésekbe rakják, takarják. A vízfolyások felső és középső szakasza, valamint a kisebb vízfolyások dombvidéki régiói tartoznak kedvelt élőhelytípusához. Reofil, áramláskedvelő faj, amely állóvizekben nem fordul elő. Előfordulási szintjei a paduc zóna felső régiójától a dévér zóna felső régiójáig tart. Az iszapos, üledékes élőhelyeket elkerüli, a duzzasztott élőhelyekről elvándorol. Fokozottan védett faj.

Magyar bucó (*Zingel zingel*) Sügérfélék családja



A faj főbb jellemzői:

Kifejezetten folyami hal, oxigénigénye viszonylag magas, a vízszennyezésre azonban kevésbé érzékeny. Tápláléka elsősorban bentikus szervezetek és detritusz. Nagyobb példányai az ivadékot is elkapják. Ívási időszaka április-május, az ívás élőhelyének erősebben áramló, homokos és kavicsos szakaszain zajlik. Fészket készít, és azt takarja is. Áramláskedvelő, reofil faj, szinttája a paduc zóna felső régiójától kezdve az alsó dévér zónáig tart. Jellemző élőhelyei

a márna zónában található. Igényli a nagyobb víztesteket, ezért a kis folyókból rendszerint hiányzik. Fokozottan védett faj.

Lápi póc (*Umbra krameri Walbaum*) Pócfélék családja



A faj főbb jellemzői:

A lápi póc talán egyik legjellegzetesebb küllemű halunk, nehezen téveszthető össze valamely másik fajjal. Más halaktól eltérően a farokúszója szabályosan lekerekített. Pikkelyei testméretéhez viszonyítva nagyok, és nemcsak a testet, hanem a fej hátsó részét is befedik. Határozott, átluggatott pikkelyekből álló oldalvonala nincs, de helyén egy világosabb csík található. Barnás alapszínű, de a fején és a testen szabálytalanul elszórt feketés foltok láthatók. Kisméretű hal, 10 centinél nagyobbra nemigen nő. Ívása április-májusra esik. A nőstény az ikráit vízfenékre készített kisebb mélyedésekbe rakja, melyet növényi hulladékokkal kibélel. A lerakott ikrát a nőstény kikelésig őrzi, gondozza. Őshonos fokozottan védett bennszülött kiemelt értékű fokozottan védett halfajunk.

A lápi póc a hűvös, tiszta vizű mocsarakban, tözeggödrökben, lápokon, növényzettel sűrűn benőtt alföldi tavakban fordul elő, kifejezetten kedveli a mocsarakban húzódozó, keskeny csatornák növényzettel borított oldalát. A lápi póc szezonális vándorhal, állóvizek és a kisebb vízfolyások között, amit a fajnak a víz hőmérséklet-ingadozással szembeni rendkívüli érzékenysége indokol. Megfigyelések szerint egyedei az adott időszakban kiegyenlített hőháztartású helyet választották élőhelyül.

Botos kölönte (*Cottus gobio*) Kölöntefélék családja



A faj főbb jellemzői:

Kedveli a tiszta, gyors folyású, magas oxigéntartalmú vizeket kemény, köves-homokos aljzattal, ahol a kövek között megfelelő búvóhelyet talál. Rejtett életmódot folytat, a kövek között megbújva éjszaka hagyja csak el rejtékelyét. Innen lesi ki táplálékát, vízbe hulló

rovarokat, rovarlárvákat, férgek, rákokat. Különösen az erősen áramló élőhelyeket kedveli. Ívási időszaka március-április hónapokra esik. Tejes fészket készít és őrzi a megtermékenyített ikrákat. A botos köllönte valódi fenéklakó hal, a pisztráng szinttájon él. A hegyvidéki és dombvidéki vizekben gyakori, de előfordul e folyók torkolatvidékén is. Védett faj.

7. A VÍZI SZERVEZETEK VÁNDORLÁSA

Nagyon sok kísérlet történt annak meghatározására, hogy milyen összefüggések jelentkeznek, illetve mutathatók ki a klasszikus vándorhalak „távándorlása”, valamint a „vándorlások” között, melyek csak rövid távolságot érintenek. Tekintettel a halak viselkedésének komplexitására, pontos definíciót nem sikerült meghatározni. Rendkívül nehéz a különböző viselkedési módok exakt leírása.

Ezzel ellentétben az a nézet, mely megpróbálja a halakat besorolni és vándorlónak megjelölni olyan bontásban, hogy mely fajok igénylik a vándorlást segítő műveket, és mely fajok azok, melyek csak „mozgást végeznek”, de nem igénylik a vándorlást segítő műveket. A régi német szakirodalomban megkülönböztetnek vándorhalakat és „álló halakat” attól függően, hogy milyen mértékű mozgást végeznek. A haljelölést alkalmazó vizsgálatokkal bebizonyosodott azonban, hogy az „álló halak” fajcsoportja kisebb-nagyobb távolságon vándorol. A vándorlási távolság figyelembevételével, valamint a jelölések alapján meghatározták a „helyben szétszóródó fajokat”, melyek 5 km-es távon belül maradnak (pl. kövicsík), a rövid vándorutat tevők (pl. paduc, márna), melyek kb. 50 km-t tesznek meg a folyó mentén felfelé vagy lefelé, valamint a nagy távolságra vándorlókat (pl. lazac, viza, angolna), melyek több mint 50 km-t vándorolnak.

Egyes szerzők valódi vándorhalaknak azokat a fajokat tartják, melyek speciális viselkedésformát fejlesztettek ki a helyváltoztatásra. Ez a megfogalmazás azt kívánja kifejezni, hogy evolúciós folyamatok vezettek a különböző típusú és mechanizmusú vándorlásokhoz. Az esetenkénti, nem törvényszerű helyváltoztatást ebben az esetben nem veszik figyelembe.

A valódi vándorlás figyelembe veszi a periodicitást is (éves, évszakos vagy napi) egy vagy több különböző életter között, mely a populáció nagy részét érinti.

Figyelembe véve az életteret, melyet az évek során a halak felkeresnek, a következő felosztás tehető:

Diadrom fajok: halak, melyek a tenger és az édesvíz között vándorolnak:

- anadrom fajok: a legtöbb időt a tengerben töltik, és ívási vándorolnak az édesvizekbe,
- katadrom fajok: életük nagy részét az édesvízben töltik és ívási helyek felkeresésére vándorolnak a tengerbe,
- amfidrom fajok: az életciklusuk során szabályos vándorlást végeznek tengerből az édesvízbe vagy fordítva, de anélkül, hogy a vándorlásuk kapcsolódna a szaporodáshoz.

Potamodrom fajok: halak, melyek csak az édesvízben vándorolnak

Oceanodrom fajok: halak, melyek csak a tengerben vándorolnak

Ennek alapján a diadrom vándorhalak fejlődése igényli az összeköttetést a folyóvízi és a tengeri életterek között, míg más fajok esetében az átjárhatóság követelménye csak az adott víztesten belül szükséges a stabil populációk a folyóvizekben, a folyóvizek egyes víztereiben történő fenntartásához. A folyóvizeken azonban egy sor olyan követelmény van, ami miatt az amfidrom fajok számára is szükséges az átjárhatóság biztosítása (pl. a sodródási kompenzáció, speciális életterek felkeresése, olyanoké, melyek az adott szakaszokon nincsenek, ilyenek az ívási helyek, telelőhelyek).

Azokra a helyváltoztatásokra, melyek szűkebb értelemben nem sorolhatók a vándorlások közé, az angolszász irodalom „halmozgást” javasol. A következőkben „a vándorlás” és a „mozgás” kifejezést nem különböztetjük meg, miután nem vonható kétségbe az, hogy mind a vándorhalak, mind pedig a „mozgásban lévő” populációk hosszú távon igénylik az általuk benépesített folyóvizek átjárhatóságát.

A folyóvizek élőhelyekre oszthatók. Ezek az egymástól távolabb lévő rész-élőhelyek különböző funkciókat töltenek be – ívási hely, táplálkozóhely, telelőhely – a populáció fejlődése szempontjából. Ennek megfelelően az egyes élőhelyek közötti mozgást ívási vándorlásnak, táplálkozóhely vándorlásnak, telelőhelyre történő vándorlásnak nevezzük. Ezenfelül olyan halmozgás is jelentkezik, mint a kompenzációs vándorlás, az egyes életterek újbóli vagy ismételt benépesítése, az állomány sűrűség kiegyenlítése, a menekülési helyek felkeresése. Ezen életterek eléréséhez azonban mindenképpen szükséges a hosszanti átjárhatóság ugyanúgy, mint a fonatos mellékágak és a mellékvízfolyások elérhetősége.

7.1 Ívási vándorlás

A szaporodással összefüggő halvándorlások jellemző példája a lazacok, tavi pisztrángok, az angolnák, a folyami ingolák és a viza vándorlása. E fajok ívási helyei és juvenilis állományai száz vagy akár több ezer kilométer távolságra találhatók attól az életterektől, ahol a felnőtt állatok élnek. Számos közép-európai halfaj változtatja életterét a szaporodással vagy fejlődési állapotának függvényében. Ez érvényes szinte valamennyi, főfolyóban élő pisztrángfélére (pl. sebes pisztráng, pénzes pér, dunai galóca), valamint a menyhalra, mely szaporodáshoz a főfolyó felső szakaszára, vagy a mellékvízfolyásokba vándorol, ahol megfelelőek ehhez a viszonyok (hűvös, átlátszó, oxigénben dús víz, mozgó kavicságy). Hasonlóképpen számos folyóvízi típusú (reofil), kavicsaljzaton ívási hal (paduc, márna) felkeresi a ritális jellegű ívási helyeket, általában a lapos vízátfolyású kavicspadokat, melyek folyásirányban kilométerekkel az élőhelyük felett található. Itt található a juvenilis generáció „óvodája”, ahonnan aztán passzív módon (lesodródás) vagy aktívan benépesítik a folyó más szakaszait.

Nemcsak a kavicsos aljzaton ívási halak, hanem egyes vízrendszerekben a növényzetre ívási fajok is gyakran komplex vándorlást végeznek (dévérkeszeg, balin, ponty, compó). A megfelelő állóvíz elhelyezkedésétől függően – vagy figyelembe véve az ártereket – ezek a fajok hossz- vagy keresztirányban gyakran jelentős távolságra vándorolnak, hogy elérjék ívási területüket.

Az ívási hely megkeresésének szükségessége azon alapul, hogy a kifejlett halak életéhez szükséges térben nem állnak rendelkezésre azok a körülmények, melyek a szaporodáshoz szükségesek. A jó ívási hely nemcsak az utódok, hanem az ívási halak számára is biztosít kielégítő mértékben táplálékot. A halak az ívási után általában visszatérnek korábbi életterükbe.

Az ívási eredményességének növelése érdekében egy sor faj kihasználja azt a lehetőséget, hogy az ívási helyen viszonylag kevés ragadozó tud tartózkodni. Ennek megfelelően gyakran

Mindazonáltal a lesodródás és a kiegyenlítő felvándorlás nem egyszerű ide-oda mozgás, hanem egy bizonyos áramlási sebességhez vagy vízálláshoz köthető sodródó mozgás, amit egy bizonyos vízsebességi küszöb elérése után felfelé történő vándorlás követ. Néhány halfajnál (pl. fogassüllő) ismert, hogy már az érzékelhető árvíz előtt hagyja magát sodortatni, majd részleges kompenzációt hajt végre. Általában megállapítható, hogy az áramlásra a számos fajból álló halállomány bizonyos fajtái, azok közül pedig bizonyos korosztályok (méretűek) differenciáltan reagálnak. Komolyabb vízszennyezés esetén, kis vízhozamnál, jég alatt szinte a teljes halállomány elpusztulásához vezethet. Egy ilyen haváriával sújtott térség újbóli benépesülése néhány évet is igénybe vehet.

A lecsökkent látási viszonyok (zavarosság) miatti tájékozódási problémák szintén gyakran okoznak lesodródást (a zavarosság lehet természetes az erózió vagy mesterséges a vízepítési munkák miatt). Az úszóképesség csökkenését okozhatja az alultápláltság, illetve a paraziták, melynek következménye szintén a lesodródás.

Tavasszal a magasabb víz hőmérsékletre a halak nagyobb úszási aktivitással reagálnak, pozitív reoaktivitás jelentkezik, azaz folyásirányba, felfelé úsznak. Figyelembe kell venni, hogy az ilyen felfelé történő vándorlás nincs összefüggésben az ívóhelyre történő vándorlással, mivel ebben még a nem ivarérett fiatal egyedek is részt vesznek. Az a pozitív reotaxis, ami nem az egyedet, hanem az egész állományt érinti nyilvánvalóan a természet ökológiai alapelvében keresendő.

7.6 Benépesítés és visszatelepülés

A halak képesek egy új vízterületet vagy korábban erősen betelepült, de kipusztult folyószakaszt viszonylag rövid idő alatt benépesíteni. Alapkövetelmény egy viszonylag nagy, terjeszkedésre képes halállomány és a környező folyószakaszokon a szabad vándorlás lehetőségének megléte.

7.7 Kölcsönhatás

Megkülönböztetünk belső és külső tényezőket. Egy meghatározó belső tényező a szaporodás, az azzal összefüggő ösztönös vándorlás, egy másik belső tényező a táplálkozási igény. Külső tényezők alatt azokat értjük, melyek hatása időszakosan vagy rendszertelenül érvényesül, mint például a vízhozam, vízállás, fény, hőmérséklet, holdfázisok, vízkémia stb.

Amíg a kutatások egyszerű összefüggéseket tártak fel a hőmérséklet, vízállás és halvándorlás között, addig a korszerű statisztikai eljárások alkalmazásával sikerült bizonyítani, hogy a halvándorlásokat nem egy abiotikus tényező váltja ki, mint például a hőmérséklet, hanem több tényező egymásra hatásának eredőjéről van szó. A Rajnán létesített halátjárók vizsgálati eredményei alapján egyértelműen megállapították, hogy a hőmérséklet, vízhozam, légnyomás, fényintenzitás és holdfázis tényezőket nem lehet egyedileg értékelni.

A halakban endogén módon rögzült ösztönök (az ívás kezdete, telelés stb.) az egyes halfajok között is erősen differenciálódtak, és úgy tűnik, hogy jelentős szerepet játszanak a halvándorlások kiváltásában. Ezek a tényezők azonban - szemben az abiotikusokkal - nehezen határozhatók meg.

7.7.1 Szezonális

A szaporodással kapcsolatos vándorlások az ivarsejtek érettségével vannak összefüggésben. Minél hosszabb a vándorlási útvonal, induláskor annál kevésbé előrehaladott állapotban van az ivarsejtek érettsége. Az angolnál ez annyira szélsőséges, hogy egy édesvízben fogott ezüstangolna boncolása során még a nemeket sem lehetett meghatározni. Az ezüstangolna fő vándorlása az év második felének közepére esik. A vegetációs időszakban raktározza testében az energiátartalmakat, melyeknek elégségesnek kell lenni a Sargasso-tengerig történő vándorlás időszakára. Említésre érdemes egyébként az időbeni eloszlás, ami az angolnál hármas jellegű, azaz a legerősebb a vándorlás a nap, a holdfázis és az év harmadik harmadában.

7.7.2 Éves-ciklus

A felnőtt halak fő vándorlási idejét a szaporodás, azaz a megfelelő nemű halak vagy halcsoportok találkozása, a megfelelő ívóhely felkeresése, a megtermékenyítés és az ivadék növekedése határozza meg. Ebben a helyváltoztatásban nemcsak az anadrom, illetve katadrom vándorló halak vesznek részt. Gyakorlatilag kisebb-nagyobb mértékben az összes hazai halfajt érinti egy bizonyos időszakban a folyón felfelé történő vándorlás kényszere. Az áttekintett szakirodalomban nem volt olyan halfaj, mely ne végzett volna valamilyen vándorlást. A vizsgálatból csak olyan fajok maradtak ki, melyek gazdasági értéke kicsiny, vagy ritkán előfordulók.

Az éves szaporodással kapcsolatos vándorlás különböző, az egyes fajoknál erőteljesebb, és a víz hőmérséklet befolyásolja. A teljes vándorló haltömeg-mennyiség maximuma esetében a május a meghatározó hónap. Az egyes fajok azonban ettől eltérően viselkednek. A vörösszárnú keszegnél, bodorkánál, domolykónál, paducnál a vándorlás egy rövid május-júniusi időszakra korlátozódik, más fajoknál az időszak nem ennyire egyértelmű. Példa erre a márna és a karikakeszeg, melyek nagyobb tömege június-júliusban vándorol, de május és október között is előfordul a halátjárókban. Ennek oka feltehetően nem a hónapokra elhúzódozó szaporodási időszak. A paduc esetében megfigyelték, hogy az ívást követően hagyja magát lesodródni, majd táplálékszerzés céljából ismét felfelé kezd vándorolni.

A fehér halak jelentős része az ívás után lesodródik, hogy a következő szaporodást ismét egy felfelé történő vándorlás előzze meg.

7.7.3 Havi ritmus (holdfázisok)

A havi ritmust - azaz a holdfázist - az európai térségben csak az angolnak és a heringek esetében figyeltek meg. A heringek vándorlási szokásaival - tekintettel arra, hogy azok tengeri halak - jelen útmutató nem foglalkozik, míg az ezüstangolnak utolsó negyednél jelentkező vándorlásának kiemelkedő gyakorlati, azaz halászati, természetvédelmi és állatvédelmi jelentősége van. A legtöbb faj a legnagyobb vándorlási aktivitást a teliholdnál mutatja.

7.7.4 Napi ritmus

A szakirodalom alapján követelmény a halátjárók lehető „legvilágosabb” kialakítása, sőt kivilágítása, mivel a legtöbb halfaj vándorlásra hajlamos példányai előnyben részesítik a nappali vándorlást. Ebben az időszakban történik a szabad vízáramban a felfelé irányuló vándorlás, ugyanakkor a halvándorlást segítő műveket bizonyos halfajok éjszaka is igénybe veszik. A vélemények nem teljesen egyezők abban, hogy egy halátjárónak teljes hosszában

nyitottnak, megvilágítottak kell lenni, de az bizonyos, hogy a halátjárót jobb átlátható járdával, rostéllyal ellátni, mint betonlapokkal letakarni.

Több ismert halfaj sötétedés után vagy éjszaka kezd vándorolni. Nagyon keveset tudunk a gazdasági jelentőséggel nem bíró, kisebb termetű, esetleg védett halfajok ilyen irányú szokásairól. Míg például a márna éjszakai vándorlása már régóta ismert, az utóbbi években megfigyelték, hogy a fenékjáró küllő és a kövi csík is éjszaka vándorol. A domolykó esetében is egy délelőtti maximum után erős vándorlási aktivitást írtak le az esti óráktól éjfélig. Holdfényes éjszakáktól való függést nem tapasztaltak. Az ezüstangolna lefelé történő vándorlásakor erős aktivitást figyeltek meg az utolsó holdnegyedkor, kb. egy órával a naplemente és két órával a napfelkelte között. Az üvegangolnák vándorlására az áramlás nagyobb hatással van.

Kevés megfigyeléssel rendelkezünk a vándorlásra hajlamos halak átereszekben történő vándorlásával kapcsolatban. Az ívásra érett pénzes pérek a főfolyó mellékágán egy 250 m hosszú csövön keresztül is felkeresték az ívóhelyüket. A sebes pisztrángok számára sem jelent akadályt egy áteres. Lényeges az átereszek megfelelő kialakítása, vízmélysége és a víz sebessége.

7.7.5 Tájékozódás

Míg a tengerekben a vándorlási aktivitást és a vándorlási irányt olyan tényezők határozzák meg, mint a földi mágneses mező, a víz sótartalma, a tengeri áramlások, addig a folyóvizekben a halak vándorlását elsősorban az áramlás befolyásolja. Fontos szerepet tölt be az áramlás az ívó- és táplálkozási helyek felkeresésében, de ugyanígy meghatározó elsősorban a pontyfélék esetében az áramlásszegény teletelők helyek felkeresésében. A halak csak a közvetlenül a testüket érintő áramlást érzékelik. Ha erős áramlásban úsznak, nem érzékelik a mellette lévő gyengébb áramlást:

- ha az áramlási sebesség meghaladja egy hal úszóképességét, akkor eredeti úszási iránya megváltozik. Ekkor a hal a közvetlenül a testére ható áramlásnak megfelelően olyan irányban kezd a folyón felfelé úszni, ami mentén haladni képes,
- egy a főfolyóba torkolló mellékvízfolyást csak azok a halak találnak meg azonnal, melyek érzékelik a mellékvízfolyás áramlását.

Ezeket a megfigyeléseket kísérletekkel is igazolták. A kísérlet során pisztrángok úsztak egy csatornában, melybe egy erősebb és egy gyengébb áramlású mellékcsatorna csatlakozott. A halak döntő többsége az erősebb áramlású mellékcsatornába úszott, csak a halak csekély része úszott a kisebb áramlási erősségű mellékcsatornába. Az eltérés annál jelentősebb volt, minél nagyobb volt a két mellékcsatorna áramlási erőssége közötti különbség.

Az áramlásban úszó halak tájékozódási képességére jelentős hatást gyakorol az áramlás laminaritása. Turbulens áramlási viszonyok nehezítik a halak számára az áthaladást, sőt esetenként lehetetlenné teszik. A természetes fenékaljzat jelentős hatást gyakorol a szakasz átjárhatóságára, mivel csökkenti az áramlási sebességet. Egy hosszabb, rendkívül erős áramlású vagy szabad vízeséses folyószakasz nem átjárható a halak számára.

Az áramlás mellett vannak még további tényezők, melyeknek jelentősége van az édesvizekben a tájékozódás szempontjából.

A víz hangja (csobogása) szintén bizonyos csalogató hatást gyakorol a halakra. A tengeri pisztrángokról feltételezik, hogy a lazachoz hasonlóan a „hazai” vizek felkeresésében az illat- és szaganyagoknak van jelentősége. A pénzes pér az ívóhelyet a magasabb vízhőmérséklet, illetve a főfolyónál alacsonyabb pH-érték alapján találja meg.

7.7.6 Úszóképesség/teljesítmény

A halak viselkedése az áramló vízben és az egyes halfajok úszóképessége alapvető jelentőségű a halvándorlást segítő művek koncepciójában. Az a sebesség, amit egy hal el tud érni, elsősorban a test alakjától, valamint az izomrendszer teljesítőképességétől függ. Egy fajon belül jelentős különbség van a testmérettől függően. Minél nagyobb egy hal, annál nagyobb abszolút úszási sebességet (m/s) tud elérni. A relatív úszási sebesség a hal teljes testhosszának (TH) és egy másodpercnek a hányadosa (TH/s). A relatív úszási sebesség tehát azt mutatja, hogy a hal testhosszának hányadosát teszi meg egy másodperc alatt.

További tényezők, mint a hőmérséklet, szennyezőanyagok, egészségi állapot, paraziták száma, szintén hatnak az úszási teljesítményre. A különböző kutatók az úszási teljesítmény vizsgálata során egymástól eltérő eredményekre jutottak. Ennek következtében az irodalmi adatok meglehetősen eltérőek. Mivel az úszási sebesség az idő függvényében exponenciálisan csökken, az időtényezőnek nagy jelentősége van egy bizonyos úszási sebesség fenntartásánál.

A következő teljesítmény kategóriák különböztethetők meg:

- **Tartós úszási sebesség** (fenntartható úszó sebesség): Az a sebesség, ami a vízben történő normális előrehaladáshoz tartozik és hosszú (>200 perc) ideig az izomzat fáradása nélkül fenntartható. Ebbe a kategóriába tartoznak a diadrom halak vándorlási sebességei.
- **Gyors úszási sebesség:** Ez a sebesség csak rövid időre (20 s-től 200 percig) tartható fenn, és az izomzat fáradásához vezet.
- **Kritikus úszási sebesség:** Ez azt a legnagyobb áramlási sebességet jelenti, amivel szemben a hal egy bizonyos ideig ellenáll, mielőtt lesodródna.
- **Sprint sebesség:** (maximális sebesség): A legnagyobb sebesség, melyet az izomzat anaerob anyagcsere-körülmények között rövid időre (<20 s) fenn tud tartani. A maximális teljesítmény után azonnal „pihenő” vagy „kimerülés utáni” úszás következik. A sprint sebesség elsősorban a menekülésre vagy az áldozat elérésére szolgál.

A halvándorlást segítő művek konstrukciójánál különösen a sprint és kritikus sebességnek van jelentősége. Ezek az úszási sebességek döntően meghatározzák a halvándorlást elősegítő műveken történő átjutás eredményességét, vagy éppen eredménytelenségét. Az úszási sebességek precíz, laboratóriumi körülmények közötti pontos értékek meghatározása nagyon nehéz. Egyazon halfaj ugyanolyan testméretű egyedének úszási teljesítménye jelentősen függ a hőmérséklettől, az oldott oxigén tartalomtól, a víz szennyezőanyag terheltségétől és a hal kondíciójától. A maximális sebesség a testhossztól függ. A lazacfélékre 10 TH/s, a pisztrángokra 8,5-11 TH/s értékeket adnak meg. Míg a lazacfélék kb. 40 cm-ig elérik a 10 TH/s maximális sebességet, a pontyfélék és sügérfélék 30 cm-ig több mint 11 TH/s maximális sebességet érnek el. A legtöbb halfaj eléri a 6-9 TH/s relatív sebességet.

A halvándorlást elősegítő műveken elsősorban az adott vízrendszerben élő halfajoknak kell átjutni, ezért rendkívül fontos a kisebb halak teljesítőképességét figyelembe venni. A ritrális

régióban (pisztráng és pénzes pér régió) ezek, például a botos kölönte, az ingolafajok és a fürge cselle, a potamális régióban (márna, dévérkeszeg, vágó durbincs régió), például a fenékjáró küllő, a kövi csík és a sujtásos küsz. Ha e fajok számára is átjárhatóvá kívánjuk tenni a halvándorlást segítő műveket, akkor a halátjáróban a maximális áramlási sebességeknél e fajok úszási teljesítményét kell figyelembe venni.

A laboratóriumi vizsgálatok alapján a kisebb termetű hazai halak kritikus úszási sebességének határértékei 0,35-0,6 m/s. Amennyiben a halvándorlást segítő művel nem akarunk szelektivitást elérni a kis halak vonatkozásában, akkor a halak vonulási útján az átlagos vízsebesség nem haladhatja meg a 0,4 m/s értéket. Ha ezt az értéket átlépi, akkor pihenő, lassúbb áramlású helyeket kell beiktatni, melyek közötti szakaszokat a halak sprint-úszással győzik le. Minden jelentősebb törés, esés mentén átjárható helyek kialakítása szükséges.

7.7.7 Ugrási teljesítmény

A halak ugrási teljesítménye a halvándorlást segítő művek építése során alárendelt jelentőségű. A nagytestű lazacfélék hihetetlenül nagy ugróképessége ismert. A lazac ívóhelyre történő vándorlása során több méter magas akadályok, duzzasztók legyőzésére képes. Más halfajok, például a pisztrángok esetében is megfigyelték, hogy az akadályokat ugrással győzik le. A halvándorlást segítő művek tervezése során azonban mindig a leggyengébb úszóképességű halfaj jellemzőit kell figyelembe venni. A gyengébb úszóképességű halfajok általában nem képesek az akadályokat ugrással legyőzni. Az olyan létesítményeket, melyeket a halaknak ugrással kell legyőzni, mindig kritikus szemmel kell nézni, mivel azok nem nyújtanak a halak számára lehetőséget az átúszásra. A halátjárókban ilyen körülmények akkor fordulnak elő, ha a fenéknyílások eltömődnek, vagy a koronanyílásokon, illetve a fenéknyílásokban a vízsebesség meghaladja a kritikus, illetve sprint sebességet.

Annak ellenére, hogy az irodalomban ismertek azok a tények, hogy a lazacok 1-1,7 m, míg a pisztrángok 0,7-0,8 m magasságot is teljesíteni tudnak, minden halvándorlást segítő műre érvényes, hogy azt az összes, a víztérben előforduló halfajnak úszva le kell tudni győzni. A botos kölöntének nincs úszóhólyagja, előrehaladása a fenéken szakaszosan történik, nincs ugrási képessége. Ha e hal átjutását is biztosítani kell a halvándorlást segítő műnek, akkor lehetővé kell tenni a medencék közötti, a fenéken történő átjárást. Mivel szinte minden vízfolyásban megtalálhatók az ugrási képesség nélküli kistermetű halak, a halvándorlást segítő művek kiválasztását az élőhely régiók alapozzák meg.

7.7.8 Egyéb vízi élőlények mozgása

A halak mellett a gerinctelenek egy csoportja a makrozoobentosz, melynek élettere a fenékaljzat és annak üregei. E csoport egy sor olyan fajjal rendelkezik, melyek helyváltoztatásra, vándorlásra képesek. Ide tartozik a folyó mentén lefelé történő sodródás, illetve a felfelé irányuló vándorlás, ami a bolharákok, illetve a kérész- és tegzeslárvák esetében ismert. A makrozoobentosz szervezetek vándorlása, helyváltoztatása jellemzően sokkal kisebb területekre terjed ki, mint a halaké, de egyes esetekben elérheti a több kilométer távolságot is. Az állatok a kavicsos aljzat üregeiben, annak felszínén mozognak, kihasználva a változó áramlási viszonyokat.

A bentikus szervezetek mozgásának okai a halakéhoz hasonlóak. A felfelé irányuló mozgást a lesodródás utáni kompenzáció váltja ki, ami a populáció túlzott egyedszámával, a táplálékhiánnyal és élettérrel van kapcsolatban. Különösen a kiszáradt, vagy kipusztult életterek

visszatelepülésénél meghatározó szerepet játszik a felfelé történő vándorlás és az egyéb más mozgás (imágó rovarok ún. kompenzációs repülése, újranépesülés a mélyebb üledék rétegekből). A vándorlási lehetőség biztosítása a teljes életciklusukat vízben töltő fajok (pl. rákok, vízi puhatestűek) esetében kulcsfontosságú, hiszen számukra a rovarok kompenzációs repüléssel megvalósuló vándorlása lehetőségként nem adott.

8. ANTROPOGÉN HATÁSOK A HALFAUNÁRA

Magyarország elméleti vízerőkészletével, illetve a meglévő vízerőműveivel, valamint a tervezett, lehetséges hasznosításokkal Schmidt József 1998-ban foglalkozott részletesen. A meglévő, illetve a Víz Keretirányelv szellemében átalakításra kerülő vízerőművek jelentős hatást gyakorolnak a halfaunára. A közvetlen veszélyeztetésre a következő közelítő adatok állnak rendelkezésre:

A turbinán átjutó halak mortalitás adatai

FAJ	MORTALITÁS [%]
Széles kárász	47
Karikakeszeg	46
Ezüstkárász	45
Bodorka	35
Domolykó	31
Angolna	28
Sügér	22
Szélhajtó küsz	22
Fogassüllő	21
Ponty	20
Selymes durbincs	17
Csuka	17
Sebes pisztráng	15
Márna	15
Balín	14
Szivárványos pisztráng	13
Compó	11
Harcza	6

További problémát jelentenek az olyan üzemvízcsatornás erőművek, melyeknél a főmederben hosszabb ideig kevés, vagy egyáltalában nem folyik víz és kiszárad. A főmeder élőlény-együttese az extrém viszonyok miatt még nagyobb veszélyeztetésnek vannak kitéve:

- Az erősen lecsökkent vízhozam és áramlás miatt a folyóvízi fajok nem találják meg életterüket.

- A főmederben nyáron a víz rendkívül felmelegedhet, ami a vízi élőhelyek kiszáradásához vezethet.
- Télen a fenékgig történő befagyás okozhatja a vízi szervezetek pusztulását.
- A hiányzó áramlás hatására más fizikai-kémiai paraméterek is megváltozhatnak, algavirágzás, oxigénhiány léphet fel.
- Az áramlási viszonyok hirtelen megváltozása a szervezetek elsodródását okozhatja.
- Az ökológiailag kívánatos vízmennyiség hiánya, ami extrém esetben teljes kiszáradást is jelenthet.

A magyarországi ismertebb vízerőműveit az alábbi táblázatban foglaltuk össze. A táblázat alapján még sok feladat vár a szakemberekre az átjárhatóság megoldására.

Vízerőművek

VÍZFOLYÁS	TELEPÜLÉS	ÜZEMBE HELYEZÉS / ÁTÉPÍTÉS ÉVE	ESÉS-KÜLÖNBSÉG [m]	MEGJEGYZÉS
Tisza	Tiszalök	1954	5	
Tisza	Kisköre	1975	10,6	Halátjáró 2014
Hernád	Gibárt	1908	4,4	
Hernád	Felsődobosza	1912	4	
Hernád	Kesznyéten	1943	13,5	
Rába	Alsószölnök	1960	5	
Rába	Csörötnek	1919/1990-től áll	3,5	Halátjáró
Rába	Körmend	1930	4,1	
Rába	Ikervár	1923/1995	6,2	Halátjáró 2011
Rába	Nick/Kenyeri	1932/2007	5,55	Halátjáró 2009
Kis-Rába	Kapuvár		2,7	
Pinka	Felsőcsatár	1918/1950	2,05	Halátjáró 2014
Pinka	Vaskeresztes	1917/1954	2,1	
Pinka	Pornóapáti	1920/1951	5,09	Halátjáró 2012
Pinka	Szentpéterfa	1939/1951	3,7	
Répcse	Chernelháza-damonya-felső	1927/1951	1,8	
Répcse	Chernelháza-damonya-alsó	1927/1951	1,8	Halátjáró építés előtt
Gyöngyös-patak	Lukácsháza	1952	3,2	
Gyöngyös-műcsatorna	Gencsapáti-felső	1952	2,4	
Gyöngyös-műcsatorna	Gencsapáti-alsó	1954	2,4	
Gyöngyös-műcsatorna	Szombathely-Gyöngyöshermán	1952	1,9	

Gyöngyös-műcsatorna	Szombathely-Bogát	1952	12,6	
Gyöngyös-műcsatorna	Tanakajd	1950	2,2	
Gyöngyös-műcsatorna	Vasszécseny	1919/1959	3	
Gyöngyös-műcsatorna	Sárvár-Újmajor	1960	1,8	
Lajta	Márialiget (Hegyeshalom)	1950	2,4-3,2	Halátjáró folyamatban
Séd	Hajmáskér-Kremó	1939	4,4	
Jósva	Jósvafő			
Soroksár-Ráckevei Duna-ág	Budapest Kvassay hajózsilip	1911 1926	4,6	
Soroksár-Ráckevei Duna-ág	Budapest Tass hajózsilip	1927 1956 tönkrement		Elválasztó pillérbe épült halátjáró

A vízerőművek mellett a halak és más vízi szervezetek antropogén veszélyeztetései a következők:

- szennyvízterhelés, mezőgazdasági eredetű terhelés, imissziós hatások,
- a vízépítési munkákat követő élettér-csökkenés, változás, illetve megszűnés,
- a hosszmenti átjárhatóság megszüntetése átjárhatatlan akadályok miatt,
- az extrém halgazdálkodási hasznosítás.

Mindezek közül a duzzasztók jelentenek a vándorlás szempontjából legkedvezőtlenebb hatással jellemezhetőket.

A hossz-szelvény menti – lineáris – átjárhatóság megszüntetése mellett a duzzasztást követően a folyó hidraulikai és morfológiai változásai további veszélyeztetést jelentenek a vízi élő szervezetekre:

- A duzzasztás hatására a kereszt-szelvényben a vízsebesség lelassul, megváltoznak az áramlási viszonyok.
- A tározótérben kiülepedő finom üledék beborítja a korábbi mozaikos, különböző szemcseméretű aljzatot.
- A hordalékmozgás megszűnésével az intersticiális élettér lecsökken, elveszik.
- Az intersticiális réteg átáramlása lelassul, csökken az oldott oxigén bevitel; a kiülepedő szerves anyag anaerob lebomlása kezdődik meg, ami különösen eutróf vizek esetében rothadó iszap keletkezéséhez vezet.
- Az áramlási sebesség lecsökkenésével nő a víz tartózkodási ideje, a tározótér áramlásmentes részeiben nő a vízhőmérséklet.

- A víz felmelegedésével csökken az oxigénmegkötő képesség, a hiányzó turbulencia tovább csökkenti a víz oxigénfelvételét, ezek következménye oxigénhiány is lehet.
- A tározótérben a lecsökkent áramlási sebesség, a megnövekedett tápanyagbevitel kedvez a vízinövények elszaporodásának, ami gyakran algavirágzást vagy a lágyszárú növények tömeges elszaporodását eredményezheti. A nagytömegű növényzet fotoszintetikus tevékenységének hatására, különösen nyáron megnő a víz pH-értéke, ami halpusztulás veszélyét hordozza magával; ősszel a nagytömegű növényzet pusztulását követő lebomlási folyamatok oxigénhiányt, halpusztulást eredményezhetnek.
- A víz átvilágítottsága a nagyobb vízmélység miatt csökken, a bevonatlag nem tudnak elszaporodni.
- A szerves anyagok megnövekedett ülepedésének következtében a folyó-kontinuitás energiaárama összeomlik. Ennek következtében a folyóvizekre jellemző anyagcsere-folyamatok megváltoznak.

Ezek a vízépítési munkákhoz kapcsolódó folyóvízi élettérváltozások kedvezőtlenül befolyásolják a biocönózisokat:

- Az áramláskedvelő (reofil) és nagy oxigénigényű szervezetek a tározótóban életterük jelentős részét elveszíthetik.
- A kavicsos aljzaton ívó halak és az ebben az élettérben élő egyéb szervezetek, fenékjáró halfajok nem találnak megfelelő életkörülményeket.
- Az algabevonaton kialakuló táplálékszervezeteket fogyasztó fajok, pl. a paduc vagy egyes gerinctelenek elvesztik táplálékukat.
- A megváltozott gerinctelen fauna miatt a halak táplálkozási feltételei korlátozottakká válnak.
- Az élettér jelentős elvesztése a populáció korösszetételben is változást okozhat, ami a faj vagy a helyi állomány fennmaradását veszélyeztetheti.

9. A HALÁTJÁRÓK TERVEZÉSÉNEK ÁLTALÁNOS KÖVETELMÉNYEI

A folyók hosszirányú átjárhatóságának biztosítása ökológiai szempontból nagy kihívást jelent. Kívánatos elérni és általánosan megfogalmazható, hogy a korábbi átjárhatóságot helyre kell állítani. A vízrendszerek kereszt- és hosszirányú átjárhatóságának helyreállítása során ökológiai szempontból ajánlatos a holtágak, másodlagos biotópok (anyaggyűjtő helyek tavai stb.) összekötése. A hosszirányú átjárhatóság kérdése független a meglévő kiépítettségi állapottól, a vízminőségtől, a hasznosítások módjától. Számos példa mutatja, hogy a vizek terhelése, hasznosítása rövid idő alatt megváltoztatható, és az antropogén hatások háttérbe szorulnak. A hosszirányú átjárhatóság helyreállítása olyan vízfolyások esetében is óriási jelentőséggel bír, melyeket jelenleg még egy szegényes ökológiai érték jellemez. A helyreállítás során alapvető a vízrendszerben, hálózatban való gondolkodás, de az egyes beavatkozások is nagyon hatékonyak lehetnek.

A vízi élőlények számára a meglévő művek, művi beavatkozások vízlépcsők, betoncsatornák, völgyzáró gátak legyőzése nagy akadályokba ütközhet. A halátjáró – halút – megtervezése a meglévő művek kritikus elemzésével kezdődik, hiszen a halátjáró a helyreállítás során a

„második legjobb megoldás”. Általában a kisvízfolyásokra jellemzőek a korábbi hasznosítás során fennmaradt kisebb duzzasztók, malomárkok, kultúrtavak, melyek akadályt jelentenek a hosszirányú átjárhatóság szempontjából. A tervezés során figyelembe kell venni a már meglévő értékes vizes élőhelyeket, beleértve azokat is, melyek a kultúrtáj részei. Az általános követelményrendszer magába foglalja új műtárgyak építhetőségének vizsgálatát, meglévő létesítmények értékelését, halátjáró utólagos beépítésének lehetőségét.

Az általános alapelvek ellenére minden műtárgyat külön kell vizsgálni és arra külön megoldást kell keresni. Elsődleges szempont a korlátozás megszüntetése, amennyiben az nem lehetséges, vizsgálni kell a hosszmenti átjárhatóság biztosításának optimális lehetőségeit.

9.1 Elhelyezés

Szabad folyás esetén a teljes keresztmetszvény rendelkezésre áll a vízi élőlények vándorlásához, míg halátjáró esetén ennek egy igen kis része. A gyakorlatban a halátjárók kiépítésére általában csak korlátozott lehetőség van mind hidraulikai, mind ökológiai szempontból, ezért is bír különleges jelentőséggel a halátjáró helyének megválasztása.

A halaknak és a vízi szervezeteknek áramlással szembeni vándorlása általában a sodorvonalban vagy annak mentén történik. Azért, hogy a vándorló vízi élőlények a halátjárót megtalálják, azt a part azon oldalán kell megépíteni, ahová a sodorvonal kitér.

A vízerőművek esetében a legjobb elhelyezés az erőtelep partoldali része, a belépés a turbinák kiömlő nyílásainak térsége. A duzzasztó és az erőtelep közötti holt térben a vándorlásra hajlamos halak összegyűlnek. A túl mélyen az alvízbe benyúló belépőtér megnehezíti annak megtalálását. A legtöbb esetben az ilyen megoldás csökkenti a halátjáró hatékonyságát.

Az oldalcsatornás erőművek esetében halátjáró szükséges az erőtelep alvizének és felvizének összekötésére, általában az erőtelep mellett. A főmeder vízellátásának biztosításához is ajánlott halrámpa beépítése. Mivel a főmederben folyó vízmennyiséget duzzasztóval szabályozzák, értelemszerűen e mellé kell a rámpát megépíteni. A rámpa a közepes vízhozamok átvezetésére is szolgálhat. A fentiek figyelembevételével ökológiai szempontból két halátjáró megépítése szükséges.

9.2 Alvíz

A vízi élőlények tájékozódása számára az áramlás döntő szerepet játszik. A halátjárón felúszni kívánó halak mindig az áramlással szemben úsznak (pozitív reotaxis). A felúszás azonban nem szükségszerűen mindig a fő sodorvonalban történik, hanem az úszóképesség függvényében a sodorvonal mentén. Amennyiben a vándorlást egy záróműtárgy akadályozza, a halak az alatt egy mellékáramlást keresnek, hogy fel tudjanak úszni, de még mindig a pozitív reotaxis tartományban. Ezért van szükség a megvezető áramlásra – csalivízre –, ami a halakat a halátjáróra felvezeti.

A megvezető áramlást – csalivizet – a vízi élőlényeknek érzékelni kell és a csalivíz áramlási sebességének a halátjáró esetében 0,8-2 m/s tartományban kell lennie.

A halátjáró bevezető részét ott kell kialakítani, ahol a vándorló halak az áramlási viszonyoknak és a műtárgy kialakításának megfelelően gyülekeznek. Ez a hely általában a turbinanyílások,

illetve a duzzasztó felső élének térsége. Itt kell kialakítani a csalivizet – mellékáramot – annak érdekében, hogy a halak megtalálják a halátjárót.

A halátjáró belépését lehetőleg a sodorvonallal párhuzamosan, a part mellett kell kialakítani, hogy a halak a vándorlási irányuk változtatása nélkül tudjanak a halátjáróba úszni. A sodorvonalba túl mélyen benyúló bevezetés csökkenti a halátjáró „megtalálhatóságát”.

A csalivíz kitorkollását az alvízi oldalon minél lejjebb helyezzük el, hogy a halak a mellékáramlást észleljék. Modellkísérletek igazolták, hogy a belépési szög max. 45° lehet. Meredekebb becsatlakozás esetén a part áramlászavaró hatása miatt a part mentén felúszó halak nem érzékelik a csalivizet.

9.3 Felvív

A halátjáró felvízi elvezetésének olyan hosszan kell benyúlnia a turbinák vagy a duzzasztó elé, hogy a felúszó halak ne sodródhassanak le. Legalább 5 m-es távolságot kell betartani. Amennyiben a felvízi vízsebesség meghaladja a 0,5 m/s-ot, akkor a felvízen meghosszabbításként terelőfalat kell beépíteni.

A szükséges mértékű csalivizet a felvízről vagy az egyik pihenő tó, medence irányából nyílt vasbeton csatornán vagy csővezetéken keresztül kell a halátjáró torkolati szakaszára vezetni olyan módon, hogy a halátjárón érkező vízhozammal együtt megfelelő mellékáramot képezve a megtalálhatóságot biztosítsa.

Az állandó duzzasztási szintnél a felvízi oldal kialakítása általában könnyen megoldható. Változó duzzasztási vízszint esetében olyan műszaki megoldást kell alkalmazni, hogy a működőképesség fenntartható legyen. 0,5-1,0 m vízszintingadozás esetén réselést szakasz elégséges. Ennél nagyobb ingadozás esetén több, különböző szintű kilépési szelvényt kell kialakítani.

A bentosz-szervezetek vándorlását megkönnyíti a felső szakaszon elhelyezett természetes mederanyag vagy a partél rámpa formájú kialakítása.

Az árvizek kizárására, a fenntartási munkák, illetve a monitorozás végzésére a rendszer víztelenítése betéttáblákkal is megoldható. A műtárgy hosszának meghatározásánál a rajta keresztül vezetett út helyigénye mellett figyelembe kell venni a halátjáró-funkció hatékonyságának ellenőrzésére szolgáló varsa elhelyezhetőségét. Itt a legcélszerűbb a megfigyelő ablak kialakítása is. A halátjáróban a vizsgálatok elvégzéséhez a vízszintcsökkentést úgy kell elvégezni, hogy a halak életfeltételeihez elégséges vízmélység rendelkezésre álljon. Ehhez legtöbb esetben javasolható a felvízi szakaszon résel halátjáró kialakítása. Maximum 0,5-1,0 m felvízszint-ingadozás esetén ez a megoldás egyéb szabályozás nélkül is biztosítja a megfelelő vízhozam-korlátozást. A vízkivétel kialakításának olyannak kell lenni, hogy a kisvizek idején se maradjon víz nélkül a rendszer, ami a megkerülő csatorna esetében nemcsak a halak átjárhatósága miatt fontos, de a gerinctelen bentoszfaua vándorlása miatt is.

A halátjárók működőképességét jelentősen lerontani képes uszadék megfogására felszíni uszadék terelő, illetve ritka rácskiosztású gereb beépítése javasolható.

9.4 A halátjáró vízhozama és áramlási viszonyai

A halátjárón a kisvízi hozamoknál is elégséges víznek kell rendelkezésre állnia a vándorló halak számára. Ez különösen az erőmű nélküli duzzasztókra vonatkozik. Jelentős vízhozam esetén széles halrámpa kiépítése javasolt. Ebben az esetben viszont figyelembe kell venni az árvízi viszonyokat is, és amennyiben lehetséges, csökkenteni kell a halátjáróra jutó nagyvizeket.

Az összes vízi szervezet számára, függetlenül úszóképességüktől fontos, hogy a halátjáróban az áramlás lehetőleg turbulenciamentes legyen. Irányadó, hogy a medencében a teljesítménysűrűség a 150-200 W/m³-t ne lépje túl.

Az áramlási sebességet a medencékben úgy kell méretezni, hogy a szűkületekben ne lépje túl a 2 m/s-ot. A halátjáróban fellépő középsebességeknek azonban ennél lényegesen alacsonyabbnak kell lennie. Kedvezőek azok a műszaki megoldások, amelyeknél pihenőmedencéket alakítanak ki azért, hogy a gyengébb úszóképességű halak a vándorlást megszakíthassák. A halátjárókban a durva aljzat csökkenti a fenéken kialakuló sebességeket.

9.5 Hosszúság, meredekség, pihenőmedencék

A halátjárók méretezéséhez tartozik többek között a lejtés, a szélesség, a hosszúság, a vízmélység, valamint az átérésztőképesség és a pihenőmedencék. A méretezés minden esetben a konstrukció típusától függ, a minimális méreteket, adatokat a példák tartalmazzák.

A halátjárók méretezésénél különleges jelentősége van a természetes halfauna ismeretének, a vízben előforduló vándorló halfajok méreteinek, testhosszúságuknak. A felnőtt halak átlagos testhosszúsága 0,4-2 m között változik (ingola - harcsa). Egy 6 m-re is megnövő víza esetében azonban már más megoldást kell alkalmazni.

A halátjárók tervezésének kiindulási alapja a vándorlásban résztvevő várható leghosszabb hal átlaghossza, valamint a megengedhető Δh vízszintkülönbség. Kerülni kell a zúgók, vízesések kialakulását.

A halátjáró hosszának méretezésekor figyelembe kell venni a természetes halfauna koreloszlását is. A halak úszási sebességével kapcsolatban a kutatások rendkívül eltérőek, sőt ellentmondásosak. A tervezéskor a fő szempont ilyenkor is a teljesítménysűrűség, és a leggyengébb úszóképességű és fiatal halak figyelembevétele.

A halátjáróknak tartalmazni kell pihenő medencéket, ahol a halak a vándorlásukat meg tudják szakítani. Ezeket különböző műszaki megoldásokkal lehet elérni. Ahol nem kerül kialakításra medence, ott a halrámpán kell turbulenciamentes helyeket kialakítani, de 2 m-es szintkülönbség után célszerű egy pihenőmedencét is kialakítani.

9.6 A mederfenék kialakítása

A halátjárók fenekét legalább 0,2 m vastag - lehetőleg a vízfolyás típusához illeszkedő - durva mederanyaggal kell borítani. Vízépítési szempontból a durva anyagnak erózióállóknak kell lenni, de ügyelni kell arra, hogy az anyag természetközeli legyen, változó szemcsemérettel és mozaikszerű kialakítással, áramlásmentes helyekkel. Itt tartózkodnak majd a kisebb és fiatal egyedek, valamint a gerinctelen bentoszfaua. A durva fenék kialakítása a gerinctelen

bentoszfauna szempontjából rendkívül fontos, e nélkül a halátjáró az ökológiai kívánalmaknak nem felel meg.

9.7 Megvezető áramlás (csalivíz)

A halátjáró működőképessége nemcsak a létesítmény átjárhatóságától, hanem döntően attól függ, hogy a halak megtalálják-e a halátjáró bejáratát. A halátjáró megtalálása függ a halátjáró elrendezésétől, az áramlási viszonyoktól, valamint a rávezető, illetve csalivíz kialakításától. Ennek megfelelően a csalivíz hozama jelentős lehet, hatással van a termelt energiára, ezért azt a tervezés és létesítés során minimalizálni akarják. Bizonyos esetekben, amennyiben a vízmennyiség rendelkezésre áll, nem szükséges a csalivíz rendszer külön kialakítása, hiszen a halátjárón átvezetett nagyobb hozamok lehetővé teszik a halak számára a rendszer érzékelését.

A fentiek figyelembevételével kerülnek kialakításra a csalivíz rendszerek, egyrészt, hogy csökkentsék a halátjáró vízfelhasználását, másrészt hogy a halak nagy biztonsággal érzékeljék a halátjáró bejáratát. A csalivíz mennyiségének bevezetése és a bevezetés kialakításának módja azonban rendkívüli körültekintést igényel. Egyrészt a halaknak érzékelni kell az áramlást, másrészt viszont az így keltett áramlás nem zavarhatja meg azokat. Mivel a halak vándorlás közben leggyakrabban a part mellett húzódó sodorvonal mentén haladnak, a torkolatnál egy öböl kialakítása kedvező. Az öböl kialakítása lehetővé teszi azt is, hogy a csalivíz vezeték bevezetésénél kedvező áramlási feltételeket alakítsunk ki.

A csalivíz hatásának fokozására irányuló megoldás alapelve, hogy egy nagyobb energiájú csalivízzel nagyobb vízmennyiségeket mozgassunk meg az alvízen, előállítva a szükséges vízsebességeket, ezzel jelezve a halaknak a halátjáró bejáratát.

Megoldást jelenthet, hogy a többlet vízhozamot egy csalivíz segéd turbinán átvezetve itt is energiát termelnek. Ez kisebb hatékonyságú ugyan, mintha a fő erőművön történne a megtalálhatóság szempontjából kívánatos mértékű vízhozam hasznosítása, de csökkenti a veszteséget.

Víztakarékos megoldásként a szükséges mértékű csalivíz vízhozam szakaszos üzemmél is biztosítható. Ebben az esetben a halfaunisztikai vizsgálatokban meghatározott, mértékadó időszakok figyelembevétele szükséges.

A többlet csalivíz egyéb célú hasznosítási lehetősége a vadvízi evezős (rafting) pálya kialakítása és üzemeltetése.

9.8 Üzemeltetési időszakok

A hazai halfajok vándorlása különböző évszakokban történik. Míg a pontyfélék több fajának vándorlása tavasszal és nyáron erőteljesebb, addig a pisztrángfélék iverési vándorlása a téli félévre esik. A gerinctelen bentosz-élőlények vándorlása az egész vegetációs periódusra kiterjed. A legtöbb gerinctelen bentosz-faj sötétedéskor és éjjel aktív, míg a halfajoknál ez változó, az évszaktól is függ. Ebből következik, hogy a halátjárónak egész évben működőképesnek kell lennie. Kisvízi és árvízi időszakban azonban a halátjáró hatékonysága csökken, de ilyenkor a halak aktivitása is kisebb.

Üzemeltetési szempontjából a 24 órás folyamatos üzemeltetés a legmegfelelőbb, hiszen a kevésbé mozgékony gerinctelenek a kiszáradást még rövid ideig sem tudják elviselni.

9.9 Fenntartási, karbantartási munkák

A halátjáró koncepciójának kidolgozásakor már figyelembe kell venni, hogy azon fenntartási, karbantartási munkákat is kell végezni. Ennek elmulasztása gyakran jelentősen csökkenti a halátjáró hatékonyságát. Az uszadék eltávolítása, a be- és kiömlő terek tisztítása ismétlődő feladat. A halátjárókat úgy kell kialakítani, hogy azok jól megközelíthetők, bejárhatók legyenek. Árvíz után a halátjáró működőképességét minden esetben ellenőrizni kell. A mérő- és megfigyelő helyek, a megfigyelő ablak tisztántartása elsőrendű feladat.

9.10 A létesítmények zavartalan üzemvitele és védelme

Javasolt a halátjáró térségében a halfogást halgazdálkodási hatósági előírással megtiltani. Kerülendő ebben a térségben a fürdés, vízisportok üzése. A halátjárót teljes körűen csak az üzemeltetést végző személyzet, az ellenőrök és a tudományos kutatók közelíthetik meg. A halátjáró működésének ismertetésére ugyanakkor lehetőség szerint nagy hangsúlyt kell fektetni. Egyes hallépcsők turisztikai attrakciót is jelenthetnek, természetesen a halak zavartalan vándorlásának biztosítása mellett.

Megfigyelő, ellenőrző ablak beépítése esetén azt el kell sötétíteni, javasolt a tükörfüveg beépítése. A létesítmény e részét az érdeklődők számára hozzáférhetővé kell tenni.

Amennyiben a halátjáró térségében vízi munkát végeznek, a halátjáró hatékonyságát a munkák befejezése után ellenőrizni kell.

9.11 Tájba illesztés

A halátjárót lehetőség szerint a tájba kell illeszteni, de ez nem mehet a hatékonyságának rovására. Figyelembe kell venni a helyi adottságokat, lehetőség szerint természetközeli anyagokat és építési módot kell választani. Lehetővé kell tenni a helyi vegetáció betelepülését, ami biztosítja az egyes élőlények búvóhelyét és egyben árnyékolja a halátjárót.

10. TERMÉSZETKÖZELI HALÁTJÁRÓK

Általában a természetes, helyben megtalálható anyagok felhasználása indokolt annak ellenére, hogy bizonyos feltételeket be kell tartani. Általános megoldás azonban nem adható. A természetes anyagok használata mellett a halátjáró tájba illesztéséről is gondoskodni kell. A természetközeli halátjárók kategóriájába tartoznak:

- halrampák/fenekküsöbök,
- megkerülő csatornás halátjárók,
- medencés kőküsöbös halátjárók.

Az építés során ezek variációja is megvalósítható. A hidraulikai számításokat, példákat külön fejezet tartalmazza.

a) Halrampa/fenekküsöb

Teljes mederszélességekben kialakított vagy a vízilétesítménybe beépített, lehetőleg enyhe esésű, durva felszínű mederfenék. A vízsebesség csökkentésére áramlástörő köveket kell beépíteni. Célszerű támasztótesteket, köveket alkalmazni.

b) Megkerülő csatornás halátjáró

A létesítmény megkerülése egy természetközeli, áramlástörő kövekkel ellátott oldalággal. Ezzel a teljes duzzasztási szintkülönbség átjárható.

c) Medencés kőküszöbös halátjáró

Átjárhatóságot a halátjáróba épített közbenső kőküszöbök segítségével kialakított lépcsők és medencék biztosítják.

10.1 Halrámpa

10.1.1 Működési elv

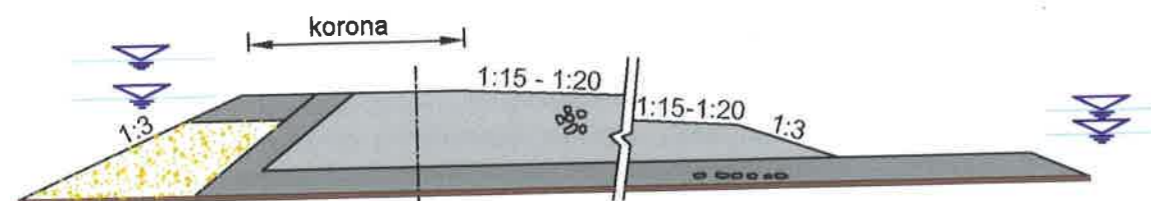
A halrámpa működési elve, hogy a magasságkülönbséget az élőlények a meder esésviszonyainak enyhe változtatásával győzik le. Erre esetenként elégséges a meder stabilizálása is. Az érdesség helyreállítása a legjobb megoldás, ami egyben biztosítja a folyó hosszmenti átjárhatóságát.

A halrámpa kialakítását maga a természet kínálja fel, hiszen ilyen változatos struktúra figyelhető meg a patakok felső szakaszán.

A halak áthaladásához szükséges vízmélység és vízsebesség biztosításához a halrámpák esetében is áramlástörő köveket, kaszkád rendszerű kőzárásokat alkalmaznak.

A halrámpa szélessége elsősorban a halátjáró mértékadó vízhozamától függ. Nagy vízhozamoknál, árvíznel fontos a halrámpa állékonyságára történő méretezés.

A halrámpa esése 1:3 – 1:30 közötti, a vándorló halfajok függvényében. A rendkívül nagy esésű 1:3 halrámpát különleges esetekben alkalmaznak. A szakirodalom megkülönböztet meredek halrámpát (1:10 – 1:15), illetve lankás halrámpát (1:15 – 1:30). A 60 m hosszú dunakiliti fenékküszöb/halrámpa kialakítását mutatja az alábbi ábra:



Bizonyos esetben az akadály egy része átalakítható korlátozott szélességű ún. durva felületű halrámpává, ami biztosítja nemcsak a halfauna vándorlási lehetőségét, de a vízi élőlények jelentős csoportjának is kedvező mozgási feltételeket biztosít. A halrámpák a meglévő duzzasztókhoz utólag is beépíthetők.

10.1.2 Kialakítás

10.1.2.1 Rámpatest

Az alépítmény általában laza zúzott anyagból áll a szivárgási elveknek megfelelő rétegződéssel, geotextília vagy egyéb szigetelő anyag alkalmazásával a szivárgási veszteségek csökkentése érdekében. A többrétegű halrámpa ugyan költségesebb, de állékonyabb, és a fenntartása könnyebb. A betonból készített rámpatestbe a beton megkötése előtt kövek, durva kavics elhelyezésével kell növelni az érdességet.

A halrámpák gyakori építési módja a kőzárásokkal kialakított medencék sorozata, a kaszkád jellegű halrámpa. A medencéket hagyni kell, hogy természetes hordalékkal feltöltődjenek, így természetes dinamizmus alakul ki a medencékben. A homokos medrű vízfolyások esetében a medencékben kavicsszórást kell alkalmazni a nagy kimélyülések elkerülésére. Az így kialakított halrámpa egy kőszórásos, zárásokkal szabdaltnak felel meg.

A laza kőszórású rámpatest esetében problémát jelenthet, hogy kisvízes állapotoknál a szivárgási veszteség olyan nagy, hogy a rámpakorona szárazra kerülhet. Ennek elkerülésére a finom hordalékban szegény vizek esetében homok és kavics adagolása szükséges a megfelelő réteg gyors kialakítására.

Változó vízhozamok esetében ajánlatos a rámpatestet ék-, illetve parabola formájúra kiépíteni, hogy kisvizek esetében is megfelelően működjön, nagyvizeknél pedig a kiterülő széleken alakulhatnak ki kisebb vízsebességek és mélyedések.

10.1.2.2 Építési mód

A következő építési módokat különböztetünk meg.



a.) zárt kőmű



b.) laza kőszórás



c.) vegyes építési mód

a.) *Zárt kőmű (klasszikus, meredek rámpa)*. A rézsű esése 1:10. A 0,6-1,2 m méretű kövek egymás mellé szorosan, esetenként horgonyzással kerülnek beépítésre. Az alépítmény, a szűrőréteg helyi anyag vagy kavicságy, esetleg többretegű homokszűrő ágy. Az alépítmény méretezése a szokásos eljárással történik. Az érdesség egyenletes, az építmény masszív, amihez kőszórásos utófenék szükséges. Az utófenék viszonylag rövid, 3-5 m hosszú. Az építés általában száraz mederben történik.

b.) *Laza építés, kőszórásos eljárás*. Ökológiai szempontból kedvezőbb, mint a zárt kőmű. Az ilyen mű a teljes vízi fauna számára átjárható. A rámpa többretegű kőszórásból áll, a rétegvastagság legalább a maximális kőátmérő kétszerese. Az érdesség nagyméretű vízépítési terméskővel szabályozható, így a felületi struktúra rendkívül változatos lesz. Az utófenék minimum 3-5 m hosszú, a rámpa enyhébb esésű meghosszabbítása. Alépítmény szükséges. A mű építése kisebb költségigényű.

c.) *Vegyes építési mód*. Először a nagyobb vízépítési köveket, sziklát helyezik el a mederben. Átmérőjük 0,6-1,2 m. Hegyi patakok esetében viszonylag mély – 2,5 m – alapozás szükséges. A köveket úgy kell elhelyezni, hogy azok egymást megtámasszák. Az állékonyság növelése érdekében acélcölöpök alkalmazására is szükség lehet. A kövekből kialakított medencéket azután feltöltik homokos, kavicsos anyaggal, és a természetes vízdinamika az anyagot elrendezi. Ügyelni kell arra, hogy a medencék szintkülönbsége ne haladja meg a 0,2 m-t. A felületi struktúra sokrétű, mindkét irányban jól átjárható, viszonylag alacsony költségigényű.

10.1.2.3 Helyszín

A halrámpák általában a part mellett helyezkednek el. Elrendezésükre gyakran lehetőséget ad a meglévő műtárgy átalakítása vagy felhagyott árapasztók megléte.

Fix bukók vagy mozgatható elemekkel felszerelt duzzasztók esetében gyakran szükséges egy erős fal kiépítése a halrámpa oldalsó lehatárolására. Kisebb duzzasztási szint esetén a holtterek elkerülésére a halrámpát oldalt meg lehet nyitni.

Amennyiben a teljes vízhozamot a halrámpán keresztül vezetik le, csalívíz gyakorlatilag nem szükséges. A duzzasztó felvízi részéhez a halrámpa közvetlenül csatlakozik, külön bevezető műtárgy nem szükséges.

10.1.2.4 Hossz-szelvény

A zárt kőművek esése 1:8 – 1:10 körüli, míg a laza, illetve vegyes építés esetén a mű esése enyhébb, 1:15 – 1:30. Zárt kőművek esetén az 1:10 esés már nagyobb vízsebességeket eredményez, sok halfaj, illetve bentosz-szervezet átjárhatóságát korlátozza. Ezen segít a partmenti kialakítás, ahol kisebb vízsebességek állíthatók elő. A közepes vízmélység a kisvizelnél nem lépheti túl a 0,3-0,4 m-t. Áramlászavaró kövek elhelyezése, nyugodtabb

vízfelületek kialakítása kívánatos. A halrámpa számára megengedhető maximális vízsebesség 2 m/s.

A 30 m-t meghaladó halrámpák esetében hosszabb, enyhébb esésű szakaszok, mélyebb pihenőhelyek kialakítása ajánlatos.

10.1.2.5 Áramlászavaró kövek

Az 1:10 – 1:30 közötti esésviszonyok mellett a durva felszínű halrámpa esetében nem mindig biztosítható a megfelelő vízsebesség. Ezért különböző lefolyási akadályokat kell beépíteni, melyek csökkentik a vízsebességet és növelik a vízmélységet. Nagyméretű kövek alkalmazása jelenti itt is a megfelelő megoldást,

- egyes nagyméretű áramlástörő kövek beépítése, amelyek növelik a rámpa érdességét, egyben pihenő helyeket is biztosítanak,
- szabálytalan kőküszöbök a halrámpa teljes szélességében, melyeken a víz átfolyik vagy átbukik, és így egy medence-kaszád struktúra alakul ki.

A kőlépcsők – küszöbök – további előnye, hogy a kialakult medencékben a vízmélység kisebb vízhozamok mellett is elégséges, illetve alkalmas a finom üledék visszatartására.

10.1.2.6 Rézsűbiztosítás

A nagyobb sebességek miatt a halrámpák esetében a rézsűbiztosítást szakszerűen kell megoldani. Különösen fontos ez a működőképesség fenntartása érdekében az áramlástörő kövek és a kőlépcsők környezetében. A rézsűbiztosítás történhet kőszórással vagy kövezéssel, amit a középvízszint fölé kell kialakítani. Az e fölötti biztosítás már történhet növényzettel vagy kombináltan.

10.1.2.7 Utófenék biztosítás

A rámpalábnál történő kimosódások, a nagyobb vízsebességek a halrámpa állékonyságát veszélyeztetik. Az utófenéket mindenképpen biztosítani kell, ami lehet többszörös kőszórás, szűrő beépítésével.

Az utófenék biztosítása az erózióra nem érzékeny vízfolyások esetében 3-5 m, míg az erózióra érzékeny vízfolyásoknál a javasolt érték a rámpamagasság 7-10-szerese. A beépített anyag szemcseeloszlását az előírásoknak megfelelően figyelembe kell venni. Ajánlatos továbbá vízláda kialakítása is.

Az egyes küszöbök alatt a partvédelem és a természetes energiatörés érdekében a partok vonalvezetését hagymaszerű kiöblösödéssel célszerű kialakítani.

10.1.3 Halrámpa különleges megoldások

10.1.3.1 Érdesített csatorna halrámpa

Az ún. érdesített csatorna a halrámpa és egy medencés és kőküszöbös halátjáró kombinációja azzal, hogy a csatornában a keresztgátakat élére állított kövekből, szikladarabokból építik meg. Ezzel lényegesen nagyobb vízmélységek állíthatók elő és a maximális 1:10 esésviszonyok érhetőek el. Ennél a megoldásnál is érvényes azonban az az alapszabály, hogy a Δh

vízszintkülönbség nem lehet nagyobb, mint 0,2 m, a megengedett vízsebesség pedig $v_{\max} = 2,0$ m/s. Az érdes csatornákat általában egy erős falazott vagy betonfallal választják el a duzzasztótól.

Ez az építési mód a sebes – ritrális – vízfolyásoknál ajánlatos helyszűke esetén. A csatorna szélessége nem lehet kevesebb, mint 1,5 m, a kőlépcsők közötti távolság 1,5-2,5 m. A minimális vízmélység $h = 0,4$ m.

A csatornamedret csak nagyon nagy árvízterhelés esetében szükséges betonból készíteni, kedvezőbb a kőszórással kialakított meder.

A keresztgátak kialakításához karcsú, nagyobb pattintott sziklák beépítése javasolt. A terheléstől függően a sziklákat 0,4 m mélyen ajánlatos a kőszórással megerősített mederbe ágyazni. A helyi viszonyoktól függően alapozásként a betonozás is számításba jöhet. A sziklákat úgy kell beépíteni, hogy azokat a víz körülmossa. A kövek közötti nyílások nem lehetnek kisebbek, mint 0,2 m azért, hogy a nagyobb halak is át tudjanak jutni, illetve a mű ne tömődjön el gyorsan uszadékkal. Törekedni kell arra, hogy a kövek beépítése sakktableszerű legyen, elkerülve az áramlási „rövidzárlatokat”.

Az ilyen nem szabványos műveket csak többszöri próbaüzem és átalakítás, a kövek, sziklák korrigálása után lehet véglegesen átadni, üzembe helyezni.

10.1.4 Általános megítélés

Ökológiai szempontból a halrámpa az egyik legjobb műszaki megoldás, gyakorlatilag az összes vízi élőlény számára biztosítja mindkét irányban az átjárhatóságot. Kialakításánál a művi anyagokat – betont – kerülni kell. A fenntartási költségek viszonylag alacsonyak, az uszadékot és a növényzet egy részét kell eltávolítani, árvíz után helyreállítási munkákkal kell számolni.

A természetközeli módon megépített halrámpák.

Előnyei:

- a viszonylag alacsony fix gátakhoz utólag jól megépíthető,
- átjárható a kistestű és fiatal halak, valamint a gerinctelen bentikus fauna számára,
- jól tájba illeszthető,
- alacsony fenntartási igény az egyéb művekkel szemben,
- alacsony dugulási lehetőség, az uszadék fennakadása nem befolyásolja azonnal a működőképességet,
- jó csali-hatás, gyors megtalálhatóság,
- a reofil fajok számára jó megoldás.

Hátrányai:

- érzékeny a változó felvízszintre,
- nagy átfolyó vízigény,
- helyigény.

10.2 Megkerülő csatornák

10.2.1 Működési elv

A megkerülő csatorna elve, hogy az akadály mellett egy természetközeli meder kerül megépítésre. Ez a halátjáró típus a már meglévő duzzasztók esetében ajánlott, mivel ez nem vonja maga után a duzzasztó átépítését.

A megkerülő csatornába általában a fővízfolyás vízhozamának egy részét vezetik. Kisvízfolyásokon, különleges esetekben, amikor a duzzasztó alapfunkcióját már megszüntették, gyakorlatilag a teljes vízhozamot vagy a vízhozam egy meghatározott részét, például a középvizeket a megkerülő műre vezetik. A duzzasztó ebben az esetben, mint árapasztó műtárgy szolgálhat tovább.

A megkerülő csatornás halátjáró nagy hátránya a jelentős helyigény. Éppen ezért alkalmazhatósága nagymértékben függ a helyi viszonyoktól. Egy ilyen meder kialakítása viszont lehetővé teszi a természetközeli kiépítést, illetve a megfelelő tájba illesztést.

A megkerülő csatorna a kiépítettségtől függően nemcsak a halak, hanem szinte az összes vízi élőlény számára átjárhatóságot biztosít. Mivel a csatorna kiinduló pontja a duzzasztási határ közelében is lehet, az áramlási viszonyok a fő vízfolyáshoz képest szinte változatlanok, ami a helyi flóra és fauna szempontjából kedvező.

10.2.2 Kialakítás

A megkerülő csatornák építése kapcsolódik a természetközeli vízépítési munkákhoz. Az esésviszonyok miatt gyakran mederstabilizálás, partbiztosítás szükséges, valamint olyan megoldások alkalmazása, melyek csökkentik a vízsebességet. A kialakításhoz a meglévő vad patakok szolgálatathatnak mintát.

Méretezés szempontjából a minimális követelmények az alábbiak:

- Esésviszonyok: lehetőleg $I < 1:100$, de maximum 1:20, a vízfolyás típusától függően,
- Mederszélesség: $B > 0,8$ m,
- Ajánlott vízmélység: $h > 0,2$ m,
- Közepes vízsebesség: $v_k = 0,4 - 0,6$ m/s. (A vízmélység és a közepes vízsebesség függ a vízfolyás méretétől és jellegétől.),
- Maximális vízsebesség: $v_{\max} = 1,6-2,0$ m/s.

A meder durva, átszivárgó az intersticiális rétegig, lehetőleg helyi, természetközeli anyagból, mederbiztosítás és szigetelés nélkül épülhet.

A vonalvezetés kanyarokkal, törésekkel, mélyedésekkel és gyors szakaszokkal szabdalva kell megtervezni.

A keresztmetszvény változó, a mérnök-biológiai partbiztosítás, az esésviszonyok megtörésére kövek, fenékküszöbök beépítése javasolt.

Szélességhez kapcsolható vízhozam: $q > 0,1 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$.

10.2.2.1 Helyszín

A vonalvezetéshez figyelembe kell venni a helyi, területi adottságokat, lehetőségeket, valamint a tulajdonviszonyokat. A visszavezetésnél, a duzzasztó alatt, ugyanazok az alapelvek érvényesek, mint az egyéb megoldások esetében. A megkerülő csatornát kombinálni lehet egyéb, más művi halátjáró megoldással, medencékkel, réselt átjárókkal stb.

10.2.2.2 Hossz-szelvény

A megkerülő csatorna esésének a lehető legkisebbnek kell lenni, a felső határ, mint irányelv: $I = 1:20$. A nagyobb esésű helyeken kő- és fenékküszöb beépítése javasolható. Áramlásszegény helyek kialakítása szükséges, különösen a hosszabb szakaszokon, megkönnyítve ezzel az élőlények átjutását.

Amennyiben elég hely áll rendelkezésre, kerülni kell a nagy esésű szakaszok kialakítását. Az alvízi mederbe történő betorkollás előtt ajánlatos a megfelelő csalívíz biztosítása is. A többi helyen a mederkialakításra a helyi viszonyok, vízfolyástípusok legyenek a jellemzők, és ha lehet, kerüljük a túlságosan művi mederbiztosításokat.

A szükséges vízmélység a helyi őshonos halfauna ismeretében alakítható ki, de nem lehet kevesebb, mint $h = 0,2$ m.

10.2.2.3 Meder keresztmetszvény

Javasolt a lehető legváltozatosabb struktúra kialakítása, mind a keresztmetszvény, mind a vízmélység és az áramlási viszonyok vonatkozásában. A meder szélessége azonban nem lehet 0,8 m-nél kisebb. Amennyiben part- vagy mederbiztosítás szükséges, akkor annak természetközelinek kell lennie. Alkalmazandók a természetközeli vízfolyás-szabályozás irányelvei, mint például kavicsagy kialakítása durva kavicsból, majd arra vízépítési kövek elhelyezése, esetleg geotextíliák felhasználása. Az így kialakított változatos meder elősegíti a gerinctelen bentoszfauna megtelepedését, vándorlását. A nagy építési kövek visszatartják a finom üledéket, így a mélyedések természetes módon töltődnek fel.

A rézsűláb biztosításához kombinált építési mód ajánlott, növényzet kövekkel és rőzsefonattal.

Amennyiben a mederanyag erózióra kevésbé hajlamos, illetve a gyakori látogatók kizárhatók, a meder kialakulását a természetre lehet bízni, illetve a mederbiztosítás teljesen elhagyható.

A meder beárnyékolása növényzettel, a fásítás kedvező hatással van a halátjáró hatékonyságára, illetve a partbiztosításra, a tájképi megjelenésre.

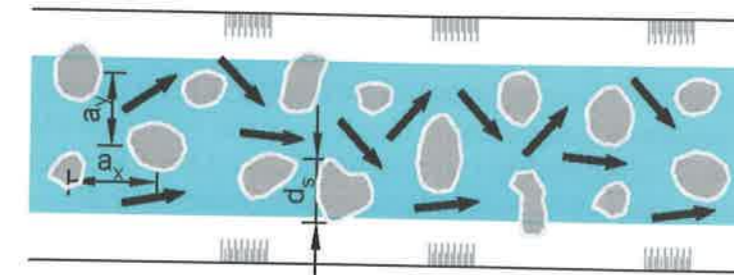
10.2.2.4 Áramlástörő kövek

Az $I = 1:20 - 1:30$ esésviszonyok között nem lehet eltekinteni a kövek beépítésétől a megengedhető 0,4 - 0,6 m/s közepes vízsebesség tartásához. Erre a célra tájba jól illeszkedő természetközeli építőanyagként a nagyobb kövek felelnek meg.

Ilyenkor a következő megoldások lehetségesek:

Áramlászavaró kövek kerülnek rendszertelenül beépítésre úgy, hogy a kis és közepes vízállásoknál a köveket az áramló víz megkerüli, vagy éppen előnti, így növelve a meder

érdességét. A kövek növelik a vízmélységet, csökkentik a vízsebességet, az áramlási árnyékban a halak pihenőhelyei alakulnak ki. A kövek elhelyezésének irányelve:



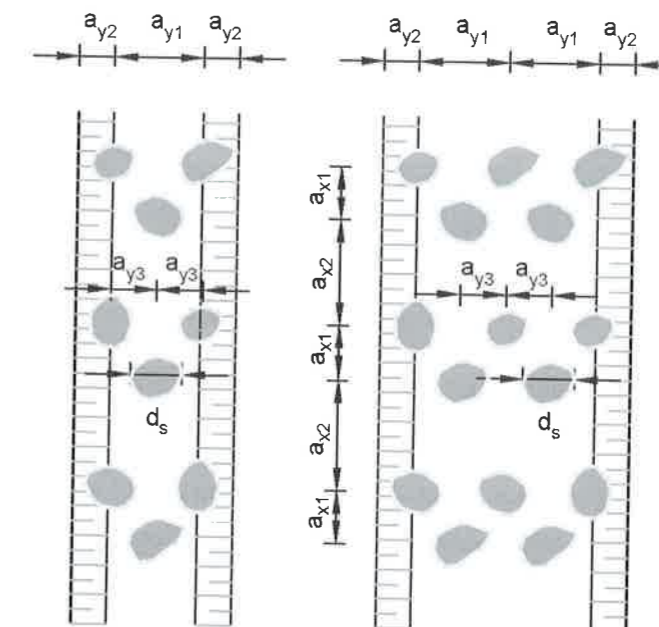
$$a_x = a_y = 2 - 3 d_s$$

d_s = átlagos kőátmérő

Az áramlást zavaró kövek közötti, átjárást biztosító távolság legalább 0,3-0,4 m legyen.

A zavaróköveket egyharmadáig vagy félig a mederbe kell ágyazni. A kövek kiválasztásánál figyelni kell arra, hogy idegenek, gyerekek azokat ne tudják elmozdítani, átrendezni.

A zavarókövek kutatási eredményeken alapuló elrendezését a következő ábra szemlélteti.



Méretezés az indikátor halfajok figyelembevételével

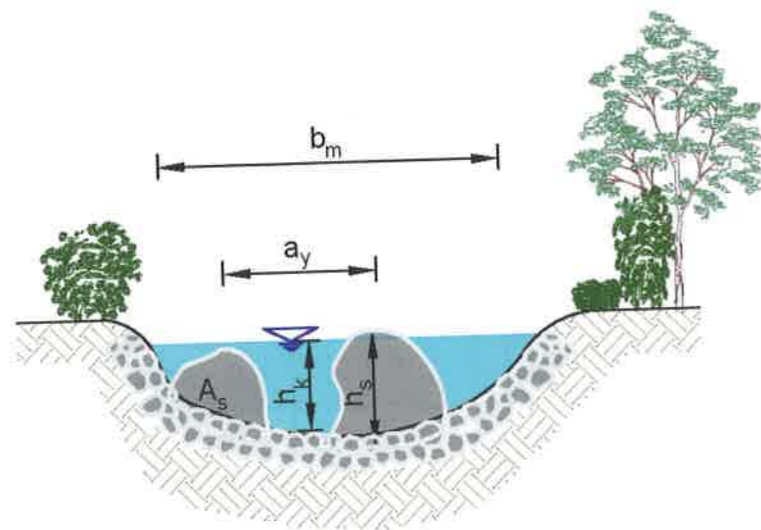
RÉGIÓ	KÖMÉRET d_s [m]	VÍZMÉLYSÉG h_{FAA} [m]
Felső pisztráng	0,35 - 0,5	0,2 - 0,3
Alsó pisztráng	0,5 - 0,7	0,25 - 0,35
Pénzes pér	0,7 - 0,8	0,3 - 0,4
Márna, sügér	0,8 - 0,9	0,35 - 0,45

Javasolt kőtávolság

a_{x1}	$1,5 \times d_s$
a_{x2}	$2,5-3,5 \times d_s$
$a_{y1} = 2 \times a_{y3}$	$1,65 \times d_s$
a_{y2}	$0,5 \times d_s$

Átbukó kőlépcsők beépítése úgy, hogy az átfolyási keresztmetszet olyan nagy legyen, hogy az egyes lépcsők között medencék alakuljanak ki. A kőlépcsők esetében nagy kövek kerülnek beépítésre a megerősített mederbe.

A megoldás elvét az alábbi ábra mutatja. Az építéshez általában nagyobb kocka vagy téglatest formájú kövek használata ajánlott, melyeket előre állítanak.



Fenékküszöbök beépítése. Nagy kövekből a mederbe olyan fenékküszöbök kerülnek kiépítésre, melyeken a víz részben, vagy a teljes szélességben átbukik. A duzzasztás következtében medencék alakulnak ki, ahol törekedni kell - a vízfolyás jellegétől függően - egy 0,3 - 0,6 m.-es vízmélység kialakítására. A zárások közötti távolság nem lehet kevesebb, mint 1,5 m. Az így kialakított kaszkád rendszer egyes tagjai között a vízszintkülönbség nem lehet több mint 0,20 m. A lassan folyó vizek - potamális - esetében kisebb különbség - 0,10 - 0,15 m. - kialakítása javasolható. A zárások úgy alakítandók ki, hogy az egyes zárások között a visszaduzzasztás legyen. Az egyes medencékbe további zavarókövek helyezhetők el. A zárások közötti távolságot és a vízmélységet úgy kell megválasztani, hogy a medencékben megfelelő pihenő-zónák alakuljanak ki. Ennek megfelelően ajánlatos a potamális vizeknél az $E = 150 \text{ W/m}^3$, míg a ritrális vizek esetében az $E = 200 \text{ W/m}^3$ teljesítménysűrűség.

Ez az építési mód lehetővé teszi a medencékben a finom üledék megtartását, a természetközeli állapotok fokozatos kialakulását.

10.2.2.5 Be- és kitorkollás - kiágazás

Különösen a változó vízállások és az árvízi rongálódások fennállásának veszélye esetén a befolyó műtárgy masszív kiépítése javasolható azért is, hogy az esetleges fenntartási munkák végzésekor vízteleníteni lehessen a rendszert. Ajánlatos egyszerűbb beton támfal vagy kőszórás létesítésével megfelelő szabályzó mű vagy annak lehetőségének kialakítása. A befolyó nyílás magassági kialakításának olyannak kell lennie, hogy a kisvizek idején se maradjon víz nélkül a rendszer, ami a megkerülő csatorna esetében nemcsak a halak számára biztosítandó átjárhatóság, de a gerinctelen bentoszfauna vándorlása miatt is fontos. A befolyó műtárgynál a halátjáró hatékonyságának ellenőrzése céljából biztosítani kell varsák elhelyezhetőségét.

A kifolyást úgy kell kialakítani, hogy a csalivíz minden esetben biztosítva legyen. Az alvízi csatlakozásnak olyannak kell lenni, hogy az biztosítsa a csalivíz megfelelő vízsebességét. Ingadozó alvízállásnál egy megfelelően résett, masszív műtárgy kialakítása javasolható.

Törekedni kell a megkerülő csatorna és a vízfolyás közvetlen kapcsolatának kialakítására.

A duzzasztó alatti mederszakasz általában erősen igénybe van véve, ezért a halátjárók becsatlakozásakor sokszor nem lehet eltekinteni attól, hogy annak utolsó szakasza ne művi megoldású legyen.

A hallépcső működőképessége szempontjából a megtalálhatóság feltételeinek biztosítása a legfontosabb szempont, ezért a létesítmény elhelyezésének tervezésnél ezt alapvető kritériumként kell figyelembe venni.

A halak és a vízi szervezetek áramlással szembeni vándorlása általában a sodorvonalban vagy annak mentén történik. Az alvízi torkolat a megtalálhatóság szempontjából ezért azon a parton kedvező, ahol a sodorvonal megközelíti azt, és megfelelő vízmélység áll rendelkezésre valamint a torkolatnál egy öböl kialakítása kedvező. A tervezésnél figyelembe kell venni a mederváltozásokat és a folyó szakaszjellegét.

A vízlépcsőknél az év legnagyobb részében a teljes vízhozamot, illetve annak jelentős hányadát a turbinákon vezetik át, ami meghatározó csalivíz hatásával a halakat az erőmű alvízi szakaszára vonzza. Ez a probléma hatékonyan csak az erőmű alatt kialakítandó, közvetlenül a turbinák alvízén visszatorkolló, általában csalivízzel ellátott halátjáró kialakításával kezelhető.

Az alvízi torkolat helyének meghatározásakor fontos szempont, hogy a partszakasz ne legyen feltöltődésre, zátonyosodásra hajlamos, mert az folyamatos karbantartási igényt jelent.

A hallépcső felvízi kivezetését olyan távolságra kell elhelyezni a turbinák vagy a duzzasztó elé, hogy a felúzó halak turbinákra történő rásodródásának veszélye minimális legyen.

Ahol ez nem biztosítható, ott terelőfal, vagy nagyon sűrű kiosztású rács elhelyezése adhat megoldást.

10.2.2.6 Átjárhatóság

Egy hosszú megkerülő csatornás rendszer gyakran szükségessé teszi a megközelíthetőség biztosítását, úgy, hogy azzal a halak vándorlását ne zavarjuk. A legjobb megoldás ebben az esetben a híd létesítése. A híd térségében egy nedves előtér kialakítása tovább növeli a vándorlásban résztvevő fajok számára az átjárhatóság lehetőségét.

10.2.2.7 Általános értékelés

A megkerülő csatornás rendszerek jelentős előnyei:

- jó tájképi kialakítás,
- átjárhatóság a kis halak és a gerinctelen bentoszfauna számára,
- másodlagos élettér – biotóp – létrehozása,
- kisebb dugulási veszély, alacsonyabb fenntartási költségek,
- a meglévő duzzasztókhoz utólag kiépíthető, magának a duzzasztónak az átépítése nem szükséges,
- lehetőség nyílik a teljes duzzasztó megkerülésére.

Az előnyökkel szemben az alábbi hátrányok jelentkeznek:

- nagy területigény,
- jelentős hosszúság,
- a felvív ingadozására érzékeny, belépő műtárgy építése szükséges lehet,
- az alvízi bekötés gyakran csak művi megoldású halátjáróval biztosítható.

10.3 Medencés kőküszöbös halátjáró

A természetközeli halátjárók gyakrabban alkalmazott változata, mely jól tájba illeszthető. Alkalmazása esetén általában nem szükséges a vándorlást akadályozó létesítmény jelentős átalakítása. A megkerülő csatornába épített közbenső kőküszöbök és medencék sorozata biztosítja a halak számára az akadály legyőzéséhez szükséges feltételeket. Az építéséhez alapvetően természetes anyagokat használnak fel, ezért a társadalmi elfogadottsága nagy.

10.3.1 Működési elv

A halak vándorlását akadályozó létesítmény által okozott jelentős vízszintkülönbséget a megkerülő csatornába épített több, kisebb, maximum 20 cm magas kőküszöbökkel elválasztott medencékre osztják. A kőküszöbök úgy alakítandók ki, hogy az egyes zárások között a visszaduzzasztás legyen meg. A kőküszöbök feletti mederszakaszok medenceszerű víztere biztosítja a halak számára a pihenés feltételeit. A nagy szintkülönbségű halátjáróknál kisebb energiasűrűségű pihenő medencék vagy tavak kialakítása célszerű. Gyakori, hogy az ilyen típusú halátjárókat bizonyos halfajok élettérként használják.

10.3.2 Kialakítás

A medencés kőküszöbös halátjárón átfolyó víz mennyiségét és az esésviszonyokat a természetközeli módon kőből épített küszöbök bukószintje és bukószélessége határozza meg.

A kőküszöbököt úgy kell kialakítani, hogy a bukó alvívén a vízint a küszöbszint felett minimum 15 cm-rel legyen az alsó küszöb visszaduzzasztó hatására. A kőküszöbököt lehetőleg természetes kövekből kell kialakítani, melyhez megfelelően nagyméretű kövek és vízépítési terméskőágy szükséges. Az állékonysági és vízzárósági szempontok figyelembevételével geotextília és betonkitöltés alkalmazására is szükség lehet. A kőküszöbök alvívén áramlásterelő köveket célszerű beépíteni. A duzzasztás következtében medencék alakulnak ki, melyek minimális vízmélysége 60 cm. A küszöbök közötti távolság nem lehet kevesebb, mint 2 m. Az így kialakított kaszkárendszer egyes tagjai között a vízszintkülönbség nem lehet több mint 0,2 m. A lassan folyó – potamális – vizek esetében kisebb, 0,10-0,15 m különbség kialakítása javasolható. A zárások közötti távolságot és a vízmélységet úgy kell megválasztani, hogy a medencékben megfelelő pihenőzónák alakuljanak ki. Ennek megfelelően ajánlatos a potamális vizeknél az $E = 150 \text{ W/m}^3$, míg a ritrális vizek esetében az $E = 200 \text{ W/m}^3$ teljesítménysűrűség tartása.

Ez az építési mód lehetővé teszi a medencékben a finom üledék megtartását, a természetközeli állapotok fokozatos kialakulását.

10.3.2.1 Helyszín

A megkerülő csatornához hasonlóan a vonalvezetéshez figyelembe kell venni a helyi, területi adottságokat, lehetőségeket, a tulajdonviszonyokat. A visszavezetésnél, a duzzasztó alatt ugyanazok az alapelvek érvényesek, mint az egyéb műszaki megoldások esetében. A kőküszöbös halátjárót kombinálni lehet egyéb, más halátjáró megoldással, medencékkel, réselt átjárókkal.

10.3.2.2 Hossz-szelvény

A medencés kőküszöbös halátjáró irányelve:

- esésviszonyok: $I < 1:20 - 1:30$,
- vízsebesség: $v_{\max.} = 1,6 - 2,0 \text{ m/s}$,

Amennyiben elég hely áll rendelkezésre, kerülni kell a nagy esésű szakaszok kialakítását. A hosszabb halátjárók esetén pihenő medencék kialakítása szükséges.

A kőküszöbök fix bukószintje miatt ez a típusú halátjáró különösen érzékeny a felvízszint ingadozásra. Ez ellensúlyozható, ha a kőküszöbökbe két eltérő küszöbszintű bukót alakítunk ki. Az alacsonyabb bukó kisvízes tartományban kisebb átvezetett vízhozam mellett biztosítja a halátjáró fent részletezett megfelelő paraméterek melletti működését. A nagyvízi bukó akkor lép működésbe, ha a felvízszint megemelkedik. A halátjárónak a teljes működési tartományában teljesíteni kell a minimum követelményeket. Az 50 cm-t meghaladó vízszintingadozást jellemzően két bukószint alkalmazásával és nagyobb medencemérettel lehet kezelni. Az 1 m feletti felvízszint-változás esetén a kőküszöbös halátjárót már célszerű réselt halátjáróval kombináltan alkalmazni.

10.3.2.3 Meder keresztmetszelvény

Javasolt a lehető legváltozatosabb struktúra kialakítása mind a keresztmetszelvény, mind a vízmélység, mind az áramlási viszonyok vonatkozásában. A meder szélessége azonban nem lehet 0,8 m-nél kisebb. Amennyiben part- vagy mederbiztosítás szükséges, akkor annak

természetközelinek kell lennie. Alkalmazandók a természetközeli vízfolyás szabályozás irányelvei, mint például kavicsagy kialakítása durva kavicsból, majd arra vízépítési kövek elhelyezése, igény szerint geotextíliák felhasználása. Az így kialakított változatos meder elősegíti a gerinctelen bentoszauna megtelepedését, vándorlását. A nagy építési kövek visszatartják a finom üledéket, így a mélyedések természetes módon töltődnek fel.

10.3.2.4 Rézsűbiztosítás

A rézsűláb biztosításához kombinált építési mód ajánlott: növényzet kövekkel, rőzsefonattal.

Amennyiben a mederanyag erózióra kevésbé hajlamos, illetve a gyakori látogatók kizárhatók, a meder kialakulását a természetre lehet bízni, illetve a mederbiztosítás teljesen elhagyható.

Az egyes küszöbök alatt a partvédelem és a természetes energiatörés érdekében a partok vonalvezetését hagymaszerű kiöblösődéssel célszerű kialakítani.

A meder növényzettel történő beárnyékolása, a fásítás szintén kedvező hatással van a halátjáró hatékonyságára, illetve a partbiztosításra, a tájképi megjelenésre.

10.3.2.5 Be- és kitorkollás – kiágazás

A medencés kőküszöbös halátjáró esetén a be- és kitorkolás kialakításának általános irányelveit kell figyelembe venni. Mivel ez a típus érzékeny a nagyobb vízszintingadozásra, célszerű egy vízkivételi műtárgy építése, melyben réselt halátjáró alakítható ki. A vízkivételi műtárgy biztosíthatja a fenntartási munkákhoz szükséges víztelenítés lehetőségét, a halátjárón történő közlekedést, valamint a monitoring vizsgálatokhoz szükséges eszközök elhelyezhetőségét.

Az alvízi csatlakozásnak olyannak kell lenni, hogy az biztosítsa a csalívíz megfelelő vízsebességét.

A hallépcső működőképessége szempontjából a megtalálhatóság alapvető, ezért a létesítmény elhelyezésének tervezésénél ezt fontos kritériumként kell figyelembe venni.

10.3.2.6 Általános értékelés

A medencés kőküszöbös halátjárók előnyei:

- jó tájképi kialakítás,
- másodlagos élettér – biotóp – létrehozása különösen a reofil fajok számára,
- a meglévő duzzasztókhoz utólag kiépíthető, magának a duzzasztónak az átépítése nem szükséges,
- lehetőség nyílik a teljes duzzasztó megkerülésére.

Az előnyökkel szemben az alábbi hátrányok jelentkeznek:

- nagy területigény,
- jelentős hosszúság,
- a felvív ingadozására érzékeny, belépő műtárgy építése szükséges lehet,
- az alvízi bekötés gyakran csak művi halátjáróval oldható meg.

10.4 Természetközeli halátjárók méretezése

A halátjárók méretezése során két alapelvet kell megkülönböztetni:

- a.) Üzemi vízhozamok: ezen azt a hozamtartományt értjük, ami az év nagy részében biztosítja a halátjáró zavartalan működését, azaz ennél a vízhozam-tartománynál csak az év néhány napjában fordul elő kisebb, illetve nagyobb vízhozam.
- b.) Mértékadó árvízhozam: többéves gyakoriságú árvízhozam, amire a halátjárót állékonyan szerint méretezik. A halak vándorlása ebben a tartományban elhanyagolható. Megfelelő szabályozási rendszerekkel, műtárgyakkal a mértékadó vízhozam korlátozható vagy szabályozható.

10.4.1 Hidraulikai képletek

Ajánlatos a hidrológiai számításokat tartalmazó kézikönyvek alkalmazása.

A nyitott csatornában a közepes vízsebességek számítása a Darcy-Weisbach képlet alapján:

$$v_k = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{8gRI} \text{ [m/s]}$$

ahol:

$$R = \frac{A}{K} \text{ [m]}$$

A λ ellenállás együtthatót az érdes medrű normál lefolyásra az alábbi képlet alapján számoljuk:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \frac{k_s/R}{14,84}$$

(érvényességi tartomány: $k_s < 0,45 R$),

ahol az egyenértékű érdesség k_s egy d_s átlagos kőátmérőjű kőszórásnál, a feltöltött mederanyag szemcseátmérője d_{90} .

Kőszórásos rámpa, 0,5 kőakat tényezőt figyelembe véve az alábbiak szerint írható le:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -3,2 \cdot \log \left[(0,425 + 1,01 \cdot I) \cdot \frac{k}{h_k} \right]$$

Érvényességi tartomány: $I = 1:8 - 1:15$,

$$d_s = 0,6 - 1,2 \text{ m}$$

A k érdessége a kőszórásnak $k \approx 1/3 - 1/2 d_s$ -nek becsülhető

A közepes vízsebességből v_k és az A szelvényből adódik a Q vízhozam:

$$Q = v_k \cdot A \quad [m^3/s]$$

10.4.2 Az áramlás-zavaró kövek ellenállása

A megkerülő csatornák és halrámpák esetében a mederérdesség áthelyeződik az alkalmazott áramlás-zavaró kövekre. Az ellenállásértéket $\lambda_{össz}$ a következő képlet szerint számítjuk:

$$\lambda_{össz} = \frac{\lambda_s + \lambda_0 \cdot (1 - \varepsilon_0)}{1 - \varepsilon_V}$$

ahol:

$$\varepsilon_V = \frac{\sum V_s}{V_{össz}} = \frac{a \text{ zavarókövek bemeült térfogata}}{\text{összes térfogat}}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{\sum A_{0,s}}{A_{0,össz}} = \frac{a \text{ zavarókövek alapfelülete}}{\text{összes alapfelület}}$$

$$\lambda_s = 4 \cdot c_w \cdot \frac{\sum A_s}{A_{0,össz}}$$

ahol:

$c_w \approx 1,5$ alakellenállás tényező,

$A_s = d_s \times h^*$ [m²] a zavarókövek körbeáramlott felülete

A meder ellenállás-tényezője λ_0 közelítőleg kifejezhető a teljes keresztmetszet hidraulikus sugarával R . A zavarókövek ellenállásához viszonyítva ez az érték kicsiny.

A gyakorlati alkalmazás során a legtöbb esetben az összes ellenállás-tényező értéket az ε_V és ε_0 elhanyagolásával és az egyes ellenállások szuperpozíciójából számítjuk:

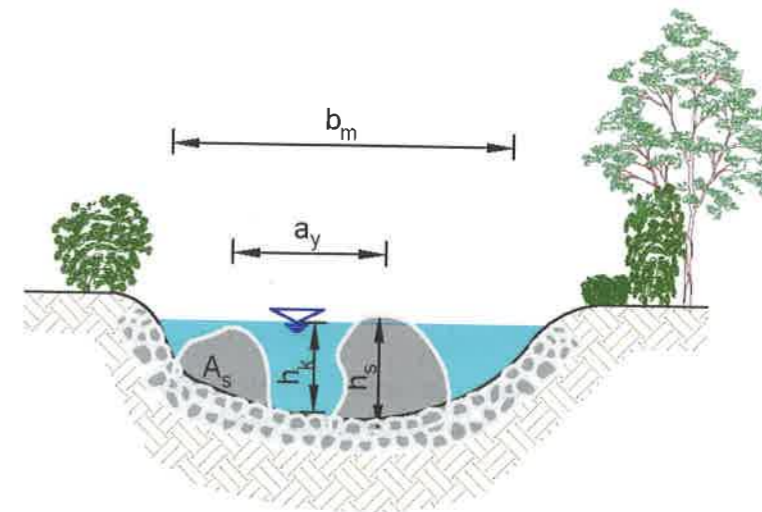
$$\lambda_{össz} = \lambda_s + \lambda_0$$

ahol:

$$\lambda_s = c_w \cdot \frac{4A_s}{a_x a_y} \quad (\text{a zavarókövek ellenállás tényezője})$$

$$A_s \approx d_s \cdot h^* \quad [m^2]$$

d_s , a_x , a_y az alábbi ábra alapján számítandó:



Az előző ábrák szerint a_x és a_y a kövek közötti átlagos távolságot jelenti folyásirányban (a_x), illetve a folyásirányra keresztbe (a_y), azzal, hogy a kisebb, durva felületű csatornában keresztmetszvényenként (a_y) a csatorna szélességében (b) egy kő kerül elhelyezésre.

A halak számára szükséges átjárhatóság biztosítására a kövek közötti legkisebb távolságban kialakuló maximális vízsebesség a mértékadó, közelítőleg a következő képlettel lehet kiszámítani:

$$v_{max} = \frac{v_k}{1 - \frac{\sum A_s}{A_{össz}}} \quad [m/s]$$

ahol:

A_s - beépítetlen folyószelvény (áramlás-zavaró kövek nélkül), [m²]

$\Sigma A_{\text{össz}}$ - az összes körbeáramlott köfelület az extrém szűk keresztmetszvényekben [m²]

Az esésviszonyokat, kőtávolságokat és átmérőket úgy kell megválasztani, hogy azok a közepes vízhozamokra legyenek beállítva.

Az itt leírt számítási eljárás, különösen a megadott értékek a $c_w \approx 1,5$ -re, az eddigi tudásunk alapján a következő határfeltételekre érvényes:

$$\text{Kövek közötti távolság } a_x = a_y = 1,5 - 3 d_s,$$

$$a_y - d_s > 0,3 \text{ m,}$$

$$\text{Vízmélység } h_k / h_s < 1,5,$$

$$\text{Esésviszonyok } I \leq 1:20$$

Megjegyzés

Az alakellenállási tényező c_w a kövek mértékadó formáján (alakján) kívül függ a fölötte elhelyezkedő kövektől. Az ellenállás függ továbbá a köveken történő víz átbukásától is. A rendelkezésre álló adatok részben nagyobb, részben kisebb értéket adnak, mint $c_w = 1,5$. Pontos ellenállás értékek ezen a szakterületen nem adhatók meg, ez további jelentős kutatást igényel, illetve minden esetben szükséges a próbaüzem elvégzése.

Számítási példa

A feladat, hogy egy megkerülő csatornás erőmű főduzzasztó művébe kell egy halrámpt létesíteni, aminek a legkisebb levezetendő vízmennyisége $Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$. A rámpának az $I = 1:25 = 0,04$ esést kell betartani, $h = 0,4 \text{ m}$ vízmélység mellett. A rámpatestet zúzott kőből építik, aminek becsült érdessége $k_s = 0,12$. Az alkalmazott áramlás-zavaró kövek élhosszúsága $d_s = 0,6 \text{ m}$, aminek biztosítani kell sebesség csökkentését, illetve a halak számára a pihenőhelyeket. A rámpa kialakításra egy trapézszelvényt választottak a következő kiindulási értékekkel:

$$A = 2,6 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,4^2 = 1,36 \text{ m}^2$$

$$K = 2,6 + 2 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{1 + 2^2} = 4,39 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{K} = \frac{1,36}{4,39} = 0,31 \text{ m}$$

$$B = 2,6 + 2 \cdot 2 \cdot 0,4 = 4,20 \text{ m}$$

Az áramlás-zavaró kövek $a_x = a_y = 1,0 \text{ m}$ közepes tengelytávolságra kerülnek. Az $L = 10 \text{ m}$ hosszú csatornaszakaszra kb. 28 db kő szükséges.

Az egyes kövek körbeáramlott felülete: $A_s \approx 0,6 \cdot 0,4 = 0,24 \text{ m}^2$.

A számítások egy $L = 10 \text{ m}$ hosszú szakaszra kerülnek elvégzésre, így a térfogat- és felületviszonyok:

$$\varepsilon_V = \frac{28 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2 \cdot h}{L \cdot A} = \frac{28 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,6^2 \cdot 0,4}{10 \cdot 1,36} = 0,233$$

$$\varepsilon_0 = \frac{28 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2}{L \cdot K} = \frac{28 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,6^2}{10 \cdot 4,39} = 0,18$$

az áramlás-zavaró kövek ellenállás együtthatója:

$$\lambda_s = 4 \cdot c_w \cdot \frac{\Sigma A_s}{A_{0,\text{össz}}} = 4 \cdot 1,5 \cdot \frac{6,72}{43,9} = 0,92$$

ahol:

$$\Sigma A_s = 28 \cdot 0,24 = 6,72 \text{ m}^2$$

$$A_{0,\text{össz}} = L \cdot K = 10 \cdot 4,39 = 43,9 \text{ m}^2$$

a mederérdesség ellenállás tényezője:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_0}} = -2 \log \frac{0,12/0,31}{14,84} = 3,16$$

$$\lambda_0 = 0,10$$

ezzel a teljes ellenállás érték $\lambda_{\text{össz}}$:

$$\lambda_{\text{össz}} = \frac{\lambda_s + \lambda_0(1 - \varepsilon_0)}{1 - \varepsilon_V} = \frac{0,92 + 0,1 \cdot (1 - 0,18)}{1 - 0,233} = 1,31$$

Az átlagos vízsebesség az egyenlet szerint:

$$v_k = \sqrt{\frac{8gRI}{\lambda_{\text{össz}}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 9,81 \cdot 0,31 \cdot 0,04}{1,31}} = 0,86 \text{ m/s}$$

ezzel a vízhozam:

$$Q = v_k \cdot A = 0,86 \cdot 1,36 = 1,17 \text{ m}^3/\text{s} \approx 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ezzel a rámpa a keretfeltételekben megkívánt vízhozamot le tudja vezetni.

A maximális vízsebesség a legszűkebb átfolyási keresztmetszvényben alakul ki, három áramlás-zavaró kő beépítése mellett.

Az egyenlet szerint:

$$v_{\text{max}} = \frac{v_k}{1 - \frac{\sum A_s}{A_{\text{össz}}}} = \frac{0,86}{1 - \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 0,6}{1,36}} = 1,83 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{max}} < v_{\text{eng}} = 2,0 \text{ m/s}$$

Annak vizsgálatára, hogy milyen lefolyási viszonyok alakulnak ki a rámpán (beépítetlen keresztmetszvény mellett), a Froude-számot kell kiszámítanunk:

$$Fr^2 = \frac{v_k^2 \cdot B}{g \cdot A_{\text{össz}}} = \frac{0,86^2 \cdot 4,20}{9,81 \cdot 1,36} = 0,233$$

$$Fr = 0,48 < 1$$

Mivel $Fr < 1$ áramló (lamináris) lefolyási viszonyok alakultak ki.

A legszűkebb keresztmetszvényben:

$$b_{sz} = B - 3d_s = 4,2 - 3 \cdot 0,6 = 2,4 \text{ m}$$

$$A_{sz} = A_{\text{össz}} - \sum A_s = 1,36 - 3 \cdot 0,24 = 0,64 \text{ m}^2$$

$$Fr_{sz}^2 = \frac{v_{\text{max}}^2 b_{sz}}{g \cdot A_{sz}} = \frac{1,83^2 \cdot 2,4}{9,81 \cdot 0,64} = 1,28$$

$$Fr_{sz} = 1,13 > 1$$

már turbulens lefolyás lép fel. Mivel $Fr_{sz} < 1,7$, kimondott ugrás nem alakul ki. Olyan energia-átalakítást kell megvalósítani, hogy a rohanó vízárám a következő áramlás-zavaró kövek szűkületére irányuljon.

Összehasonlításként

Az egyszerűsített számítás a megfelelő képlet alapján hasonló eredményt ad:

$$\lambda_0 = 0,1$$

$$\lambda_s = 4 \cdot c_w \cdot \frac{A_s}{a_x a_y} = 4 \cdot 1,5 \cdot \frac{0,4 \cdot 0,6}{1,0 \cdot 1,0} = 1,44$$

és

$$\lambda_{\text{össz}} = \lambda_s + \lambda_0 = 1,54$$

a következő átlagos vízsebességet adja:

$$v_k = \sqrt{\frac{8gRI}{\lambda_{\text{össz}}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 9,81 \cdot 0,31 \cdot 0,04}{1,54}} = 0,79 \text{ m/s}$$

a max. érték $v_{\text{max}} = 1,68 \text{ m/s}$, valamint a $Q = 1,08 \text{ m}^3/\text{s}$.

Az eltérés az első eredményhez viszonyítva mintegy 8%.

10.4.3 A kőküszöbök méretezése

A kőküszöbököt nagyobb kövekből alakítják ki oly módon, hogy a visszaduzzasztás egy medencestruktúrát alakít ki. A köveket úgy építik be, hogy az átfolyás a kövek közötti bukókon történik. Kisebb hozamok és viszonylag széles meder esetében ajánlatos lapos kövekkel a nyílásokat szűkíteni, így elérhető a magasabb duzzasztás, azaz nagyobb vízmélység.

A hidraulikai méretezés hasonló, mint a fix bukóknál, ahol mindkét esetben megkülönböztethető egy teljes (visszaduzzasztástól mentes) és egy részleges (visszaduzzasztás által befolyásolt) átbukás. A halátjáróknál a kőküszöbökön az átjárhatóság biztosítása érdekében az alulról befolyásolt átbukás előállítása szükséges.

Az előméretezéshez elégséges a hozam Poleni-képlettel történő kifejezése:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot \sum b_a \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{at}^{\frac{3}{2}} \left[m^3/s \right]$$

Különböző magasságú átáramlási nyílások esetén, vagy ha a kőküszöbön a víz teljes szélességében átbukik, az átfolyási hozamokat szakaszonként kell meghatározni. A μ átbukási együttható értéke a kialakítástól és a kőanyagtól függően alkalmazható vagy az éles-sarkú, széleskoronájú átbukási vagy a legömbölyített bukókoronájú érték. Az értékek vagy képletek érvényességi tartományát mindig figyelembe kell venni. Általában a következő értékek ajánlhatók:

széles, éles-sarkú kövek, zúzott anyag:

$$\mu \approx 0,5 - 0,6$$

legömbölyített kövek, pl. terméskövek

$$\mu \approx 0,6 - 0,8$$

A csökkentési együttható – σ – esetében figyelembe kell venni az alvízállás – h – hatását, és az az értékgörbéről levezethető. Az értékek egy határértéknek felelnek meg, illetve egy széleskoronájú átbukásnak. A teljes (visszaduzzasztástól mentes) lefolyás esetén:

$$\sigma = 1$$

A kőküszöbön előálló maximális vízsebességeket a Δh vízszintkülönbségek határozzák meg, ami:

$$v_{max} = \sqrt{2g\Delta h} \text{ m/s}$$

Az egyes küszöbök közötti medenceméretnek és vízmélységnek turbulenciamentes medencevíz áramlást kell biztosítani úgy, hogy a halaknak elég lehetőségük legyen pihenni. Mint irányszám az $E = 150 - 200 \text{ W/m}^3$ teljesítménysűrűség veendő figyelembe, amit a következő képlettel lehet kiszámítani:

$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{b_{km} h_{km} L_m} = \frac{\rho g \Delta h Q}{A_{km} L_m} \left[W/m^3 \right]$$

ahol: h_{km} - a medencék közepes vízmélysége [m],

b_{km} - közepes medenceszélesség [m],

A_{km} - közepes medence-keresztmetszet [m²],

L_m - a szabad medence hossz, $L_M = L - d_s$ [m]

A kőküszöböknel a kövek élükre állítva kerülnek elhelyezésre küszöbalap nélkül. A beállítandó felvízi mélység az energiamagassággal fejezhető ki. A minimális energiamagasság, ami a szűkületen levezetendő Q vízmennyiséghez szükséges, a következő:

$$h_{sz,min} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \sum b_a^2}} \text{ [m]}$$

Az egyenletből az energiamagasság a szűkületben és a felvízen:

$$h_{sz,0} = h_0 + \frac{v_0^2}{2g} = h_{sz,min} + h_v \text{ [m]}$$

a határmélységre vonatkoztatott esésvesztesség h_v :

$$h_v = \xi \cdot \frac{v_{cr}^2}{2g} = \frac{\xi}{3} \cdot h_{sz,min} \text{ [m]}$$

az energiamagasság a küszöb felvizen:

$$h_{sz,0} = \left(1 + \frac{\xi}{3} \right) \cdot h_{sz,min} \text{ [m]}$$

A befolyási veszteségi – együttható (ζ) értékére $\zeta = 0,5$ vehető fel, ami az érdes bevezetésre érvényes.

A felvízi mélység ezzel a számítási módszerrel a kőküszöb alatti vízállástól független.

Számítási példa

Egy duzzasztó megkerülő csatornája potamáli vízfolyás esetében $Q_{min} = 0,1 \text{ m}^3/s$ és $Q_{max} = 0,31 \text{ m}^3/s$ értékekkel jellemezhető. A csatornát kőküszöbökkel építik ki úgy, hogy megfelelő medencestruktúra alakuljon ki. Kisvizeknél a halátkelés szempontjából kívánatos vízmélység 0,3-0,4 m.

Kiválasztásra kerül egy $\Delta h = 0,1 \text{ m}$ vízszintkülönbség és egy $L = 2,5 \text{ m}$ kőküszöbök közötti távolság. Az esés a számításoknak megfelelően:

$$I = \frac{\Delta h}{L_{k\ddot{u}}} = \frac{0,1}{2,50} = 1:25, \text{ azaz } 4\%$$

A maximális vízsebesség a következőnek adódik:

$$v_{max} = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{19,62 \cdot 0,10} = 1,40 \text{ m/s}$$

ami kisebb, mint az engedélyezett $v_{eng} = 2 \text{ m/s}$ érték.

Az áramlás-zavaró kövek $d_s = 0,6 \text{ m}$ nagyságú terméskövek, melyek tagozódása olyan, hogy visszafogják a kisvizeket. Az átfolyási nyílásokat részben lapos kövekkel lezárják, de legalább egy $h_{\text{át}} = 0,2 \text{ m}$ vízpárnának kell átáramolnia.

Az átfolyási nyílásokba $d_s = 0,4 \text{ m}$ nagy kövek kerülnek beépítésre a mederbe úgy, hogy azokból 20 cm kiáll. Ez a következő átbukási magasságot eredményezi:

$$h_{\text{át}} = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ m}$$

Miután $h/h_{\text{át}} = 0,1/0,2 = 0,5$ visszaduzzasztás nélküli hozam $\sigma = 1$ értékkel vehető figyelembe, így a szükséges nyílásszélesség $\mu = 0,5$ átbukási együttható mellett az alábbiak szerint számítható:

$$\sum b_{\text{á}} = \frac{Q_{min}}{\frac{2}{3}\mu\sigma\sqrt{2g}h_{\text{át}}^{3/2}} = \frac{0,1}{\frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{19,62} \cdot 0,2^{3/2}} = 0,75 \text{ m}$$

Az átfolyási nyílások váltakozva jobb és bal oldalra kerülnek elhelyezésre, ezzel is megtartva a meanderező vízmozgást. Lehetséges két, kb. 0,4 m széles nyílásra történő megosztás is. Az átfolyási nyílások mellett a nagyobb köveket úgy kell beállítani, hogy ott a küszöb 0,4 m magas legyen, és a medence kisvizek mellett is megteljen. A nagyobb köveket 20 cm mélyen a mederbe kell ágyazni, tehát a kövek mérete kb. 60 cm.

A csatorna mederszélessége az átfolyási nyílás-szélesség 2,5-szerese, és a nyílásokat úgy kell párhuzamosan kialakítani, hogy áramlási rövidzárlat ne keletkezzen. A mederszélesség így:

$$b_{cs} = 2,5 \cdot b_{\text{á}} = 2,5 \cdot 0,75 \approx 1,9 \text{ m}$$

1:2 esésű rézsú megválasztása mellett a kőküszöb teljes szélessége:

$$b_{\text{küszöb}} = b_{cs} + 2 \cdot (\rho \cdot h) = 1,9 + 2 \cdot 2 \cdot 0,4 = 3,50 \text{ m}$$

A maximális hozam vízszintjének meghatározása a partbiztosítás magasságához szükséges. Az ebben az esetben beállítandó átbukási magasság csak természetes kísérletek után határozható meg.

Több próbaszámítás alapján egy, kb. 0,1 m-es vízszintemelkedés adódott.

Az átfolyási nyílásnál az átbukási magasság:

$$h_{\text{át}} = 0,2 + 0,1 = 0,30 \text{ m}$$

egy $\sigma = 1$ visszaduzzasztási együtthatónál a $\frac{h}{h_{\text{át}}} = \frac{0,20}{0,30} = 0,66$

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot \sum b_{\text{á}} \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{\text{át}}^{3/2} = \frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{19,62} \cdot 0,30^{3/2} = 0,182 \text{ m}^3/\text{s}$$

A kőküszöb maradék szélességén $b = 3,5 - 0,75 = 2,75 \text{ m}$ $h_{\text{át}} = 0,1$ és $\mu = 0,5$ (visszaduzzasztás $h=0$ miatt nem lép fel)

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{\text{át}}^{3/2} = \frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot 2,75 \cdot \sqrt{19,62} \cdot 0,10^{3/2} \approx 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

kerül levezetésre, így a teljes hozam:

$$Q_{\text{össz.}} = 0,182 + 0,137 = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vízszintkülönbségek ebben a példában a kisvízi hozamokhoz viszonyítva nem változnak, maximális nyitásnál a $v_{max} = 1,4 \text{ m/s}$ hasonló maximális vízfolyási sebességek lépnek fel. Csúpn közepes vízsebességek változnak a medencékben. Ez kisvíznél, $h_k = \frac{(0,3+0,4)}{2} = 0,35 \text{ m}$ közepes vízmélységnél:

$$v_{k,min} = \frac{Q_{min}}{A} = \frac{0,1}{1,9 \cdot 0,35 + 2 \cdot 0,35^2} = 0,11 \text{ m/s}$$

A medencékben az alacsony-közepes vízsebességek egy relatív turbulenciaszegény áramlást tesznek lehetővé, így az áramlásmentes medenceszéleken a finom üledék visszatartásra kerül.

Az átbukási sugár térségében kialakuló jelentősen nagyobb terhelések miatt fenékbiztosítás szükséges.

A medencékben a turbulencia viszonyok $Q_{\max} = 0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ mellett az alábbiak szerint becsülhető:

$$A = b_{cs} \cdot h_k + m \cdot h_k^2 = 1,90 \cdot 0,45 + 2 \cdot 0,45^2 = 1,26 \text{ m}^2$$

és

$$L_w = L_{k\ddot{u}} - d_s = 2,50 - 0,60 = 1,90 \text{ m}$$

a teljesítménysűrűség:

$$E = \frac{\rho g Q \Delta h}{A L_w} = \frac{9810 \cdot 0,31 \cdot 0,1}{1,26 \cdot 1,90} = 127 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} < E_{eng} = 150 - 200 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$$

10.4.4 Halrámpák mértékadó vízhozama

A kőszórással épített halrámpák stabilitás kritériumára a képlet:

$$q_{eng} = 0,257 \cdot \sqrt{g \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}} \cdot I^{-7/6} \cdot d_{65}^{3/2} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right] \quad (\clubsuit)$$

ami

$$d_{65} \approx \frac{d_s}{1,06} \text{ és } \rho_s = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$q_{eng} = 0,307 \cdot \sqrt{g} \cdot I^{-7/6} \cdot d_s^{3/2} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

formában írható le. Az előző képlet (\clubsuit) már tartalmaz 20% biztonsági tényezőt.

A köbökkökből épített halrámpák lényegesen ellenállóbbak a kőszórásos halrámpáknál és jobban terhelhetőek. Egy biztos stabilitáskritérium azonban még nem került meghatározásra. A kísérletek azt mutatták, hogy egy kőszórás a megengedhető (\clubsuit) vízhozamot 1,7-2 tényezővel növelhetik. Nagyon fontos a munkák kivitelezésénél a felhasznált kövek minősége. A stabilitásra hatással vannak még egyéb olyan tényezők, mint például kimosódások az alvízi oldalon, rézsűerózió, a mű állékonysága.

10.4.5 Próbaüzem

A természetközeli megkerülő csatornás és a medencés-köküszöbös halátjárók hidraulikai számítását csak előméretezésnek tekinthetjük. Ezt az támasztja alá, hogy az alkalmazott építőanyagok rendkívül változatosak, hasonlóan változatosak a keresztmetszvények, az áramlási viszonyok is. Éppen ezért rendkívül fontos a szakszerű próbaüzem elvégzése, melynek alapján korrigálható a mű és beállíthatók a kívánt hozamok, vízmélységek és vízsebességek. A próbaüzemet különböző hozamokkal és időpontokban kell elvégezni, figyelembe véve a különböző időpontokban kialakuló csalizet is. A próbaüzemet egy későbbi időpontban meg kell ismételni, hiszen a rendszernek saját dinamizmusa van, ami a halátjárót tovább alakítja.

A próbaüzem alatt következő tervezési eljárásokat kell elsősorban ellenőrizni:

- áramlási kép és vízmélység: a nagyon sekély szakaszok, erősen turbulens részek, áramlási rövidzárlatok, leszakadó átbukási vízugarak kerülendőek;
- a maximális vízsebesség nem lépheti túl a 2 m/s értéket, itt különös figyelmet kell fordítani a kritikus helyekre (szűkületek, átbukó köküszöbök);
- vízszintkülönbségek az átbukásoknál és küszöböknel: $\Delta h < 0,2 \text{ m}$.

11. MŰVI HALÁTJÁRÓK

A művi halátjárók körébe az alábbi típusok sorolhatók:

- medence jellegű halátjárók
 - hagyományos
 - résekt
- csatorna jellegű halátjárók
 - Denil
 - kefeelemes
 - angolnalétra
- Különleges halátjárók
 - hajózsilip
 - halzsilip
 - hallift

A medencés halátjárók jellemzője, hogy a víz csatornában kialakított medencéket elválasztó falakban kialakított hornyokon, réseken, nyílásokon keresztül folyik az egyik medencéből a másikba, és az energia az egyes medencékben lépésről lépésre oszlik el. A medence aljzatát érdesíteni kell, lehetőleg helyi anyagból, a kedvezőbb áramlási viszonyok kialakítására, illetve a bentoszauna vándorlásának elősegítésére. A létesítmény többfunkciós kialakítású lehet, mellé csónakcsúszda építhető, melynek aljzatát úgy kell kialakítani, hogy bizonyos halfajok rámpaként használhassák.

Nagyon nagy szintkülönbségek esetében a művi halátjárók közül a hallift vagy a halzsilip alkalmazása megfelelőbb, könnyebb és kevésbé költséges, mint a hagyományos halátjáró. Megfontolandó és egyedi eljárásmodot, illetve kompromisszumot jelent a hajózsilipek halzsilipként történő szakaszos üzemeltetése.

Az angolna Magyarországon nem őshonos, ugyanakkor nagyobb mennyiségben kizárólag mesterséges telepítések révén volt jelen (pl. Balaton, Fertő, Velencei-tó, holtágak). Mivel intenzív telepítése megszűnt, előfordulása ma már nem tömeges. Vándorlásuk elősegítésére művek építése nem javasolható.

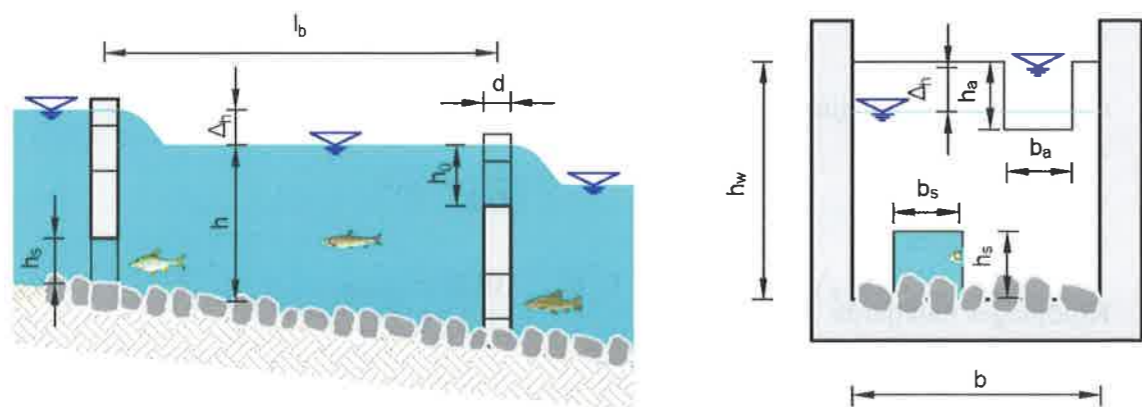
A következőkben csak a hidraulikai és biológiai szempontból hatékony berendezések kerülnek ismertetésre.

11.1 Medence jellegű halátjárók

11.1.1 Hagományos medencés halátjáró

11.1.1.1 Működési elv

A hagyományos medencés jellegű halátjáró elve azon alapul, hogy a felvizet az alvízzel egy olyan csatornával kötjük össze, amibe lépcsőzetesen közfalakat építünk, ezzel medencék sorozatát alakítva ki. Az egyes medencékből a víz lefolyása a közfalakban kiképzett nyílásokon keresztül történik, és a víz potenciális energiájának jelentős része a medencékben kerül átalakításra.



Jelmagyarázat: lásd következő táblázat.

A halak vándorlása a medencék között a közfalakba a mederfenéken kialakított nyílásokon vagy az azokon kialakított felső bukón keresztül történik. A nagyobb vízsebességek, melyeket a halaknak le kell győzni, a közfalaknál alakulnak ki, míg a medencék az alacsonyabb vízsebességek miatt lehetőséget biztosítanak a pihenésre. Az érdes fenék kialakítása lehetővé teszi a gerinctelen vízi élőlények számára az áthaladást.

11.1.1.2 Kialakítás

A hagyományos medencés jellegű halátjárókat a medence tengelyére merőlegesen beépített közfalak jellemzik, melyek készülhetnek betontól, falazott anyagból vagy fából. A fa közfalak megkönnyítik az utólagos átépítést, viszont néhány év múlva cseréire szorulnak.

A közfalakon felső bukók, illetve alsó nyílások kerülnek kialakításra ellentétes elrendezésben. Az alsó fenéknilyásoknál a falak alatti átjáróba is érdes felületű anyagot kell beépíteni.

A közfalak koronáján kialakított felső bukók jelentőségét általában túlértékelik. A vándorló halak mindig úszva akarják legyőzni az akadályokat és csak kivételes esetekben ugorják azt át. A közfalak koronájában kialakított hornyok az átbukó vízszög okozta turbulencia miatt negatívan hatnak a medence áramlási viszonyaira. A szélesen átbukó közfalak változó felvízszintek mellett gondot jelentenek a hozamok optimalizálásánál. Amennyiben a közfal koronán kivágásokat készítünk, akkor azok alsó élének legalább olyan szinten kell lenni, mint az alatta lévő medence visszaduzzasztott vízszintje, így elkerülhető az átbukó vízszög, és a halak úszva leküzdhetik az akadályt.

Kerülendőek az átbukó közfalak, javasolt, hogy a víz a fenéken, illetve a korona nyíláson folyjon át. Különösen kellemetlen hatása van a torkolat térségében a közfalon átbukó víznek, mivel nem tud kialakulni megfelelő csalivíz-áram.

11.1.1.3 Helyszín

A hagyományos medence jellegű átjáró vonalvezetése általában egyenes, de kialakíthatók kanyargósan is, 360°-os vagy többszörös törésekkel. A duzzasztómű, vagy a turbinák alatti kitorkolást úgy kell kialakítani, hogy holt terek, zsákutcák lehetőség szerint ne keletkezzenek. Az átjáró torkolati kialakítására a korábbi fejezetekben leírt alapelvek a mértékadók.

11.1.1.4 Hossz-szelvény

Az egyes medencék közötti vízszintkülönbség meghatározó a kialakuló maximális vízsebességek vonatkozásában, tehát a hagyományos medencés halátjáró átjárhatóságának ez a limitáló tényezője. A legrosszabb esetben sem lehet nagyobb a vízszintkülönbség 0,2 m-nél, üzemszerű duzzasztásnál a szintkülönbség jobb, ha 0,15 m. Ebből a vízszintkülönbségből és a mindenkori medencehosszból L_M adódik egy medencés halátjáró ideális esésviszonya

$$I = \frac{\Delta h}{L_M}$$

úgy, hogy az értékek $I = 1:7 - I = 1:15$ és az $L_M = 1,0 - 2,25$ között legyenek. Nagyobb esésviszonyokat a megengedhető vízszintkülönbségek betartásával csak rövidebb medencék építésével lehet legyőzni, ami a medencékben jelentős turbulenciához vezet, amit viszont lehetőség szerint el kell kerülni.

A szükséges n medenceszám a teljes szintkülönbségből $h_{össz}$ és a medencék közötti megengedhető szintkülönbségből Δh következik:

$$n = \frac{\Delta h_{össz}}{\Delta h} - 1 [db]$$

ahol a teljes szintkülönbség a maximálisan duzzasztott felvízszint és a legalacsonyabb, a halátjáró alján mért alvíz közötti különbség.

11.1.1.5 Medenceméreték

A hagyományos medence jellegű halátjáró csatornáját betonból vagy terméskövekből építik. A közfalakat fából vagy betonelemekből készítik.

A medencék méretének egyfelől olyannak kell lenni, hogy az átjáró halaknak elég mozgástér álljon rendelkezésre, és a bevitt energia turbulenciamentes legyen. Másfelől azonban a vízsebesség ne eredményezze a medencék feliszapolódását. A turbulenciaszegény medencében a teljesítménysűrűség nem lehet nagyobb 150 W/m^3 -nél. A pizstrángos régióban megengedett a 200 W/m^3 teljesítménysűrűség.

A medence méreténél figyelembe kell venni a természetes halállományt, valamint a vándorló halak várható számát. Az általánosan ajánlott minimális medenceméreteket az alábbi táblázat tartalmazza. Az adott értékek különböző irodalmi adatokon, hidraulikai méretezési kritériumokon, valamint működő berendezések méretein alapulnak. A kisebb medenceméreték a kisebb vízfolyásokra, míg a nagyobbak a nagyobbakra értendők. Amennyiben a kiépítési hosszok és vízmennyiségek nem valósíthatók meg, akkor más típus kiválasztása javasolt.

Hagyományos medence jellegű halátjáró javasolt méretei

HAGYOMÁNYOS HALÁTJÁRÓ MÉRETEI									
Halak, illetve zóna	Medenceméret [m]			Víz alatti nyílás mérete [m]		Felső bukó mérete [m]		Vízhozam [m ³ /s]	Max. vszk* [m]
	hossz L _M	szélesség b _m	mélység h _m	szélesség b _{ny}	magasság h _{ny}	hossz L _b	szélesség b _b	Q	Δh
Tokfélék	5-6	2,5-3	1,5-2	1,5	1	-	-	2,5	0,2
Dunai galóca	2,5-3	1,6-2	0,8-1,0	0,4-0,5	0,3-0,4	0,3	0,3	0,2-0,5	0,2
Pénzes pér, domolykó, dévérkeszeg, egyéb	1,4-2	1,0-1,5	0,6-0,8	0,25 - 0,35	0,25 - 0,35	0,25	0,25	0,08-0,2	0,2
Felső pizstráng zóna	>1,0	>0,8	>10,6	0,2	10,2	0,2	0,2	0,05-0,1	0,2

* maximális vízszintkülönbség

A medencék medrét érdesen kell kialakítani, ami csökkenti a fenékközeli vízsebességeket, így segíti a kis halak és a gerinctelen bentoszfauna átjutását is. Ebből a célból javasolt még a meg nem kötött betonba egymás mellé köveket elhelyezni.

11.1.2 Különleges kialakítások

A hagyományos medence jellegű halátjáró módosított változata az ún. rombusz-halátjáró, ahol a közfalak a medence tengelyéhez és a folyásirányhoz viszonyítva ferdén helyezkednek el.

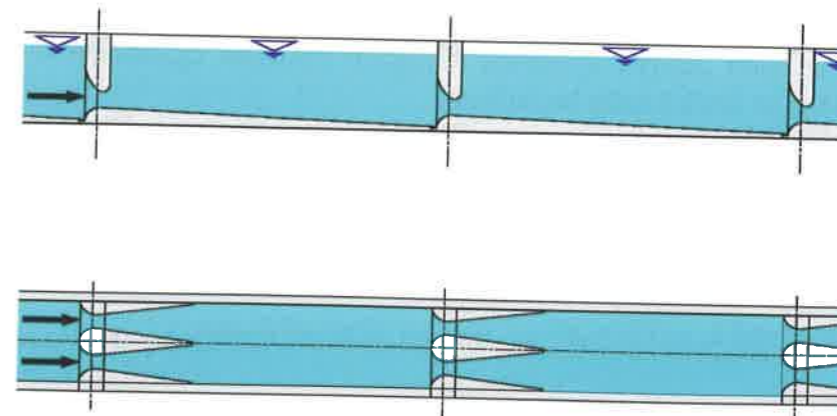


A közfalak dőlésszöge a fenékhez viszonyítva kb. 60° , a medence tengelyéhez viszonyítva pedig $45-60^\circ$. A közfalak így egy rombuszformát vesznek fel, innen ered az átjáró elnevezése is. Mivel a közfalak nem tükröképük egymásnak, ezért az építéskor két öntőforma elkészítése szükséges.

A méretezés szempontjából a hagyományos medence jellegű halátjáró adatai a mértékadók.

Ennek az építési módnak az előnye, hogy a medencékben kialakuló kedvező áramlási viszonyok mellett jelentős a medencék öntisztulása is. A ferde közfalak a halak számára vezetőműként is szolgálnak a következő fenéknyílásig.

A csepp-meder formájú halátjárókra az átfolyó nyílásokat követő meder különlegesen kialakított formája – egy cseppformában meghosszabbított csatorna – a jellemző. Hidraulikai modellkísérletekkel optimalizálják a medencéket, így közel zavartalan áramlás alakítható ki. Az egymás mellett elhelyezkedő cseppformájú csatornák megkönnyítik a halak tájékozódását, ezzel segítik az átjutást.



A csepp-meder formájú medencés halátjárók viszonylag hosszú medencéket igényelnek, és a vízszintkülönbség is kicsi, nem lehet több a medencék között, mint 0,14 m. Ezt a halátjárót akkor lehet alkalmazni, ha:

- a duzzasztási szint kicsi,
- elegendő építési terület áll rendelkezésre a hosszú művek kialakításához.

Az eddigi tapasztalatok alapján ezen a halátjárón a gyengén úszó halak, illetve megfelelően durva aljzat esetén a gerinctelen állatok is könnyen átjutnak. A halátjáró jelentős hátránya a nagy helyigény és az építési szempontból igényes kivitelezés.

11.1.3 Hidraulikai méretezés

A működőképesség biztosításához a következő paraméterek a mértékadók:

- a víz alatti átjáró nyílásokban a vízsebesség határértéke nem lépheti túl a 2 m/s maximális értéket,
- a teljesítménysűrűség a turbulenciaszegény medencében nem több mint 150 W/m³, illetve 200 W/m³ a pisztráng régióban.

A víz alatti átfolyási nyílásokban lépnek fel a maximális vízsebességek. Ez a következő képlettel számítható:

$$v_{ny} = \sqrt{2g\Delta h} \text{ [m/s]}$$

Az egyenlethől következik, hogy a $v_{max} = 2,0$ m/s felső határérték a közfalak között egy $\Delta h = 0,2$ m vízszintkülönbséget tesz lehetővé.

A vízhozam számítására a következő képlet alkalmazható:

$$Q_{ny} = \psi \cdot A_{ny} \cdot \sqrt{2g\Delta h} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

ahol

$$A_{ny} = h_s \cdot d_s \text{ [m}^2\text{]}$$

azzal, hogy a víz alatti átfolyó nyílásban kialakuló kifolyási együttható a mederanyagtól függően $\psi = 0,65-0,85$ érték között becsülhető.

A közfal nyíláson átfolyó hozam a következő képlettel számítható:

$$Q_h = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot b_h \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{\hat{a}t}^{\frac{3}{2}} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

ahol

$h_{\hat{a}t}$ - átbukási magasság [m]

μ - átbukási együttható $\mu \approx 0,6$

σ - csökkentési együttható

A csökkentési együttható σ , ami a mindenkori alsó medence visszaduzzasztó hatását fejezi ki, a következő egyenlettel számolható:

$$\sigma = \left\{ 1 - \left\{ 1 - \frac{\Delta h}{h_{\hat{a}t}} \right\}^{1,5} \right\}^{0,385}$$

Érvényességi tartomány: $0 \leq \frac{\Delta h}{h_{\hat{a}t}} \leq 1$, ha $\Delta h > h_{\hat{a}t}$, akkor $\sigma = 1$

Az átbukási és kifolyási együtthatók csak közelítő értékek, a kialakított nyílásoktól függenek, a követelményeknek megfelelően pontosítandók.

A közfal nyíláson átbukó vízszög maximális sebessége a korábbi egyenlet v_s képletével számítandó.

A teljesítménysűrűségnek az egyes medencékben az $E = 150-200$ W/m³ értékek közé kell esni. A teljesítménysűrűség a következő egyenlettel becsülhető:

$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{b h_k (L_M - d)} \text{ [W/m}^3\text{]}$$

ahol a vízhozam a $Q = Q_{ny} + Q_h$ képlettel számítandó.

A cseppformájú halátjárók esetében további speciális energiaátalakulást kell figyelembe venni, ami a felsorolt, mellékelt irodalomban megtalálható.

A hagyományos medence jellegű halátjáró számítási példája

Egy duzzasztómű mellé egy hagyományos medencés halátjárót kell tervezni. A vízszintkülönbség ingadozása a felvív és az alvív között a tervezett halátjáró esetében, $\Delta h_{\text{össz}} = 1,6 - 1,2$ m. A vízfolyás potamális jellegű, arra jellemző halfajokkal. A „pisztrángok” előfordulása nem várható.

A javasolt medenceméretek tartalmazó táblázat alapján a következő medenceméretek vehetők fel:

- medence szélesség $b_m = 1,4$ m
- minimális vízmélység $h_m = 0,6$ m.

A medence aljzatát vízepítési kövekkel érdesítetik.

A közfalakat csak alsó nyílással látják el, méretei: $b_s = h_s = 0,3$ m. A közfalon nyílás nem készül.

A maximális vízszintkülönbség nem haladhatja meg a $\Delta h = 0,2$ m-t, így a képlet szerint:

$$n = \frac{h_{\text{össz}}}{\Delta h} - 1 = \frac{1,6}{0,2} - 1 = 7 \text{ medence szükséges}$$

Magasabb alvízszintnél a vízszintkülönbség 0,15 m-re csökken az alábbiak szerint:

$$\Delta h_{\text{min}} = \frac{1,2}{8} = 0,15 \text{ m}$$

A közfal alsó nyílásában kialakuló sebesség $\Delta h = 0,2$ m kisvíznél:

$$v_{ny} = \sqrt{19,62 \cdot 0,2} = 1,98 \text{ m/s}$$

$\Delta h = 0,15$ m

$$v_{ny} = \sqrt{19,62 \cdot 0,15} = 1,71 \text{ m/s}$$

ami kisebb, mint a megengedhető $v_{\text{max}} = 2,0$ m/s.

A vízhozamot, $\psi = 0,75$ felvett tényező mellett:

$$Q_{s,\text{max}} = \psi \cdot A_s \cdot \sqrt{2g\Delta h} = 0,75 \cdot 0,3^2 \cdot 1,98 = 0,134 \text{ m}^3/\text{s}$$

kisvíznél és alacsonyabb alvízszintnél:

$$Q_{s,\text{min}} = 0,75 \cdot 0,3^2 \cdot 1,71 = 0,115 \text{ m}^3/\text{s}$$

Az $E = 150 \text{ W/m}^3$ teljesítménysűrűség melletti turbulenciaszegény áramlási viszonyok mellett a medencemélység:

$$h_m = h + \frac{\Delta h}{2} = 0,6 + \frac{0,2}{2} = 0,7 \text{ m}$$

$d = 0,1$ m vastag közfal mellett a medencehossza:

$$(L_b - d) = \frac{\rho g \Delta h Q}{E b h_m} = \frac{9,81 \cdot 1000 \cdot 0,134 \cdot 0,20}{150 \cdot 1,40 \cdot 0,7} \text{ [m]}$$

$$L_M = 1,89 \approx 1,90 \text{ m}$$

Az alsó közfal magassága 1,0 m-es vízmélységnél 20 cm mederanyag és a $\Delta h = 0,15$ m

$$h_{\text{afal}} = 1,0 + 0,20 + 0,15 = 1,35 \text{ m}$$

a felső fal:

$$h_{\text{ffal}} = 0,8 + 0,20 = 1,0 \text{ m}$$

A középső közfalak magassága így 5 cm-rel csökken a felső falig.

Általános vélemény

A hagyományos medence jellegű halátjárók a legrégebbi és – megfelelő kialakítás, elrendezés, valamint karbantartás mellett – az egyik legjobb megoldást jelentik. A medencés átjárók lehetővé teszik a kisebb halak, ivadékok és a bentoszervezetek migrációját is. A medencesorozatba beépített durva aljzat kimondottan elősegíti a bentikus fauna vándorlásának lehetőségét.

Kedvező még a viszonylag kisebb vízigény, ami a szokásos nyílások és vízszintkülönbségek esetében 0,05-0,5 m³/s.

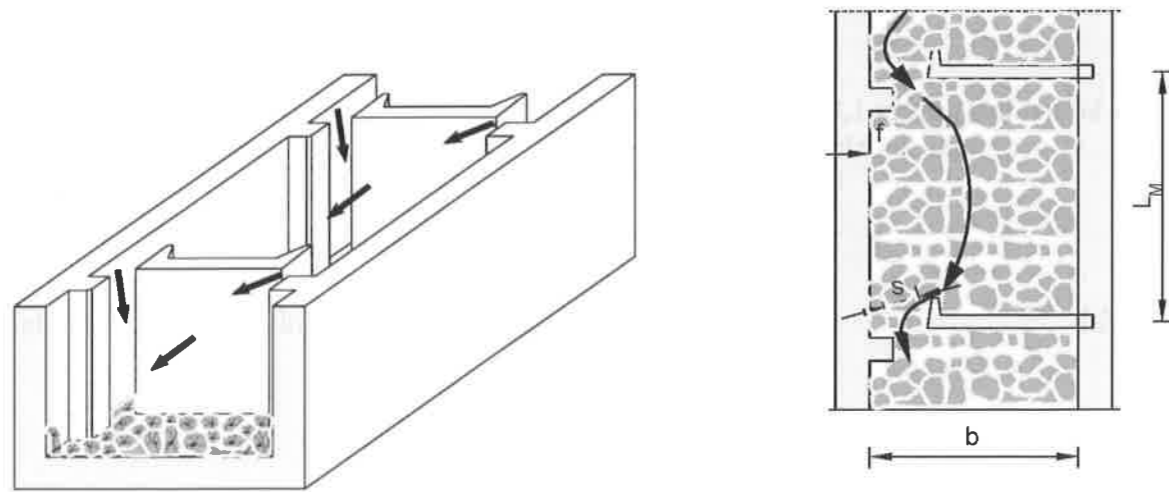
A hagyományos medence jellegű halátjárók jelentős fenntartási igénye hátrányként jelentkezik, mivel a nyílások könnyen eltömődhetnek. Általában a medencés rendszerek azért nem működnek megfelelően, mert a nyílások eltömődnek, ezért azokat szabályos időközönként ellenőrizni és szükség szerint tisztítani kell.

11.2 Réselt halátjárók

11.2.1 Működési elv

Az ún. réselt halátjárót az USA-ban fejlesztették ki, és a 20. század közepe óta alkalmazzák széles körben. Ezt követően néhány év múlva kezdett elterjedni Európában is.

A réselt halátjáró a medencés halátjáró egy olyan változata, ahol a közfalakat a medence szélétől egy függőleges rés (nyílás) választja el. A rés alvizén található terelőfal biztosítja a medencében a halvándorlást segítő kedvező áramlási kép kialakulását. A vízfolyás méretétől és a vízhozamtól függően két vagy egy rés kialakítása lehetséges.



Egy rés esetében a medencés halátjáró váltakozó elhelyezkedésű víz alatti nyílásaival szemben itt a rések mindig egy oldalon helyezkednek el.

11.2.2 Kialakítás

11.2.2.1 Helyszín

A résel halátjáró elhelyezésére, az alvízi rész kialakítására a hagyományos medence jellegű halátjáróknál leírtak a mértékadók.

11.2.2.2 Hossz-szelvény

A hossz-szelvény menti kialakítás megfelel a hagyományos medencés halátjáróknak. A mederfenék, a ki- és betorkollás, valamint a vízmélység kialakításánál a korábbi fejezetben foglaltak a mértékadók.

11.2.2.3 Medenceméretezés

A szükséges medenceméretet a rések szélessége a rések száma (egy- vagy kétréses halátjáró), valamint a vízhozam határozza meg. Egy turbulenciaszegény medenceáramlás úgy, mint a hagyományos medence jellegű halátjáró esetében akkor érhető el, ha a teljesítménysűrűség: $E < 200 \text{ W/m}^3$. Az alábbi táblázat medenceméret adatai laboratóriumi és gyakorlati méréseken alapulnak. A jelölések a táblázatból leolvashatók.

MÉRETEK	HALAK	JELÖLÉS	PISZTRÁNG, PÉNZES PÉR, DOMOLYKÓ, DÉVÉRKESZEG, EGYÉB	DUNAI GALÓCA	TOKFÉLÉK
Rés szélesség		s [m]	0,15 - 0,17	0,30	0,60
Medenceszélesség		b_m [m]	1,20	1,80	3,00
Medencehossz		L_M [m]	1,90	2,75 - 3,00	5,00
Átmeneti hossz		c [m]	0,16	0,18	0,40
Megvezetési távolság		a [m]	0,06 - 0,10	0,14	0,30
Terelő szélessége		f [m]	0,16	0,40	0,84
Vízszint különbség		Δh [m]	0,20	0,20	0,20
Minimális vízmélység		h_{\min} [m]	0,50	0,75	1,30
Szükséges vízhozam		Q [m ³ /s]	0,14 - 0,16	0,41	1,40

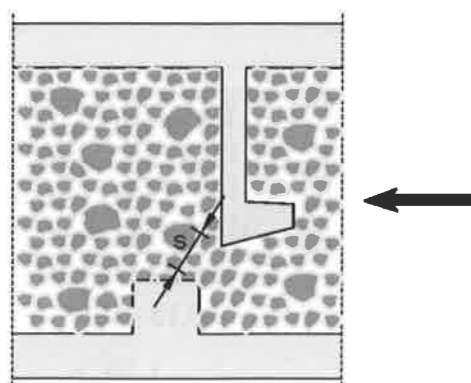
A megadott méretek egyrésű (nyílású) halátjáróra vonatkoznak. Két rés (nyílás) esetén a medenceszélesség megduplázódik úgy, hogy a réssel szembeni medencefal a szimmetriatengely.

Az $s = 0,15-0,17$ m-es résnyílású műveknél az irodalmi adatok alapján a minimális medenceméretek: $L_M = 1,9$ m és $b_m = 1,2$ m.

11.2.2.4 Beépítés

A résel halátjáró meghatározó mérete az s résnyílás, ami függ a halfaunától és a rendelkezésre álló vízhozamtól. A sebes pisztráng, pérfélék, pontyfélék és kisebb termetű halak esetében elégséges az $s = 0,15-0,17$ m-es résnyílás. Nagytetű halak és nagy folyók esetében a résnyílások annak megfelelően nagyobbak, $s = 0,3-0,6$ m, és a medence mérete is növekszik. Ha a megfelelő vízhozam nem áll rendelkezésre, akkor $s = 0,20$ m méretű rések elfogadhatók. A méretezés során különös figyelmet kell fordítani a medencékben kialakuló áramlási viszonyokra.

A közfalak beépítésekor figyelni kell arra, hogy ne alakuljon ki gyors átfolyás, „áramlási rövidzárlat”. Ennek megakadályozására, a megfelelő áramlási viszonyok beállítására a közfal szabad végét szigonyszerűen alakítják ki, és a rés közelébe áramlástelérő falat építenek be, amit a következő ábra szemléltet. A terelőfal az áramlást egy bizonyos α szögben eltéríti úgy, hogy a medencében egy fő áramlási vonal alakul ki. A kisebb medencékben az a szög legalább 20° míg a nagyobb réstávolságú medencéknél $30-45^\circ$ javasolható.



A modell és természetbeni kísérletek azt mutatták, hogy a javasolt értékek megváltoztatása nem biztosítja a megfelelő és szükséges áramlási viszonyokat.

Építőanyagként kész beton- vagy faelemek jöhetnek számításba. Fa beépítése esetén annak stabilitásáról, kitámasztásáról, illetve befogásáról gondoskodni kell. Az áramlásterelő fal egy a medencefalra felerősített oszlop is lehet.

A közfal magasságát úgy kell megválasztani, hogy a közepes vízhozamok azt ne hágják meg.

11.2.2.5 Mederanyag

A réselt halátjáró egységes mederanyag kialakítását teszi lehetővé. A mederhez használt anyag közepes szemcseátmérőjének legalább $d_{50} = 60$ mm-nek kell lennie. Lehetőség szerint törekedni kell a vízfolyás természetes mederanyagának használatára. A minimális rétegvastagság kb. 0,2 m. Célszerű a még plasztikus betonba nagyobb vízépítő kövek behelyezése, az anyag laza beépítése.

Az ilyen mederanyag jelentősen növeli a bentoszfauna számára az átjárhatóságot, mert így a fenéken lényegesen alacsonyabb vízsebességek alakulnak ki. A vízsebesség jelentős csökkenése elsősorban a nagyobb kövek hatására vezethető vissza. A kövek mögötti védett helyek kihasználásával a halátjárón a „gyengébb” halak is átjuthatnak.

Figyelmet kell fordítani a halátjáró és a vízfolyás medrének találkozására, itt esetenként kőszórással kell stabilizálni a folyómedret.

11.2.3 Hidraulikai méretezés

Ki kell számolni minden fontosabb üzemi helyzetre a

- vízmélységet,
- a résnél a vízsebességet (kritikus érték),
- vízhozamot,
- a medencékben az energiaátalakítást, a teljesítménysűrűséget.

Közvetlenül a résnél, a közfal alatt a vízmélységnek olyannak kell lennie, hogy a résen ne sugárban átrohanó víz legyen. Ezt akkor lehet elérni, ha a feltételek:

$$h_s > h_{cr}$$

vagy:

$$v_{max} > v_{cr}$$

az alábbiak kielégítésével:

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gs^2}} \text{ [m]}$$

$$v_{max} = \sqrt{2g\Delta h} \text{ [m/s]}$$

$$v_{cr} = \sqrt{gh_{cr}} \text{ [m/s]}$$

A $\Delta h = 0,2$ m értéknél egy kb. $h_u = h_{min} = 0,5$ m minimális vízmélység adódik (közvetlenül a rés alatt mérve). Ahhoz, hogy ezt minden üzemállapot mellett biztosítani lehessen, a következő eljárás mód javasolt:

- a bevezetés medermagasságának mértékadó értéke a legkisebb felvízszint. A legfelső medence fenékszintje ez a felvízszint alatt helyezkedik el ($h_{min} + \Delta h$),
- a mértékadó alvízszint egy olyan kisvízszint, ami az évnél csak néhány napjában kisebb az adott értéknél. A legalsó medence fenékszintje így a kisvízszint - h_{min} szinten lesz.

Ilyen felvízi és alvízi állapotoknál minden medencében azonos vízmélységek és vízszintkülönbségek állnak elő.

A szükséges medencék számát – n – a következő képlet segítségével számíthatjuk ki

$$n = \frac{h_{össz.}}{\Delta h} - 1 \text{ [db]}$$

ahol ismételtén érvényes a $\Delta h \leq 0.20$ m érték.

A maximális vízsebességek – v_{max} – a réseknél jelentkeznek, és a maximális vízszintkülönbség Δh függvényében számíthatók:

$$v_u = \sqrt{2g\Delta h} \text{ [m/s]}$$

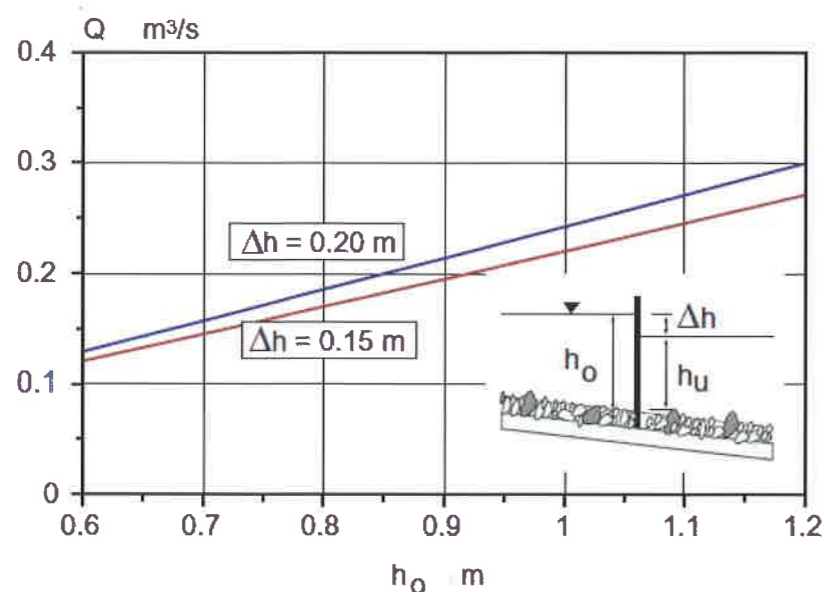
A réselt halátjáró vízhozama a résnyílások hidraulikai viszonyaitól függ, és a következő egyenlet alapján becsülhető

$$Q = \frac{2}{3} \mu_r s \sqrt{2gh_0^3} \quad [m^3/s]$$

$$\text{ahol } \mu_r = f(h_u/h_0)$$

A μ_r együttható értékét laborvizsgálatok, meglévő létesítmények alapján határozták meg. A méretezési tartományok: $s = 0,12-0,3$, $h_u = 0,35-3$ m, $\Delta h = 0,01-0,3$ m. Nagyobb résméretek esetén modellkísérlet javasolt.

A nomogramról a vízhozam közvetlenül leolvasható a következő keretfeltételek mellett: $s = 17$ cm, a $\Delta h = 0,2$ m, illetve $\Delta h = 0,15$ m.



A vízhozamszámítás időigényesebbé válik akkor, ha különböző fel- és alvízszinteket kell figyelembe venni. Ilyen eset akkor léphet fel például, ha az alsó medencék alvízi oldalról visszaduzzasztásra kerülnek, vagy különböző felvízszintekre (pl. fix bukó, duzzasztó) is tekintettel kell lenni. A közfalaknál különböző vízmélységek alakulhatnak ki, ami különböző vízszintkülönbséget adhat a duzzasztási vagy apasztási felszín görbéhez viszonyítva. Ilyenkor az iteratív – megközelítő – hozamszámítási eljárás követhető az alábbi javaslat szerint: először a vízhozamot meg kell becsülni, majd meghatározásra kerül a felső (első) közfalnál a közepes vízszintkülönbség. Ezzel a hozammal alulról kezdve lépésenként határozandó meg a beálló h_0 felvízmélység. Ez a számítás is csak iteratív módon oldható meg, mivel a μ_r ugyancsak a h_u/h_0 függvénye. Amennyiben a vízhozambecslés jó volt, akkor az első (felső) közfal számított h_0 értékét kell a felvízállásnak kiadni. Ellenkező esetben a számításokat korrigált vízhozammal meg kell ismételni.

A turbulenciaszegény áramlás elérésére a medencékben a teljesítménysűrűség nem lépheti túl az $E = 200$ W/m³ értéket. A teljesítménysűrűség számítása:

$$E \approx \frac{\rho g \Delta h Q}{b h_m (L_m - d)} \quad [W/m^3]$$

11.2.3.1 Réselt halátjáró méretezésének számítási példája

Egy duzzasztót réselt halátjáróval kívánják átjárhatóvá tenni. A felvízszint 61,95 m B.f. (nyári duzzasztás) és 62,1 m B.f. (téli duzzasztás) között változik. Az alvízen a mértékadó kisvízszint 60,6 m B.f., a folyómeder fenékszintje 60 m B.f., és a halátjáró alvíze a mederfenék. A tervezés során a pisztrángfélékét nem kell figyelembe venni.

A vízhozamot, a vízsebességeket és a turbulencia-viszonyokat a minimális és maximális felvízszintre kell számítani.

Méretezés:

- Réstávolság : $s = 0,17$ m
- Medencehossz.: $L_M = 1,90$ m
- Medenceszélesség: $b_m = 1,40$ m.

A felvíz és alvízszint közötti maximális különbség $h_{max,össz} = 62,1 - 60,6 = 1,5$ m, a megengedett vízszintkülönbség $\Delta h = 0,2$ m mellett a medenceszámra vonatkozó képlet alapján:

$$n = \frac{h_{max,össz}}{\Delta h} - 1 = \frac{1,5}{0,2} - 1 = 6,5 \approx 7 \text{ medence}$$

A további számítások azonban azt mutatják, hogy legalább $n = 8$ db medencére van szükség, azaz kilenc közfalra ahhoz, hogy a téli magasabb felvíznél a vízszintkülönbség ne haladja meg a megengedett értéket.

Az átjáró teljes hossza, beleértve az 1 m-es elő- és utómedencét:

$$L_{össz} = 8 \cdot 1,90 + 2 \cdot 1,0 = 17,20 \text{ m}$$

A medencék 0,2 m vastag mederanyagot tartalmaznak. Azért, hogy az alacsony felvízszintnél minden medencében azonos áramlási viszonyok tarthatók legyenek, a halátjáró minimális vízmélységét $h = 0,6$ m-ben választották meg és a felvíz - alvíz különbséget minden köztes fal között egyenlően osztották fel.

A felvíz és alvízszint közötti minimális különbség:

$$h_{min,össz} = 61,95 - 60,6 = 1,35 \text{ m}$$

és a

$$\Delta h = \frac{1,35}{9} = 0,15 \text{ m}$$

értékekkel a felvízi bevezetés magassága a felső mederanyagra vonatkoztatva:

$$Z_{e,meder} = 61,2 - 0,2 = 61,0 \text{ m}$$

Alacsony felvízszinteknél minden közfalon azonos vízszintkülönbségek és vízmélységek alakulnak ki. A maximális vízsebességek a résekben:

$$v_s = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{19,62 \cdot 0,15} = 1,72 \text{ m/s} < 2,0 \text{ m/s}$$

A vízhozam ($h_0 = 0,75 \text{ m}$ és $\Delta h = 0,15 \text{ m}$) a nomogramról leolvasott érték $Q = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$, amit a részletes számítások megerősítenek:

$$h_0 = 0,75 \text{ m}, h_u = 0,60 \text{ m}$$

$$\frac{h_u}{h_0} = \frac{0,60}{0,75} = 0,80$$

az előző fejezeti ábrából $\rightarrow \mu_r = 0,49$

$$Q = \frac{2}{3} \mu_r s \sqrt{2gh_0^3} = \frac{2}{3} \cdot 0,49 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,75^3} = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

A medencékben a turbulencia-viszonyokat a teljesítménysűrűség alapján vizsgálták.

$$h_m = h_u + \frac{\Delta h}{2} = 0,6 + \frac{0,15}{2} = 0,675 \text{ m}$$

$$Eh = \frac{\rho g \Delta h Q}{b_n h_m (L_m - d)} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,16 \cdot 0,15}{1,4 \cdot 0,675 \cdot (1,90 - 0,10)} = 138 \text{ W/m}^3$$

Az $E = 200 \text{ W/m}^3$ irányértéket nem haladja meg.

Magas felvízszintnél a vízhozam számítását a már említett iteratív módszerrel, a következő algoritmus szerint kell elvégezni:

A próbaszámítás eredménye alapján a magas felvízállásnál az első közfalnál szintén $\Delta h_1 = 0,15 \text{ m}$ áll be,

$$h_{o,1} = 0,90 \text{ m}, \text{ és } h_{s,1} = 0,75 \text{ m}$$

$$\frac{h_{s,1}}{h_{o,1}} = \frac{0,75}{0,90} = 0,833$$

$$\mu_r = 0,46$$

a vízhozam:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0,46 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,90^3} = 0,197 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

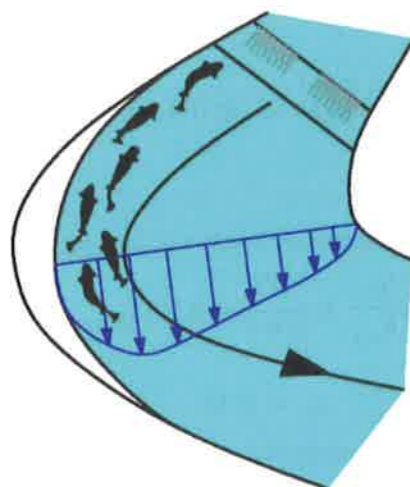
Ennél a vízhozamnál a medencékben beálló vízállások csak iteratív módon közelíthetők meg, mivel a vízhozam a h_0 és μ_r együtthatótól, valamint a h_u/h_0 értéktől függ, és nincs mód a közvetlen meghatározásra. Ehhez minden válaszfalra a Δh -t becsülték, meghatározták a μ_r -t és a Q egyenlet alapján h_0 -al a Q vízhozammal beálló h_0 felvízmélységet számították.

A turbulencia-viszonyokat csak az alsó medencére számították, mivel itt van a legnagyobb vízszintkülönbség. A $h_m = (0,81 + 0,66)/2 = 0,735$ -ből következően a nyolcadik medencében a teljesítménysűrűség:

$$E \approx \frac{\rho g Q \Delta h_8}{b h_m (L_m - d)} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,197 \cdot 0,19}{1,40 \cdot 0,735 \cdot (1,90 - 0,1)} = 198 \text{ W/m}^3 < E = 200 \text{ W/m}^3$$

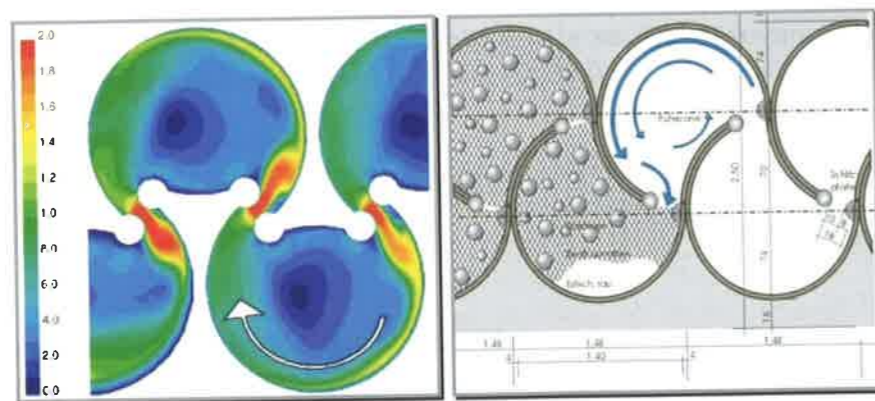
A számítások azt mutatják, hogy magas vízállásnál az alsó közfalnál már kritikus vízsebességek (2 m/s körül) alakulhatnak ki, ami megalapozza azt, hogy nem hét, hanem nyolc medence kerül kialakításra. Hét medence esetében az alsó közfalnál már 2,17 m/s maximális vízsebességek alakulnának ki. A példa csak megerősíti azt, hogy a réselt halátjárók esetében a hidraulikai számításokat különös gondossággal kell elvégezni, hogy elkerüljük a hibás méretezést.

A művi medence jellegű réselt halátjárók egyik fajtája a **körmedencés halátjáró**. A halátjáró kialakításánál szintén a halak mozgását vették figyelembe, az átjáróban „halbarát” áramlási viszonyokat alakítottak ki, amit az alábbi ábra szemléltet.



A medencefal mentén az érdesség csökkenti az áramlási sebességet, míg a központi részen lassú áramlású, pihenő zónák alakulnak ki. A medencék áramlási viszonyai turbulenciától mentesek, ugyanakkor öntisztító jellegűek, segítik a medencék tisztántartását. Ennek megfelelően a meanderező halátjáró fenntartási igénye kisebb, mint más réselt halátjáróké.

Jellemző áramlási kép modellvizsgálatok alapján



A körmedencés halátjárón végzett vizsgálatok alapján megállapították, hogy az nagymértékben kielégíti a felfelé vándorló halak igényét. A gyenge úszóképességű halak is átjutottak a halátjárón, testmérettől függetlenül. Más halátjárókkal összehasonlítva a körmedencés halátjáró hatékonysága kimondottan jónak ítélnélhető. Kis helyigénye miatt különösen jól alkalmazható szűkös helyeken. Kialakítása költségkímélő, a beton elemek, műanyag betétek előregyárthatók.

A körmedencés halátjárónak három fő típusa létezik



C típus



J típus



H típus

Körmedencés halátjáró javasolt méretezése

TÍPUS	C TÍPUS	J TÍPUS	H TÍPUS
Esés [%]	17 - 30	8 - 17	4 - 8
Medence átmérője [m]	1,00 - 2,40	--	--
Medence hossza [m]	--	1,50 - 3,50	1,50 - 3,50
Medence szélessége [m]	--	1,00 - 2,00	1,00 - 2,00
Medence magassága [m]	0,75 - 3,00	0,75 - 3,00	0,75 - 3,00
Vízhozam [l/s]	50 - 1000	500 - 1000	500 - 1000
Δh [m]	0,14 - 0,20	0,14 - 0,20	0,08 - 0,20

A körmedencés halátjáró beépítését jól szemlélteti az alábbi fotó.



Borkow. Körmedencés halátjáró félig leeresztve

11.2.4 Összefoglaló értékelés

A vízfolyás méretétől és vízhozamától függően két vagy egy rés kialakítása lehetséges. Egy rés esetében a medencés halátjáró váltakozó elhelyezkedésű nyílásaival szemben itt a rések mindig egy oldalon helyezkednek el. A medence jellegű résel halátjáró különösen jó megoldás a vízfolyás átjárhatóságának biztosítására a kisebb, illetve a kevésbé „erős” halak számára is.

A medence jellegű résel halátjárók előnyei:

- A teljes magasságban végighúzódnó nyílások megkönnyítik a mederanyagon tájékozódó és a szabad víztestben úszó halak átjárását.
- Az áramlási-hidraulikai feltételek nagy biztonsággal garantálhatók.
- A rések környezetében a fenéken a lecsökkentett sebesség következtében az átjutás a gyengébb halak számára is biztosított, különösen akkor, ha megfelelő méretű zavaróköveket is beépítünk.
- Jól alkalmazkodik a változó felvízszinthez.
- A teljes átjárhatóság miatt – rések – lehetővé teszi a gerinctelen bentoszfauna átjutását is.
- A teljes magasságra kiterjedő rés érzéketlenebb az eltömődésre, kisebb dugulások nem okozzák azonnal a rendszer működésképtelenségét.

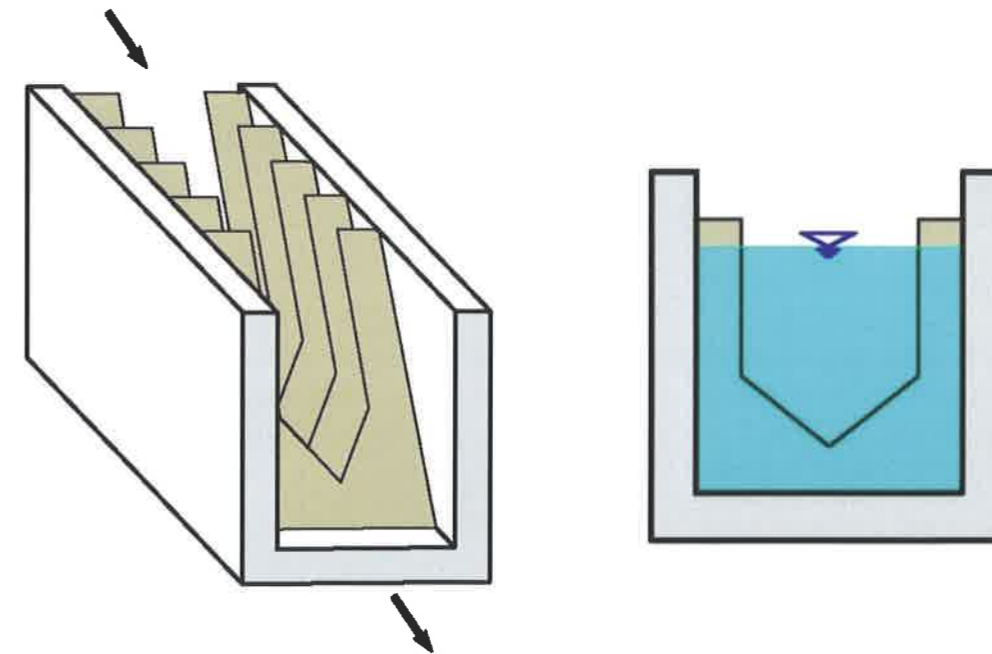
11.3 Csatorna jellegű halátjárók

11.3.1 Denil halátjáró

11.3.1.1 Helyszín

A 19. században Denil belga mérnök találta fel az ellenáramú halátjárót, melyet róla neveztek el. A halátjáró egy egyenes csatornából áll, amibe a terelőfalakat viszonylag közel egymáshoz, az áramlás irányával szembe megdőntve helyezik el.

Denil ellenáramú halátjáró



Az ellenáram a terelőfalak között alakul ki, megtörve az energia jelentős részét, így viszonylag kis vízsebességek jönnek létre a terelőfal alsó részén. Ez lehetővé teszi a Denil halátjáróban a lépcsőszerű esés kialakulását, ami miatt alkalmas kisebb és közepes szintkülönbségek rövid távolságon történő áthidalására. A kompakt kialakítás és a kis helyigény lehetővé teszi a halátjáró előregyártását és egy egységként történő beépítését egy meglévő duzzasztóba.

11.3.1.2 Kialakítás

A csatorna mindig egyenes vonalvezetésű, kanyarok nem engedhetők meg, mert kedvezőtlenül befolyásolják az áramlási viszonyokat. Irányváltás csak közbeiktatott medencék segítségével történhet. A halak pihenés nélkül haladnak át a halátjárón, a terelőfalak között nincs lehetőség a várakozásra, pihenésre. A Denil halátjáró elhelyezésével kapcsolatos elvek megegyeznek a medencés halátjáróknál ismertekkel.

11.3.1.3 Hossz-szelvény

A csatorna szokásos esése $I = 1:5$ (20%) - $I = 1:10$ (10%) között van. A csatorna szélessége függ az adott élőhely halfajaitól. Ajánlott értékeket az alábbi táblázat tartalmazza.

HALFAUNA	CSATORNA SZÉLESSÉGE [m]	AJÁNLOTT ESÉS		SZÁMÍTOTT VÍZHOZAM Q [m ³ /s]
		[%]	[1:n]	
Pénzes pér, pontyfélék	0,6	20	1:5	0,26
	0,7	17	1:5,88	0,35
	0,8	15	1:6,67	0,46
	0,9	13,5	1:7,4	0,58
Dunai galóca, pisztrángfélék	0,8	20	1:5	0,53
	0,9	17,5	1:5,7	0,66
	1,0	16	1:6,25	0,82
	1,2	13	1:7,7	1,17

11.3.1.4 A csatorna

A Denil halátjáró csatornáját általában betonból vagy fából készítik. Pisztráng- és pontyfélék vándorlásához elegendő a 0,6-0,9 m széles csatorna. A rendelkezésre álló vízhozam függvényében a csatornák párhuzamosan is elhelyezhetők.

11.3.1.5 Terelőfalak

A gyakorlatban a fából készült terelőfalakat részesítik előnyben, ilyen falak fémből ritkán készülnek. A felső részén „U” formájú, párhuzamos szárákkal induló, majd az alsó részen „V” formájú „zsákban” végződő profilú (lásd Denil ellenáramú halátjáró ábrája) terelőfalak dőlésszöge a felvív irányába a fenékhez viszonyítva 45°.

11.3.1.6 Összefoglaló értékelés

A Denil halátjáró előnyei:

- kis helyigény,
- előregyártás lehetősége,
- könnyen beépíthető meglévő létesítményekbe,
- az alvív szintjének változására kevésbé érzékeny,
- jó csalivíz-hatás.

A Denil halátjáró hátrányai:

- rendkívül érzékeny a felvízszint változására (általában 20 cm a megengedett),
- más típushoz viszonyítva jelentős vízhozam-igény,
- magas fenntartási költség.

A Denil halátjáró szelektív, csak a jó úszóképességű halfajok számára biztosít átjárást. A bentoszfauna számára az átjárás szinte lehetetlen. A fentiek figyelembevételével Denil halátjárót csak ott ajánlatos létesíteni, ahol helyhiány miatt más megoldás nem jöhet szóba.

11.3.2 Kefelemes halátjárók

A megfelelően kialakított kefelemekkel ellátott érdes csatorna a vízi élőlények hosszirányú átjárhatóságát és a csónak, kajak-kenu átjárhatóság együttes megoldását biztosítja. Az energiacsökkentés érdekében változatos elrendezéssel elhelyezett rugalmas, műanyag, kefeszerű érdesítő elemek között a halak is vándorolnak, miközben a felvízről az alvízre a csónakok, kajakok, kenek az elhajló műfűvön áthaladhatnak. A kefelemek évenkénti tisztítása ajánlott.



Rába Szentgotthárd. Halátjáró kefelemes csónakcsúszdával

A kefelemes halátjáró méretezése megegyezik a természetközeli áramlás-zavaró kövekkel ellátott halátjárókéval.

11.3.3 Angolnalétrák

A Sargasso-tengerben szaporodó angolnák fűzfalevél alakú lárvái a Golf-áramlat segítségével jutnak Európa partjaihoz. A fiatal, már a folyókba felúszni képes, ún. üvegangolnák, a Földközi-tengeren át a Fekete-tengerig nem jutnak el, így a Duna vízgyűjtő területén az angolnalétra alkalmazásának - tekintettel a halfaj biológiájára - nincs szerepe.

11.4 Különleges halátjárók

11.4.1 Hajózsilip

A hajózsilipeknek a halvándorlásban közvetlenül kevés a szerepük, de bizonyított, hogy a vándorló halak ezt a lehetőséget is kihasználják. A hajózsilipek támogathatják a vízfolyás folytonosságának helyreállítását, de elhelyezésük nem felel meg a halátjárók követelményeinek. Csalivíz csak a zsilipeléskor jelentkezik, ilyenkor viszont a vízijárművek forgalma kedvezőtlen hatást gyakorol a halakra.

A fejlett navigációs rendszerek a hajóforgalom korlátozása nélkül lehetőséget nyújtanak arra, hogy a hajózsilipek átalakítás után a halzsilip funkciót is ellássák. A csalivíz biztosítása itt is szükséges a halaknak az alvízről a hajózsilipbe és hajózsilipből a felvízre történő vándorlásának segítésére. A Rhone folyón a hajózsilipek rendszerét üzemeltetik halzsilip üzemmódban is. A csalivíz hozama a $60 \text{ m}^3/\text{s}$ -ot is eléri.



Hajózsilip/halzsilip, Rhône folyó, Montélimar

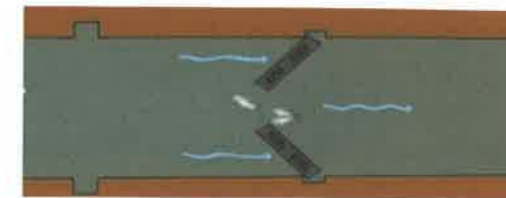
A szakemberek a hajózsilip halzsilip jellegű működtetésének vizsgálatát tervezik a magyarországi Felső-Duna szakaszon.

11.4.2 Halzsilip

Működési módjukban a hajózsilipek és halzsilipek nagy hasonlóságot mutatnak. Alkalmaskak 5-60 m szintkülönbségek esetén a halak vándorlásának biztosítására.

A halzsilip általában egy zsilipkamrából és alsó-felső zsilipből áll. Működésekor négy fázis különböztethető meg:

- belépő fázis: az alsó zsilip nyitott, a vízszint kiegyenlítődik az alvízszinttel, a felső zsilip részben nyitott, létrehozva a zsilipkamrában a halakra ható csalivízet;
- töltő fázis: bizonyos idő után az alsó zsilip zár, a víz felülről érkezik addig, míg a zsilipkamra feltöltődik, és a kamrában a vízszint kiegyenlítődik a felvízszinttel;
- kilépő fázis: a felső zsilip nyit, az alsó zsilip pedig részben nyit, előállítva a halak számára a csalivízet, ami a halakat a felvíz irányába vezeti;
- ürítő fázis: bizonyos idő után a felső zsilip ismét zár, a zsilipkamra megint kiürül, amíg a vízszint kiegyenlítődik az alvízszinttel (e fázis után az egész folyamat ismétlődik).



Halzsilip csalivíz

Egy zsilipelési folyamat a vándorlás aktivitástól függően 30 perctől néhány óráig tarthat. Az első és harmadik fázisnak elég hosszúnak kell lenni ahhoz, hogy a halak megfelelően tudjanak tájékozódni és megtalálják a zsilipkamrába be- és kivezető utat.

Az első halzsilipet az ír származású, Borland nevű mérnök fejlesztette ki az 1940-es évek végén. A Borland típusú halzsilipek általában egy felső kamrából, egy alsó kamrából és az azt összekötő ferde vagy függőleges aknából állnak.

A halzsilip különösen alkalmas a tokfélék számára. A Volga folyón ezért a tokfélék vándorlását biztosító egy zsilipkamrás halzsilipet, az ún. Pavlov-féle halzsilipet alkalmazzák. Belgiumban, a Meuse folyón a Deelder mérnök által létesített osztott kamrás halzsilipnél a két kamrát egy belső zsilip választja el egymástól.

A halzsilip hatékonyságát – ugyanúgy, mint a többi halátjáró típusokét – szintén annak megtalálhatósága, csalogató hatása határozza meg.

11.4.3 Hallift

A hagyományos liftekhez hasonló elven működő rendszer lényege, hogy a medencébe beúszó halakat a medencével együtt felemelik a megfelelő magasságba és ott a halakat szabadon engedik. A beúszó halakat beépített monitorral lehet megfigyelni. A halliftek jelentős magasságkülönbségek áthidalására alkalmasak.

A hallift mérete függ a vándorló halak fajtától, a vándorlás intenzitásától. Egyes szerzők ezt az értéket 15 l/kg haltömegben adják meg. A csalivízet csővezetéken keresztül biztosítják, sebességére $0,3\text{-}0,6 \text{ m/s}$ értéket javasolnak. A felvízen a halakat általában a liftkamra alsó nyitásával engedik szabadon. A hallift működési ciklusa 10 perc és néhány óra között változik.

Egy francia áramszolgáltató cég a francia nyugati partok mentén néhány duzzasztót hallifttel szerelt fel. Ennek segítségével a vándorló halak 38 m duzzasztási szintet is legyőznek. A csalivíz a halakat egy varszerű csapdába vezeti, mely $2,5 \text{ m}$ az átmérőjű és 7 m hosszú. A halakat óránként 4-7 alkalommal egy $3,5 \text{ m}^3$ -es térfogatú medencébe emelik fel. Az elektromos meghajtású lift felemeli azt a halakkal együtt a felvízre és ott annak tartalmát a duzzasztott térbe üríti. A Tuilière/Dordogne duzzasztónál a halak az utolsó pár métert halátjáró segítségével teszik meg. A rendszer a mérések szerint, az Alosa alosa vándorhalfaj esetén rendkívül hatékonynak bizonyult.



Dordogne folyó, La Tuilière hallift (medencezárás és „betolás” előtti állapot)

Nagy duzzasztási magasságoknál a hagyományos halátjárók jelentős mértékű építési munkát igényelnek. Ez nemcsak nagy beruházási költségeket jelent, de az átjutáshoz a halaktól is nagy erőfeszítést igényel. A halliftek a halzsilipekkel szemben rövidebb idő alatt juttatják a halakat az alvízről a felvízre.

12. CSALIVÍZ INTENZIFIKÁLÁSA

A halátjáró működőképessége nemcsak a létesítmény átjárhatóságától függ, hanem döntően attól, hogy a halak megtalálják-e a halátjáró bejáratát. A halátjáró megtalálása függ a halátjáró elrendezésétől, az áramlási viszonyoktól, valamint a rávezető, illetve csalivíz kialakításától. Ennek megfelelően a szükséges csalivíz hozama jelentős is lehet, ami hatással van a termelt energiára, ezért a csalivíz hozamát a tervezés és létesítés során minimalizálni akarják. A csalivíz mennyisége esetenként a halátjárón átvezetett vízmennyiség néhány százalékát is kiteheti. Amennyiben megfelelő vízmennyiség áll rendelkezésre, nem szükséges a csalivíz-rendszer külön kialakítása, hiszen a halátjárón átvezetett nagyobb hozamok lehetővé teszik a halak számára a rendszer érzékelését.

A fentiek figyelembevételével alakítják ki a csalivíz-rendszereket egyrészt azért, hogy csökkentsék a halátjáró vízfelhasználását, másrészt azért, hogy a halak nagy biztonsággal érzékeljék a halátjáró bejáratát. A csalivíz mennyiségének bevezetése és a bevezetés kialakításának módja azonban rendkívüli körülményt igényel. Egyrészt a halaknak érzékelni kell az áramlást, másrészt viszont az így keltett áramlás nem zavarhatja meg a halakat.

A csalivíz hatásának fokozására irányuló megoldás alapelve, hogy egy nagyobb energiájú csalivízzel nagyobb vízmennyiségeket mozgassunk meg az alvízen, előállítva a halak számára érzékelhető vízsebességeket, ezzel jelezve a halaknak a halátjáró bejáratát. A feladat megoldásának hidraulikai alapelve már régóta ismert: egy szabad vízszög kialakítása, azaz egy vízszög, illetve vízszivattyú. Ezt a vízszivattyút nevezik csalivíz-szivattyúnak is. A rendszer egy csalivíz-vezetékkel és egy fúvókából, valamint egy Venturi-csőből áll. A megoldás

gazdaságossága abban rejlik, hogy kisebb csalivíz vezetékkel kell kiépíteni, a vízmegtakarítás állandó, és a csalivíz jelentős részét, kb. 75%-át az alvízből veszi ki.

13. VÍZTAKARÉKOS HALÁTJÁRÓ

Az ökológiai és gazdaságossági összefüggés figyelembevételével optimális megoldást lehet találni a halátjáró számára szükséges vízmennyiség vonatkozásában. Az ökológiai oldalról különleges paraméterként kell kezelni a csalivízet, az átfolyó vízmennyiséget, valamint a halátjáróban létrejövő vízsebességi viszonyokat, amik mindegyikét a halfauna igényeinek ismeretében kell tervezni.

Fő vándorlási időszakban az egyes halfajok, illetve az egyes korosztályok közötti különbségek hatással vannak a halak fiziológiai teljesítőképességére. Ennek megfelelően a halátjáró megtalálása, felkeresése és az azon történő átjutás éves viszonylatban nagymértékben változhat. Ugyanígy az energiaigény is különbözőképpen jelentkezik, azaz az energia igény évszakonként változik. Ennek megfelelően az átocsátott vízmennyiség változtatása a természetközeli megkerülő patakoknál az igényekre jellemző módon alakul. A függőleges résest létesítmények előnye abban rejlik, hogy működőképességük a belépés térségében különböző vízszint-ingadozásoknál, mely általában jellemző a legtöbb duzzasztóra, megfelelő módon tartható. Alapvetően azonban ezeket a halátjárókat csak egy vízhozamra tervezik.

2004-ben a Murán épített vízerőműnél létesített halátjárónál alkalmaztak először egy olyan függőleges résest átjárót, melyet három különböző vízhozamra lehet beállítani. Ennek segítségével kihasználhatták a változtatható vízhozam előnyét az energiagazdálkodás számára úgy, hogy közben az ökológiai igények is teljesíthetők maradtak a rendelkezésre álló hely tekintetében korlátozott körülmények ellenére is. A létesítményt ennek megfelelően úgy méretezték, hogy a halátjáró mindhárom vízhozamnál működőképes legyen. Ez – különösen a fő vándorlási időszakokban egy megemelt hozam mellett – jelentősen javította az átjárhatósági feltételeket.

A Murán épített erőműnél létesített halátjáró – tekintettel a szűk területi adottságokra – egy kombinált létesítmény. Az alsó térben, ahol nagyobb terület áll rendelkezésre, egy természetközeli medencés halátjárót létesítettek. A halátjáró felső része helykorlátozás miatt egy résest halátjáró. A 9,3 m szintkülönbséget egy 230 m összhosszúságban (a beléptető előmedencékkel együtt) 23 résest medencével, valamint 24 természetközeli medencés átjáróval győztek le. Az egyes medencék vízszintkülönbsége a halátjáró mindkét részében 0,2 m. A medencés halátjáró medencéinek mérete 2 × 5 m, 1,3 m maximális vízmélység mellett. A résest átjáró medence hossza 3 m, szélessége 2 m. A vízmélység a mennyiségtől függően 0,45 és 0,95 m, a minimális vízmélység 0,25 és 0,75 m.

A természetközeli kiépítési módhoz igazodva a medencés halátjárók bukói heterogén formájúak és a medencékben elhelyezett holtfa-struktúrák nemcsak növelik a létesítmény működőképességét, de egyben élőhelyet is biztosítanak.

A medencék aljzatát a Murából származó anyaggal töltötték fel. A résest átjárók térségében a kívánalmaknak megfelelően alakították az aljzatot, hogy kisebb termetű halak, mint a botos köllönte, ingola, valamint a gerinctelen fauna számára is alkalmas legyen az átjárásra. A 15-20

cm szemcseméretű kavicsok növelték a meder érdességét, ezzel az energiaátadás, mely a réselátjárók egyik kritikus értéke, a medencékben megfelelő módon javult.

A Mura folyón létesített a halátjáró térsége tipikusan a pénzes pér régióhoz tartozik, melynek fő halfaja pénzes pér, azonban a helyi halfauna a nem őshonos szivárványos pisztráng önfenntartó populációjának dominanciáját mutatja. A botos kölönte, sebes pisztráng, valamint az ingola fajok jelenleg kísérő fajnak számítanak. Előfordulnak olyan potamális fajok is, mint a csíkfélék, fejes domolykó. A dunai galóca elterjedési területének felső határa a Mura e térsége.

A bevezetett vízmennyiséget és annak időbeni változtatását hozzáigazították a halfajokhoz, a vándorlás időszakokhoz és a vándorlási potenciálhoz. Ezekkel egyrészt a tavaszi ívású (pénzes pér, dunai galóca, szivárványos pisztráng), másrészt az őszi ívású (sebes pisztráng) fajokhoz igazodnak. Ennek megfelelően a 450 l/s vízhozamot áprilisra állították be, novemberben és decemberben 300 l/s-ot vezettek be. A nyári időszakban szintén 300 l/s vízmennyiséget vezettek át a halátjárón, szeptemberben és októberben, valamint decemberben és márciusban a minimális, 180 l/s vízhozamot vezettek a rendszerbe. A változtatható vízhozamú réselátjáró tervezési alapelve, hogy belsejében minden lefolyási viszony mellett megfelelő hidraulikai feltételeket teremtsen.

A víztakarékos halátjárón átvezett vízmennyiségek időbeni megoszlását az alábbi táblázat tartalmazza:

IDŐSZAK	VÍZHOZAM A HALÁTJÁRÓN [l/s]
December-március	180
Április	450
Május-augusztus	300
Szeptember-október	180
November-december	300

A projekt újszerűségét mutatja, hogy 2004-ben a természetvédők az élettér/folyóhálózatok kategória fődjében részesítették.

14. MÉRŐ- ÉS MEGFIGYELŐ RENDSZEREK, MONITORING

A halátjárók megfelelő megépítése után gondoskodni kell karbantartásukról, javításukról, valamint felújításukról is. Elsődleges funkciójuk az átjárhatóság biztosítása, de vannak olyan létesítmények, mint pl. a megkerülő csatornák vagy halrampák, melyek további élőhelyként, ívóhelyként is működtethetők, illetve működnek.

Az üzembe helyezést követő évben, években törekedni kell arra, hogy a létesítmények működési hatékonyságának feltárására átfogó vizsgálatsorozat valósulhasson meg. A halátjárók monitorozását sajnálatos módon gyakran elhanyagolják. Ez elsősorban azzal magyarázható,

hogy ez meglehetősen költséges, és a megfigyelési eredmények, különösen a halbiológiai felmérések haszna kevésbé érzékelhető közvetlenül. A halátjárók általában jelentős anyagi ráfordítással épülnek, éppen ezért nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a fontos feladatot, hogy a halak vándorlási útvonalának eredményes helyreállítása érdekében általában szükség van a létesítmények utószabályozásokkal történő beüzemelésére is. Ehhez nem nélkülözhető a működési hatékonyságuk felmérése, illetve a hatásfokuk értékelése. A halátjárók átjárhatóságát javító újabb műszaki beavatkozások hasznos fejlesztéseknek tekinthetők, ezért különösen fontos azoknak a tényezőknek a megismerése is, amelyekről jól vagy rosszul működik egy-egy halátjáró. A különböző halátjárók működésének sorozatos megfigyelésével felhalmozódó tapasztalatok feldolgozásával fokozatosan javítható a létesítmények műszaki tervezési folyamata is.

Meg kell jegyezni, hogy a halátjárók tervezésekor nagyon ritkán fordulnak elő optimális viszonyok. Általában gondok vannak a kialakítás helyszínével, mivel nem áll rendelkezésre megfelelő, vagy elegendő hely. Különösen vonatkozik ez a halátjáró utólagos beépítésére. Ennek megfelelően ezek a létesítmények nehezen szabványosíthatók, jelentős részük minta átjárónak tekinthető. Törekvések vannak azonban bizonyos vízfolyás típusok esetében a szabványosításra, az előre gyártott elemek használatára (elsősorban a művi létesítményekre vonatkozóan). Mindenképpen szükséges a létesítmények tervezésekor a halbiológiai és halökológiai vizsgálatok elvégzése. Különösen a megkerülő csatornák építésekor vizsgálatok szükségesek az áramlást befolyásoló kövek, sziklatömbök végleges beállítása előtt a létesítmény hatékonyságának ellenőrzésére, és szükség esetén el kell végezni az átépítést, a megjelenő élő szervezetekhez történő igazítását.

A régebbi művek átjárhatóvá tételekor általában nem állnak rendelkezésre halfaunisztikai vizsgálatok, ilyenkor ezeket el kell végezni, és a tervezés során a művet optimalizálni kell.

A hatásvizsgálatok során figyelembe kell venni a halátjáró, illetve a megkerülő csatorna közvetlen térségét is. A hatékonyságban kulcsszerepet játszik a csalivíz vagy a halátjáró be- és kilépő részének nem megfelelő kialakítása. A pénzes pér például a magasabb vízhőmérséklet, illetve a főfolyónál alacsonyabb pH-érték alapján találja meg az ívóhelyet.

14.1 Fizikai vizsgálatok

A vizsgálatok megkezdésekor rögzíteni kell a vízhőmérsékletet és a legközelebbi vízmérce állását. A fizikai megfigyeléseknek az alábbiakra kell kiterjedni, mert ezek a leggyakoribb hiányosságok:

a) Belépő oldal (alvíz)

- a csalivíz helytelen bevezetése, illetve hatástalansága (a halak nem érzékelik kellőképpen),
- helytelen medercsatlakoztatás, utófenék biztosításának hiányában helyi átbukások kialakulása,
- a csalivíz nem elégséges vízhozama.

b) Átmeneti szakasz

- túl kicsi a vízmélység,

- túl nagy vízsebesség vagy erős turbulencia alakul ki,
- átjárhatatlan közbenső átbukások,
- alulméretezett átjáró, mely nagyobb halak számára átjárhatatlan,
- nem típuspecifikus mederanyag.

c) Kilépő oldal (felvíz)

- túl sekély kilépő oldal,
- nem megfelelő uszadék eltávolítás,
- a kilépő oldal elfajulása,
- nem megfelelő csatlakozás a duzzasztott térbe, ezzel összefüggésben erős feltöltődési potenciál,
- a turbinákhoz történő túl közeli elhelyezés,
- nem megfelelő átmeneti mederanyag.

d) Fenntartás

- rossz elhelyezés költségnövelő hatása,
- az időközi uszadékeltávolítás hiánya,
- hiányos fenntartás vagy javítások az árvízi események után,
- a medencék nem megfelelő karbantartása.

14.2 Kémiai vizsgálatok

A vizsgálatok köre kizárólag a halélettani szempontból elsődleges komponensekre terjedjen ki. A vizsgálatok tájékoztató jellegűek, ezért elvégezhetőek hordozható műszerekkel. Vizsgálandó komponensek:

- oldott oxigén,
- pH,
- fajlagos elektromos vezetőképesség,
- redoxpotenciál,
- ammónium ion NH_4^+ ,
- szabad ammónia számítása.

14.3 Biológiai vizsgálatok

Általános elvek

A halátjárónak az év 300 napjában működőképesnek kell lenni. A mű állapotának és működőképességének vizsgálatához elengedhetetlenül szükséges a vízfolyás halfaunájának ismerete. A hatékonyság vizsgálatánál meg kell ismerni a vízterület halgazdálkodási jogosultjának halgazdálkodási tervét és a vízterület halfogási adatait. Vizsgálatok szükségesek az átjárhatósági potenciál megállapításánál a meglévő fajok állományának összetételére, valamint méreteloszlásukra. Ezeket a körülményeket, az alkalmazott vizsgálati módszereket a

későbbi összehasonlíthatóság érdekében rögzíteni szükséges az ellenőrzési terv műszaki dokumentációjában.

Ugyanígy szükséges a megfelelő szaktudással rendelkező szakember bevonásával a makrogerinctelenek vizsgálata, hogy a mű aljzatának benépesülése nyomon követhető legyen. Ezeket a vizsgálatokat esetenként az üledékmintákból laboratóriumokban kell elvégezni. A vizsgálatokat, gyakoriságukat ma már a Víz Keretirányelvhez kapcsolódó módszertan figyelembevételével és betartásával kell végrehajtani. Javasolt a vizsgálatok háromévente történő ismétlése.

A halfaunisztikai vizsgálatokat pulzáló egyenáramú elektromos kutató halászgéppel javasolt végezni. Ez a módszer a halak gyűjtését tekintve a legkevésbé szelektív, ugyanakkor a legkíméletesebb módszer is. A rövid ideig tartó elektrosokk után gyűjtőedénybe helyezve pár másodperc alatt magukhoz térnek a halegyedek, majd a halfogást befejezve a példányok sérülés nélkül eredeti élőhelyükre visszahelyezhetők. A vizsgálatok elvégzéséhez javasoljuk az MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézet munkatársai által kidolgozott Víz Keretirányelv 6.1 „Módszertani útmutató a halak élőlénycsoport VKI szerinti gyűjtéséhez és a vízfolyások halak alapján történő ökológiai állapotminősítéséhez” kidolgozott háttéranyagot azzal, hogy a halátjárók esetében egy „műtárgy” hatékonyságát vizsgáljuk.

A halátjárók működőképességének vizsgálatát csak tervezett és szabályozott körülmények között elvégzett vizsgálatokkal, ellenőrzésekkel szabad végezni. A megfelelő tapasztalattal rendelkező szakértők már szemrevételezéssel is megítélhetik a működőképesség hiányosságait. A megfigyelések mellett javasolt a hatékonyságot időközi jelölés-visszafogással ellenőrizni, amihez a halak befogására leginkább megfelelő eszköz az egyenáramú elektromos halászgép. Ellenőrizni kell továbbá a víz sebességének alakulását, számításokat kell végezni, hogy azok megfelelnek-e a halak igényeinek. A művek működésének és hatékonyságának mennyiségi és minőségi alapokon nyugvó megítélését csak egy megfelelő módszerekkel elvégzett halfaunisztikai monitorozási tevékenységgel lehet megállapítani, amit el lehet végezni elektromos módszerrel, varsával, vagy pedig speciális hal érzékelő, illetve számláló berendezésekkel.

A halátjárók működőképességének vizsgálatához alkalmasak a különböző típusú varsák, melyeket közvetlenül a mű felvízi oldalán kell elhelyezni. Ezek lehetnek időszakos megoldások, de gyakran állandó jelleggel és megfelelő mozgatási eszközzel felszerelve építhetők be. Kisebb létesítményeknél gyakran megfelel egy U profil beépítése a halátjáró kilépésének mindkét oldalán, majd ebbe megfelelő módon a varsa becsúszatható. A varsát a várható halak fajának és méretének megfelelően kell méretezni. Lényegesen nagyobb fogási kapacitásokra kell felkészülni, például a márna régióban, mint a pisztráng régió esetében. Például a Rajnán, Iffezheimben létesített vízerőműhöz kapcsolódó halátjáró esetében a vándorlási időszakban egy varsaemeléssel több száz kiló halat lehet fogni. A varsa behelyezésekor különös figyelmet kell fordítani annak elhelyezésére, az uszadékeltávolításra, illetve a varsa ellenőrzésére. A varsa ellenőrzését esetenként naponta el kell végezni, illetve azt hozzá kell igazítani az élőhelyen lévő halak biológiájához. Külön meg kell határozni a halak vándorlási időszakának megfelelően vizsgálatok időpontját, illetve időtartamát. Ilyen halmonitorozó eszköz a hatályos jogszabályi háttér szerint kizárólag halbiológiai kutatási eszközként használható, aminek alkalmazásához a halgazdálkodásért felelős miniszter (FM) által kiadott kutatási célú halfogási engedély szükséges.

Kiseb vízfolyásokon jó hatékonysággal lehet alkalmazni a halak jelölését, melyek információt szolgáltatnak a halátjárók hatékonyságáról. A jelölések történhetnek külsőleg, könnyen felismerhető, például színes jelek alapján, de ma már széles körben alkalmazzák a bőr alatt elhelyezett jeleket is. E vizsgálatokhoz reprezentatív számú halat kell fogni különböző fajokból, amit általában egyenáramú elektromos eszközzel végeznek. A halak adatait fel kell jegyezni, a halakat megfelelő módon meg kell jelölni és visszaengedni. Az átjárhatóság ellenőrzésére megfelelő időközönként – a vándorlási időszak alatt – az átjáró felvizen, illetve alvizen elektromos halászeszközzel kell halfogást végezni. A vizsgálatok során fel kell keresni a felvizen – a duzzasztott térben – a halakra jellemző élőhelyeket, hiszen itt is várható a jelölt halak előfordulása. A mű működőképességének és hatékonyságának ellenőrzése az összes megfogott jelölt hal alapján történik. E módszer hátránya a nagy munkaigénye és gyakran a visszafogás nem megfelelő hatékonysága. E módszert elsősorban a kisebb vízfolyásokon, a pisztráng régió középső és felső szakaszán alkalmazzák. A módszer használható ott is, ahol nincs lehetőség varsa vagy más halfogó eszköz beépítésére.

A jeladóval (transzponder) jelölt halak észlelésére megfelelő jelző berendezések építhetők a folyók felett, melyek automatikusan jelzik az áthaladó halakat. A rendszer műszaki igénye miatt ez a módszer általában a művi halátjárókra és azok közvetlen környezetére korlátozódik.

A hosszú idejű monitoring rendszerek kialakítása elsősorban a különböző fényérzékelőkre, fényesorompókra, mozgásérzékelőkre vagy videokamerákra korlátozódik. Esetenként elektródákkal olyan elektromos mezőt hoznak létre, melyek az ellenállás változása révén regisztrálják a mezőn átúszó halakat. A jelek nagysága alapján következtetni lehet a halak méretére, a jelek egymásutánisága, gyakorisága alapján pedig az irányra is. A hal fajtát ezzel a módszerrel nem lehet meghatározni, ezért ha arra igény van, akkor további mennyiségi és minőségi mintavétel szükséges varsákkal vagy videokamerákkal. Az Ifferezhaim halátjárójánál automatikus videoberendezést alkalmaznak, mely egy speciális szoftver segítségével az átlépő halakat regisztrálja. A módszer előnye, hogy a halakat faj szerint meg lehet határozni, az eredmény elektronikusan tárolható, illetve a felvételek alapján a halak állapotáról további információ nyerhető. A létesítmény magas költségigényű infrastruktúrát tartalmaz, ezért ilyen megoldást csak a nagyobb folyón létesített halátjárókon alkalmaznak.

A halakat megjelölhetjük rádió-, vagy ultrahangadó készülékekkel is, mellyel követhető a vándorlási útvonaluk. Ezzel a módszerrel viszonylag pontosan meghatározható az alvízi és felvízi vándorlásuk, mely segítséget nyújthat a megfelelő csali víz kialakításához, illetve annak vizsgálatához is. Ezzel a módszerrel meghatározhatók a halak vándorlási útvonalai, melynek nagy jelentősége van a vízerőművek turbináinak elkerülése miatt. A módszer hátránya azonban, hogy viszonylag kevés hal vizsgálható ezzel a módszerrel, a módszer maga pedig rendkívül költség- és időigényes.

Egy halátjárót akkor lehet működőképesnek nyilvánítani, ha a vízfolyásban előforduló vándorló halfajok minden korosztálya megfelelő számban az átjárót használja, és a vándorlás valamilyen módszerrel mérhető. A működőképesség mennyiségi értékeléséhez, illetve becsléséhez, valamint a mű optimalizálásához általában elégséges a megfelelő kvantitatív vizsgálatok elvégzése és annak dokumentálása, hogy a halak létesítményen át tudnak jutni.

A halátjáró általában akkor működésképtelen, ha egy faj vagy egy adott méretosztály az akadályt nem tudja leküzdeni. Minden mű esetében törekedni kell arra, hogy az teljes átjárhatóságot biztosítson a természetes halfauna és a makrozoobentosz számára.

A halátjáró a makrozoobentosz számára akkor értékelhető működőképesnek, ha a típuspecifikus makrogerinctelenek a felvizen is megjelennek.

A mű működőképességének vizsgálatánál arra is tekintettel kell lenni, hogy a művön átjutó halak és makrogerinctelenek számára a továbbjutás is biztosított legyen, és ezt a körülményt vizsgálatokkal kell alátámasztani.

15. KERESZTEZÉSEK, ÁTERESZEK, MÉRŐMŰTÁRGYAK

A vízfolyások keresztezése nyomvonalas létesítményekkel minden esetben érinti a keresztezés környezetében az adott élőhelyet, a folyó-kontinuitás megszakításával pedig élőhelyek közötti kihatásai is lehetnek. Meg kell jegyezni, hogy az ilyen keresztezések száma messze meghaladja a fenékküszöbök, duzzasztók, vízerőművek számát, melyre már elfogadott megoldásokat dolgoztak ki. A halak és más vízi élőlények számára a keresztezések átjárhatósága szintén részét kell, hogy képezze az általános élőhely-rehabilitációs programoknak.

A figyelembe veendő tervezési alapelvek az alábbiakban foglalhatók össze:

- A keresztezések kialakítása, átereszek, a műtárgy a vízfolyás és a part menti sáv állandó élőhelyvesztését eredményezi.
- Az átereszek hatására megváltoznak az élőhely környezetében a lefolyási viszonyok, az árvízi jelenségek, elöntések, hordalékszállítás és ezek közvetlen hatással vannak a helyi élővilágra.
- A keresztezések a haváriák miatt fokozhatják a vízfolyás közvetlen szennyezését.
- Az átereszek korlátozhatják, illetve megakadályozhatják a halak szabad vándorlását.
- A szinergikus kedvezőtlen hatások miatt kerülendő a keresztezések, az átereszek létesítése, amennyiben ez megoldható, akkor
 - hidak esetén pillérek nélküli áthidalás javasolható,
 - az átereszekben a természetes viszonyok szimulálására kell törekedni.

A keresztezések tervezése során az előkészítő munka időszakában vizsgálandó:

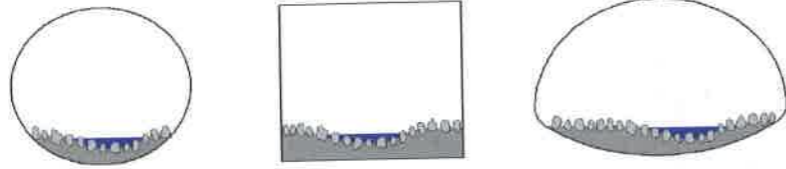
Szükséges-e az állandó átjárhatóság? Megfontolt-e a helykiválasztás és annak milyen hatása van az adott élőhelyre? Híd vagy áteresz a jobb megoldás?

Áteresz kiválasztása esetén az alábbi vizsgálódásra van szükség, ami hatással lehet a helyszínre, az áteresz méretére, kiegészítő létesítmények tervezésére:

- közvetlen élőhelyvesztés,
- vízminőség,
- az áteresz alvízi és felvízi hatásai,
- ökológiai átjárhatóság,
- az áteresz fenntartása,
- építési hatások,
- az áteresz meghibásodásából adódó következmények.

Az áteresz – élőhelyvesztést okozva – megváltoztatja közvetlen környezetében a természetes élőhelyet. A pisztrángfélék esetében az érintheti az ívóhelyet is. A pisztrángok ívóhelyei jól behatárolhatók mind az aljzat, mind a vízmélység, vízsebesség, víz hőmérséklet, vízminőség szempontjából. Az átereszek viszont megváltoztatják a természetes aljzatot, a vízsebességet általában növelik, szintkülönbségek alakulhatnak ki. Az áteresz környezetében az uszadék az élőhely vonatkozásában is komoly károkat tud okozni. Az átereszekkel kanyarokat lehet levágni, ami már tényleges élőhelyvesztéshez vezethet. A part menti sáv átalakítása a makroszkopikus gerinctelenek élőhelyeit kedvezőtlenül érinti.

Áteresz kialakítások



Nem megfelelő



Megfelelő

Mérőműtárgyak



Kisvízfolyás mérőműtárgya



Átépités előtt



Átépités után

Az átereszek kialakításánál javasolt az áteresz helyi anyaggal történő „betöltése”. A töltőanyagoknak nagyobb köveket, szikladarabokat is kell tartalmazni, ami kedvező élőhely a gerinctelen élőlények számára és csökkenti a vízsebességet is. Az áteresz alvízi oldalán kisebb vízládát kell kialakítani, ha erre nincs lehetőség, akkor kőszórással kell a védelmet megoldani úgy, hogy annak legyen visszaduzzasztó hatása is. A visszaduzzasztás hossza legalább a szélesség kétszerese legyen. Törekedni kell állandó vízfolyások esetén a folyamatos vízszál fenntartásáról. Az átereszek rendszeres ellenőrzése és karbantartása alapvető feladat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. FAO/DVWK (2002): Fish passes, Design, Dimensions and Monitoring. Rome FAO
2. AMOROS, C. et al. (1987): A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. Regulated rivers 1.
3. ICPDR Technical Paper (2013): Measures for ensuring fish migration at transversal structures
4. Bulletin Français la Pêche et de la Protection des Milieux Aquatiques (2002): Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. No. 364. FAO, CSP, Cemagref.
5. DWA-Regelwerk. Merkblatt DWA-M 509 (2014): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung.
6. Lebesministerium (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Wien
7. Jürgen Stamm und Ulf Helbig (2015): Rundbeckenpass – Funktionsweise, Beispiele, Perspektiven. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Veranstaltungen 1/2015
8. Dr. A. Waterstraat, K. Renner, J. Blohm (2007): Gesellschaft für Naturschutz und Landschaftsökologie e.V. Endbericht zum Auftrag Effizienzkontrolle am Mäanderfischpass Borkow in der Mildetrnitz (einschliesslich Zusatzuntersuchung am Mäanderfischpass Rothen). Kratzenburg.
9. Keresztessy Katalin (2007): Halfaunisztikai kutatások a Rábán. Pisces Hungarici I. I. Magyar Haltani Konferencia. Debrecen.
10. Gubányi A., Mészáros F. (2010): A Szigetköz állattani értékei. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest.

AJÁNLOTT IRODALOM

1. ADAM, B. (2005): Fischaufstieg und Fischabstieg: Deutsche Erfahrungen.
2. BARTEL, R. & al. (2007): Impact of the Wroclawek dam on migratory fish in the Vistula river. Archives Polish Fisheries. Vol.2.
3. BATES, K. (2003): Design of road culverts for fish passage. Washington Department of Fish and Wildlife.
4. BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1987): Grundzüge der Gewässerpflege – Fließgewässer. – Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 21.
5. BELICZKY, G., KISS, G., KERESZTESSY, K. (2008): Halfaunisztikai monitorozás a Rába folyón. Hidrológiai Közöny 2008. 88. évf. 6 sz.
6. BELL, M. C. (1973): Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria.– Fisheries Engineering Research Program, Corps of Engineers North Pacific Division, Portland, Oregon.
7. BERINKEY, L. (1966): Halak. Akadémiai Kiadó. Budapest 1966.
8. BLESS, R. (1982): Untersuchungen zur Substratpräferenz der Groppe, Cottus gobio LINNAEUS 1758 (Pisces: Cottidae). – Senckenbergiana Biol. 63, 161-165.
9. BLESS, R. (1990): Die Bedeutung von gewässerbaulichen Hindernissen im Raum-Zeit-System der Groppe (Cottus gobio L.). – Natur und Landschaft 65, 581-585.
10. BLESS, R., A. LELEK & A. WATERSTRAAT (1994): Rote Liste und Artenverzeichnis der in Deutschland in Binnengewässern vorkommenden Rundmäuler und Fische (Cyclostomata & Pisces). In: NOWAK, E., J. BLAB & R. BLESS (Hrsg.): Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland. – Greven (Kilda-Verlag), 137-156.
11. BORNE, M. V. D. (1883): Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs. – Berlin (Moeser-Verlag).
12. BFPP Bulletin Français de la Pêche de la Protection des Milieux Aquatiques (2002): Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Published by FAO. ISBN. 92-5-104665-4.
13. CLAY, C. H. (1961): Design of fishways and other fish facilities. – Department of fisheries and oceans, Ottawa (Queen's Printer), 301 S.
14. DENIL, G. (1909): Les Échelles à poissons et leur application aux barrages de Meuse et d'Ourthe. – Annales des travaux publics de Belgique Série II/XIV, 66, 253-395.
15. DRIMMELEN, D. E. van (1966): Fischtreppen in den Niederlanden.– Arch. für Fischereiwiss. 16, 38-54.
16. DVWK (1991): Ökologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern – DVWK Merkblatt 204, Bonn, 188 S.
17. DVWK (1991): Hydraulische Berechnung von Fließgewässern.– DVWK-Merkblatt 220, Bonn, 70 S.
18. DVWK (1995): Gesichtspunkte zum Abfluß in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen. – Gelbdruck, 155 S.

19. DVWK-FAO (2002): Fishpasses – Design, dimensions and monitoring. FAO Rome 2002.
20. RATHKE (DWHG 2005): Der Mäander-Fischpass. Wiederherstellung der Durchgängigkeit unter beengten Platzverhältnissen. Vortrag.
21. ENDERLE BERATUNG (2005): Fischaufstiegshilfen – eine Übersicht.
22. ERŐS, T., TÓTH, B., SEVCSIK, A. (2008): A halállomány összetétele és a halfajok élőhely használata a Duna litorális zónájában (1786-1665 fkm.) monitorozás és természetvédelmi javaslatok. Halászat. Vol. 101.
23. FISH –STREAM CROSSING GUIDEBOOK (2002): Forest practices code. British Columbia.
24. FRANCE + KNITTEL (2004): Fischaufstiegsanlagen. Planung und bauliche Ausführung von Bad Kreuznach an der Nahe.
25. GASOWSKIEJ, M (1962): Kraglouste i ryby. Panstwowe wydawnictwo Naukowe. Warsawa, Kraków.
26. GEBLER, R.-J. (1990): Naturgemäße Bauweisen von Sohlenstufen. – In: Handbuch Wasserbau: Heft 3, Min. f. Umwelt, Stuttgart.
27. GEBLER, R.-J. (1991): Naturgemäße Bauweisen von Sohlenbauwerken und Fischaufstiegen zur Vernetzung der Fließgewässer. – Diss. Univ. Karlsruhe, Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik, Nr. 181.
28. GEITNER, V. & U. DREWES (1990): Entwicklung eines neuartigen Pfahlfischpasses. – Wasser und Boden 42, 604-607.
29. GENNERICH, J. (1957): Fischaufstiegskontrollen am Moselfischpaß Koblenz. – Z. Fischerei N.F. 6, 53-60.
30. GUTI, G. (2002): A Denkpáli halátjáró funkcionális vizsgálata a szigetközi Dunaszakaszon. Halátjáró Bt. MTA Magyar Dunakutató Állomás Göd. Mosonmagyaróvár.
31. GRODZINSKI, Z. (1971): Anatomia i embriologia ryb. Panstwowe Wydawnictwo Rolnicze i Lesne. Warsawa 1971.
32. HABER, B. (2005): Bau einer naturgeässen Fischaufstiegsanlage in der Ruhr beim Bochum. BWhG e.V. Vortrag.
33. HALASI-KOVÁCS, B., TÓTHMÉRÉSZ B. (2008): A hazai vízfolyások Víz Keretirányelv előírásainak megfelelő halegyüttes alapú ökológiai minősítő rendszere. Kézirat.
34. HASSINGER, R.: Energieeffiziente, Wasser sparende Verstärkung der Leitströmung an Fischaufstiegsanlagen. Universität Kassel.
35. HEIMERL, S. & HAGMEYER, M. (2005): Optimierte Auslegung von beckenartigen Fischaufstiegsanlagen – Strömungssimulation als Hilfsmittel. Universität Stuttgart. 5. Seminar. 2005.
36. HENNING, D. (2006): Beschreibung und hydraulische Bemessung einer Sohlgleite im Zusammenhang mit dem naturnahen Ausbau eines Flusslaufes. Bergische Universität Wuppertal. Studienarbeit. (2006)

37. HENSEN, W. & F. SCHIEMENZ (1960): Eine Fischtreppe in Stromlinienform. Versuche mit lebenden Fischen und Modellversuche. – Mitteilungen des Franzius-Institutes für Grund- und Wasserbau der Technischen Hochschule Hannover 18, 162-177.
38. HUET, M. (1949): Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. – Schweiz. Z. Hydrol. 11, 322-351.
39. HUET, M. (1959): Profiles and biology of western European streams as related to fish management. – Trans. Am. Fish. Soc. 88, 155-163.
40. HUGHES, D. A. (1970): Some factors affecting drift and upstream movement of *Gammarus pulex*. – Ecology 51, 301-305.
41. ILLIES, J. (1958): Die Barbenregion mitteleuropäischer Fließgewässer. – Verh. int. Verein. theoret. angew. Limnol. 13, 834-844.
42. ILLIES, J. (1961): Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. – Int. Rev. ges. Hydrobiol. 46, 205-213.
43. ILUP PROJECT (2006): Restwasser und Durchgängigkeit. Deggendorf 2006.
44. JÄGER, P. (1994): Zum Stand der Technik von Fischaufstiegsanlagen. – Österreichs Fischerei 47 Jg., 50-61.
45. JENS, G. (1982): Der Bau von Fischwegen. – Hamburg, Berlin (Verlag Paul Parey), 93 S.
46. JONSSON, N. (1991): Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. – Nordic J. Freshw. Res. 66, 20-35.
47. JUNK, W. J. et al. (1989): The flood pulse concept in river-floodplain systems. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106
48. KATOPODIS, C. (1990): Advancing the art of engineering fishways for upstream migrants. – Proc. Intern. Symposium on Fishways '90, Gifu, Japan, Okt. 1990.
49. KINZELBACH, R. (1987): Das ehemalige Vorkommen des Störs, *Acipenser sturio* (Linnaeus, 1758), im Einzugsgebiet des Rheins (Chondrostei: Acipenseridae). – Z. angew. Zool. 74, 167-200.
50. KLAUSEWITZ, W. (1974a): Die frühere Fischfauna des Untermains. – Natur und Museum 104, 1-7.
51. KLAUSEWITZ, W. (1974b): Der Strömer, *Leuciscus souffia agassizi*, ein nachträglicher Neunachweis für den Main. – Natur und Museum 104, 238-240.
52. KLAUSEWITZ, W. (1975): Die Bioindikatorfunktion einer alten Fischsammlung aus dem Main. – Aus Hessischen Museen 1, 55-58.
53. KNAUSS, J. (1979): Flachgeneigte Abstürze, glatte und rauhe Sohlrampen. – Versuchsanstalt für Wasserbau TU München, Bericht 41, 1-55.
54. KRAATZ, W. (1989): Flüssigkeitsstrahlen. In: BOLLRICH et al.: Technische Hydromechanik Band 2, Kap. 5.
55. KRÜGER, F., P. LABATZKI & J. STEIDL (1993): Naturnahe Gestaltung von Fischaufstiegsanlagen; Beispiele in Brandenburg. – Wasserwirtschaft/ Wassertechnik, 1/93, 27-33.

56. KRÜGER, F. (1994a): Denil-Fischpässe. – Wasserwirtschaft/ Wassertechnik, 3/94, 24-32.
57. KRÜGER, F., LABATZKI, P. & J. GÖRLACH (1994b): Fließgewässer-Biotopverbund in Brandenburg. – ZALF, Institut für Hydrologie, unveröff. Studie im Auftrag des LUA Brandenburg.
58. KYNARD, B., et al.: Research on Up-and Downstream Passage of Lake Sturgeons at S.O. Conte Anadromous Fish Research Center. Leetown Science Center, USGS. Turners Falls, MA 01376
59. LANDESAMT für NATUR und UMWELT des LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN (2005): Empfehlungen zum Bau von Sohlgleiten in Schleswig-Holstein. ISBN 3-837937-00-5
60. LAND SALZBURG (2005): Planungsbehelf Fischaufstiegshilfen. Gewässerschutz. Salzburg 2005.
61. LANGE, G. & K. LECHER (1993): Gewässerregelung, Gewässerpflege. – Hamburg (Verlag Paul Parey).
62. LARINIER, M. (1978): Etude du fonctionnement d'une passe poissons ralentisseurs plans. – Bull. Fr. Peche Piscic. 271, 40-54.
63. LARINIER, M. (1983): Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages pour les poissons migrants. – Bull. Fr. Peche Piscic. Numéro special 56, 1-39.
64. LARINIER, M. (1992a): Passes bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles. – Bull. Fr. Pêche Piscic. 326/327, 45-72.
65. LARINIER, M. (1992b): Les passes ralentisseurs. – Bull. Fr. Peche Piscic. 326/327, 73-94.
66. LARINIER, M. (1992c): Ecluses et ascenseur poisson. – Bull. Fr. Pêche Piscic. 326/327, 95-110.
67. LARINIER, M. (1992d): Implantation des passes poissons. – Bull. Fr. Pêche Piscic. 326/327, 30 - 44.
68. LARINIER, M. & F. TRAVADE (1992): La conception des dispositifs de franchissement pour les Aloses. – Bull. Fr. Peche Piscic. 326/327, 125-133.
69. LARINIER, M. (2007): Fish lifts and fish locks the French experine. International fish passage conference, Kansainvälinen. Finland. Előadás pdf.
70. LELEK, A. & C. KÖHLER (1990): Restoration of fish communities of the river Rhine two years after a heavy pollution wave. – Regulated rivers: research and management 5, 57-66.
71. LEUTHNER, F. (1877): Die mittelhessische Fischfauna mit besonderer Berücksichtigung des Rheins bei Basel. – Basel (H. Georg's Verlag).
72. LONNEBJERG, N. (1980): Fiskepas af Modströmstypen. – Ingeniørhøjskolen – Horsens Teknikum.
73. LUBIENIECKI, B., L. STEINBERG & W. FETTWEIS (1993): Fischaufstiege an der unteren Sieg in Nordrhein-Westfalen; erste Funktionsüberprüfungen. – 7. SVK-Fischereiseminar in Bad Godesberg.

74. LWA (Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein- Westfalen) (1992): Biotopgestaltung an Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken und Flußstauen. – Merkblatt Nr. 9.
75. MEIJERING, M. P. D. (1972): Experimentelle Untersuchungen zur Drift und Aufwanderung von Gammariden in Fließgewässern. – Arch. Hydrobiol. 70, 133-205.
76. MITSCH J. W., GOSSELINK G. J. (2000): Wetlands. Third Edition. John Wiley et Sons, Inc. New York.
77. MÜLLER, K. (1950): Fische und Fischregionen der Fulda. – Jahresb. limnol. Flußstation Freudenthal 1, 18-23.
78. MÜLLER, K. (1968): Die Tages- und Jahresperiodik der Bachforelle (*Salmo trutta* L.) am Polarkreis. – Aquilo, Ser. Zool. 8, 50-62.
79. MÜLLER, R. & H. J. MENG (1990): The fate of the fish populations in the river Rhine after the Schweizerhalle accident. – Limnologie aktuell 1: Biologie des Rheins, 405-421.
80. PANNONHALMI, M. (2002): River restoration principles and the Hungarian Upper – Danube. Internat. Assoc. Danube Res. 34. Tulcea, August 2002.
81. PATZNER, G. (1982): Kriterien für den zulässigen spezifischen Abfluß über breite Blocksteinrampen. – Österr. Wasserwirtschaft 34.
82. PAVLOV, D.S. (1989): Structures assisting the migration of non-salmonid fish: USSR. – FAO Fisheries Techn. Pap. 308, 98 S.
83. PECHLANER, R. (1986): „Driftfallen“ und Hindernisse für die Aufwärtsbewegung von wirbellosen Tieren in rithralen Fließgewässern. – Wasser und Abwasser 30, 431-463.
84. PELZ, G. R. (1985): Fischbewegungen über verschiedenartige Fischpässe am Beispiel der Mosel. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg 76, Frankfurt/M., 190 S.
85. PETERS ÖKOFISCH GmbH+Co. KG Höxter-Godelheim Mäander Fishpasses. Prospekt
86. PREISSLER, G. & G. BOLLRICH (1992): Technische Hydromechanik. – 3. Auflage, Berlin (Verlag für Bauwesen).
87. RAJARATNAM, N. & C. KATOPODIS (1984): Hydraulics of Denil Fishways. – Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 110, 1219-1233. 112
88. RAJARATNAM, N., G. van der VINNE & C. KATOPODIS (1986): – Hydraulics of Vertical Slot Fishways.- Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 112 909-927.
89. ROBINSON, G., MIRATI, A., ALLEN, M. (1999): Oregon road/stream crossing restoration guide. June 8. 1999.
90. ROUVÉ et al. (1987): Hydraulische Probleme beim naturnahen Wasserbau. – DFG-Forschungsbericht, Weinheim (VCH Verlagsgesellschaft).
91. RUPPERT, J. & H. SPÄH (1992): Wirksamkeit und fischökologische Bedeutung einer Fischtreppe an der Lippe. – Wasser und Boden, 44, 34-36.
92. SCHMIDT, J. (1998): Magyarországi Vízerőművei. 1998.
93. SCHAUBERGER, W. (1975): Die räumliche Krümmung von Gefällestufen und Sturzbettenendschwellen. – Wasser und Boden, Heft 10.

94. SCHEUERLEIN, H. (1968): Der Rauhgerinneabfluß. – Bericht der Versuchsanstalt für Wasserbau der TU München 14.
95. SCHUA, L. & R. (1970): Lebensraum Wasser. – Stuttgart, 88 S.
96. SCHWEVERS, U. & B. ADAM (1991): Ökomorphologische und fischereibiologische Untersuchungen im Gewässersystem der Lahn. – unveröff. Studie im Auftrag des rheinland-pfälzischen Ministeriums für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten. 4 Bände, zus. 827 S.
97. SCHWEVERS, U. & B. ADAM (1993): Erstellung von Hegeplänen gemäß § 25 ThürFischG. – Hrsg.: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft und Forsten, Erfurt, 46 S.
98. SIEBOLD, C. T. E. von (1863): Die Süßwasserfische von Mitteleuropa. – Leipzig (Wilh. Engelmann).
99. SNiP 2.06.07-87 (1987): Wehre, Schiffsschleusen, Fischaufstiegs- und Fischschutzanlagen.- Gosstroj UdSSR. – ZITP Gosstroja UdSSR (in russ.).
100. STAHLBERG, S. & P. PECKMANN (1986): Bestimmung der kritischen Strömungsgeschwindigkeiten einheimischer Kleinfischarten. – Wasserwirtschaft 76, 340-342.
101. STÄDTLER, E. (2006): Ohne Unterhaltung können Fischwanderhilfen in unseren Gewässern nicht funktionieren. BTB Magazin 2006.
102. STAHLBERG, S. & P. PECKMANN (1986): Bestimmung der kritischen Strömungsgeschwindigkeiten einheimischer Kleinfischarten. – Wasserwirtschaft 76, 340-342
103. STEINBERG, L. & B. LUBIENIECKI (1991): Die Renaissance der Meerforelle (*Salmo trutta trutta* L.) und erste Versuche zur Wiedereinbürgerung des Lachses (*Salmo salar* L.) in Nordrhein- Westfalen. Fischökologie 5, 19-33.
104. STEINMANN, P. (1937): Die Wanderungen unserer sogenannten Standfische in Fluß und Strom. – Rev. Suisse de Zoologie 44, 405-409.
105. TENT, L. (1987): Der Denil-Fischpaß als Beitrag zum Artenschutz an Fließgewässern. – Wasser und Boden 39, 119-123.
106. THOMPSON, S. M. & P. L. CAMBELL (1979): Hydraulics of a large channel paved with boulders. – J. of Hydr. Res., I.A.H.R., 17/4, 341-354.
107. TICHELBÄCKER, H. (1986): Der Freiungsritt der Grafen von Jülich entlang der Rur zum Schutze des Laichzuges der Lachse. Beiträge zur Jülicher Geschichte 54, 1-15.
108. TRAVADE, F. & M. LARINIER (1992): Les techniques de contrôle des passes à poissons. – Bull. Fr. Pêche Piscic. 326/327, 151-164.
109. VANNOTE, R. L., G. W. MINSHALL, K. W. CUMMINS, J. R. SEDELL & C. E. CUSHING (1980): The river continuum concept. – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, 130-137.
110. VOLZ, J. & S. J. DE GROOT (1992): Erster Nachweis des Störs (*Acipenser sturio*) im niederländischen Rhein seit 40 Jahren. – Fischökologie 6, 3-6.
111. WARD, J. V. and STANFORD, J. A. (1989): Riverine ecosystems: the influence of man on catchment dynamics and fish ecology. Can.Spec.Publ.Fish.Aquat.Sci.106

112. WHITTAKER, J. & M. JÄGGI (1986): Blockschwellen. – Mitt. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich 91.
113. WITTMACK, A. (1876): Beiträge zur Fischereistatistik des Deutschen Reiches. – Circular des Deutschen Fischereivereins, Berlin.

MELLÉKLETEK

1.sz. melléklet

JELMAGYARÁZAT

JELÖLÉS	MÉRTÉKEGYSÉG	MAGYARÁZAT
A	m ²	Nedvesített szelvényterület
a	m	Megvezetési táv
A ₀	m ²	Zavarókövek alapfelülete
A _{0,össz}	m ²	Összes alapfelület (zavarókövek ellenállás számításához)
A _{össz}	m ²	Beépítetlen folyószelvény területe
A _{sz}	m ²	Legszűkebb keresztzelvény területe
A _{kő}	m ²	Egyes kövek körbeáramlott felülete
a _x	m	Távolság az egyes kövek között folyásirányban
a _y	m	Távolság az egyes kövek között folyásirányra merőlegesen
B	m	Mederszélesség, teljes szelvény szélesség
b	m	B-n×d _s teljes szélesség kövek nélkül
b _{cs}	m	Csatorna mederszélessége
b _{sz}	m	Legszűkebb keresztzelvény szélessége
b _{ny}	m	Víz alatti nyílás szélesség
b _á	m	Átfolyási nyílásszélesség
b _{küszöb}	m	Köküszöb teljes szélessége
b _h	m	Közfalhorony szélessége
b _s	m	Közfal nyílás szélessége
b _{km}	m	Közepes medenceszélesség
b _m	m	Medence szélesség
b _b	m	Felső bukó szélessége
b _k	m	Közepes medenceszélesség
c	m	Átmeneti hossz

c _w	-	Alakellenállási tényező
d	m	Közfal deszka vastagsága
d ₆₅	m	65 tömegszázalékhoz tartozó szemátmérő
d _s	m	Átlagos kőátmérő/Egyenérték kőátmérő
E	W/m ³	Teljesítménysűrűség
f	m	Terelő szélessége
Fr	-	Froude-szám
Fr _{sz}	-	Froude-szám a legszűkebb keresztmetszetben
g	m/s ²	Nehézségi gyorsulás, értéke g=9,81 m/s ²
h	m	Vízmélység
h _a	m	Ajánlott vízmélység
\bar{h}	m	Átlagos vízmélység
h*	m	h*=h _k akkor, ha a víz csak a kövek körül áramlik, ha a kő teljesen elmerül, akkor h*=h _{kő}
h ₀	m	Felvízi vízmélység
h _{cr}	m	Kritikus vízmélység
h _{sz,0}	m	Energiamagasság szűkületben és felvizen
h _{sz,min}	m	Minimális energiamagasság szűkületben
h _k	m	Közepes vízmélység
h _{km}	m	Medence közepes vízmélysége
h _{össz}	m	Teljes vízmélység
h _{kő}	m	Kőmagasság
h _s	m	Közfal alatti vízmélység
h _{át}	m	Átbukási vízmélység
h _v	m	Esésveszteség
h _{fai}	m	Közfal magasság
h _{afai}	m	Alsó közfal magasság
h _{ffai}	m	Felső közfal magasság
h _m	m	Medencemélység
h _{ny}	m	Víz alatti nyílásmagasság
h _u	m	Résfal vízbemerült magassága
I	%,‰, -	Esés
k	m ^{1/3} /s	Simasági tényező

k_s	m	Érdesség magasság
K	m	Nedvesített szelvénykerület
L_M	m	Medencehossz
$L_{össz}$	m	Átjáró teljes hossza
L	m	Szakasz hossz
L_m	m	Szabad medence hossz
$L_{kű}$	m	Köküszöbök közötti hossz
L_b	m	Felső bukó hossza
n	$s/m^{1/3}$	Manning-féle érdesség
Q	m^3/s	Vízhozam
q	m^2/s	Fajlagos vízhozam
Q_h	m^3/s	Közfal hornyon átfolyó hozam
q_{eng}	m^2/s	Megengedhető fajlagos vízhozam
Q_{max}	m^3/s	Maximális vízhozam
Q_{ny}	m^3/s	Közfal nyílásán átáramló vízmennyiség
Q_{nymax}, Q_{nymin}	m^3/s	Közfal nyílásán maximálisan és minimálisan megengedhető átáramló vízmennyiség
R	m	Hidraulikus sugár
s	m	Résszélesség
v	m/s	Vízsebesség
v_0	m/s	Szűkületben kialakuló vízsebesség
v_{cr}	m/s	Kritikus vízmélységhez tartozó vízsebesség, kritikus sebesség
v_k	m/s	Középssebesség
v_{ny}	m/s	Közfal alsó nyílásában kialakuló sebesség
v_{max}	m/s	Maximális sebesség
v_s	m/s	Közfal nyíláson átbukó vízszög maximális sebesség
V_s	m^3	Zavaró kövek bemerülő térfogata
$V_{össz}$	m^3	Összes térfogat
V_u	m/s	Résfal esetén kialakuló vízsebesség
$Z_{e,meder}$	m	Felvízi bevezetés magassága
Δh	m	Vízszintkülönbség
Δh_{min}	m	Minimális vízszintkülönbség
ϵ_0	-	Felület arány

ϵ_v	-	Térfogat arány
λ	-	Hosszmenti, vagy súrlódási veszteségi tényező
λ_0	-	Mederérdesség ellenállási tényező
$\lambda_{össz}$	-	Teljes ellenállási tényező
λ_s	-	Zavarókövek ellenállás együtthatója
μ	-	Átbukási tényező
μ_r	-	Réselt halátjáró átbukási tényezője
ξ	-	Helyi veszteség (pl.befolyás) veszteségi együtthatója
ρ	-	Rézsűhajlás
ρ	kg/m^3	Sűrűség
ρ_s	kg/m^3	Kő sűrűsége
ρ_w	kg/m^3	Víz sűrűsége
σ	-	Csökkentési együttható
ψ	-	Kifolyási együttható

2.sz. melléklet

DUNA VÉDELMI NEMZETKÖZI BIZOTTSÁG (ICPDR): INTÉZKEDÉSEK A HALAK KERESZTIRÁNYÚ MŰVEKEN TÖRTÉNŐ VÁNDORLÁSÁNAK BIZTOSÍTÁSÁRA C. MŰSZAKI IRÁNYELVBŐL (2012).

Néhány javaslat a Duna Védelmi Nemzetközi Bizottság (ICPDR): Intézkedések a halak keresztirányú műveken történő vándorlásának biztosítására c. Műszaki Irányelvből (2012).

Az egyes halrégiók energiasűrűség irányszámai természetközeli és művi halátjárók esetén

HALRÉGIÓ	MEDENCÉK KÖZÖTTI SZINTKÜLÖNBSÉG Δh [m]	ENERGIA SŰRŰSÉG [W/m ³]
Felső pisztráng	0,20	160
Alsó pisztráng (pér nélkül)	0,18	140
Alsó pisztráng (pér jelenlétével)	0,18	130
Pénzes pér	0,15	120
Márna	0,13 - 0,10	100
Dévéreszeg	0,08	80

A medencék közötti szintkülönbség és az esés közötti irányszámok közelítő értékei

HALRÉGIÓ	ESÉS	MEDENCÉK KÖZÖTTI SZINTKÜLÖNBSÉG Δh [m]
Felső pisztráng	1 : 15	0,20
Alsó pisztráng	1 : 20	0,18
Pénzes pér	1 : 20 - 1:30	0,15
Márna	1 : 30 - 1 :50	$\leq 0,15$

A minimális vízhozam és az esés tájékoztató értékei a természetközeli megkerülő csatornás halátjáró esetén a folyó közepes vízhozama és a halrégió függvényében

VÍZHOZAM ÉS ESÉSADATOK								
Átlag vízhozam Q [m ³ /s]	Folyó	5	10	20	50	100	200	>200
	Halátjáró	0,25	0,5	0,8	1,0	1,5	2	>2
Esés [%]	Felső pisztráng	2,0-3,0	1,5-2,5	1,2-2,0	1,0-1,5	0,9-1,4		
	Alsó pisztráng	1,5-2,0	1,0-1,5	0,9-1,2	0,8-1,0	0,7-0,9		
	Pénzes pér	1,0-1,5	0,8-1,0	0,7-0,9	0,6-0,8	0,5-0,7	0,4-0,6	
	Márna	0,7-1,0	0,6-0,8	0,5-0,8	0,5-0,7	0,4-0,7	0,3-0,6	0,3-0,4

Réselt halátjáró irányadó méretei

HALAK	MEDENCE MÉRETE [m]		RÉS MÉRETE [m]	
	HOSSZÚSÁG	SZÉLESSÉG	RÉS SZÉLESSÉGE	VÍZMÉLYSÉG
Sebes pisztráng	1,80 ⁽¹⁾	1,35	0,15	0,50 ⁽³⁾
Pénzes pér, Domolykó, Bodorka	2,20 ⁽¹⁾	1,65	0,20	0,50 ⁽³⁾
Márna, Fogassüllő, Csuka, Dunai galóca	3,00 ⁽²⁾	2,25	0,30	0,50 ⁽³⁾
Dévéreszeg, Ponty	3,10 ⁽³⁾	2,33	0,38	0,48+ Δh ⁽⁴⁾
Tokfélék kecsege nélkül	9,00 ⁽²⁾	6,75	1,08	1,02+ Δh ⁽⁴⁾

Meghatározó tényező:

- (1) energiasűrűség
- (2) hal hosszúsága
- (3) hidraulikai feltételek
- (4) hal magassága

Hallift medence mérete

IRÁNYADÓ HALAK	HOSSZÚSÁG [m]	SZÉLESSÉG [m]	MAGASSÁG [m]	TÉRFOGAT [m ³]
Pisztráng	>1,5	>1,0	>0,8	>1,2
Tokfélék kecsége nélkül	>50-ig	>5	néhány méter	~1000

Monitoring (varsa) ideje és minimális időtartama

HALRÉGIÓ	INDIKÁTOR FAJ	FŐ IDŐSZAK	TOVÁBBI IDŐSZAK	IDŐTARTAM
Epi / Metaritrális	Sebes pisztráng	szept./okt./nov.	--	1 hónap
Hyporitrális	Pénzes pér, Sebes pisztráng	márc./ápr./máj.	szept./okt.	1,5 hónap/ 14 nap
Potamális	Domináns indikátor faj	márc./ápr./máj./jún.	aug./szept./okt.	2 hónap/ 1 hónap

3. sz. melléklet

MAGYARORSZÁGI HALÁTJÁRÓK ÖSSZEHASONLÍTÓ ADATAI

- I. Dunakiliti Fenékküszöb halátjáró
- II. Jónási halátjáró, Szigetköz hullámtéri vízpótló rendszer
- III. Homoki halátjáró, Szigetköz hullámtéri vízpótló rendszer
- IV. Denkpáli halátjáró, Szigetköz hullámtéri vízpótló rendszer
- V. Ásványi halátjáró, Szigetköz hullámtéri vízpótló rendszer
- VI. Bagaméri halátjáró, Szigetköz hullámtéri vízpótló rendszer
- VII. Mosoni-Duna halátjáró, Mosonmagyaróvár
- VIII. Lajta halátjáró, Mosonmagyaróvár
- IX. Marcal halátjáró, Győr
- X. Nagy-Pándzsa halátjáró, Győr
- XI. Rába halátjáró, Szentgotthárd
- XII. Rába halátjáró, Ikervár
- XIII. Rába halátjáró, Nick/Kenyeri
- XIV. Conco halátjáró, Ács
- XV. Pinka halátjáró, Felsőcsatár
- XVI. Pinka halátjáró, Pornóapáti 27+970 fkm
- XVII. Pinka halátjáró, Pornóapáti 28+765 fkm.
- XVIII. Babócsai-Rinya halátjáró, Nagyatád
- XIX. Ipoly halátjáró, Ipolytölgyes
- XX. Ipoly halátjáró, Tésa
- XXI. Kis-Balaton 4T halátjáró, Zalavár
- XXII. Kis-Balaton 21T halátjáró, Fenékpusztá
- XXIII. Tisza folyó halátjáró, Kisköre

I. Dunakiliti Fenékküszöb halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Duna	Tervező: Observator Kft.
Halátjáró helyszíne: Dunakiliti, Duna 1843+00 fkm	Kivitelező: ÉDUVÍZ Kft.
Létesítés éve: 1995	Szintkülönbség (Δh): 3,50 m
VKI Víz típus: 9 F	Jellemző vízhozam(ok): 1,2 (0,6) m ³ /s
VKI Haltípus: Duna	Hosszúság : 60 m
Halátjáró típusa: rámpa/fenékküszöb	Átlagos esés: 58 ‰
Építőanyag: vízépítési terméskő, homokos-kavics	Összes költség: 345 millió Ft / 1113 ezer €
	Fajlagos költség: 5,73 millió Ft/fm
	Fajlagos költség: 98,57 millió Ft/ Δh



II. Jónási-mellékág – Hullámtéri vízpótló rendszer, Jónási halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Jónási-mellékág	Tervező: SOLVEX Kft.
Halátjáró helyszíne: Rajka, Jónási-mellékág 0+275 fkm	Kivitelező: DD Konzorcium
Létesítés éve: 2015	Szintkülönbség (Δh): 1,50 m
VKI Víz típus: nincs	Jellemző vízhozam: 1,0 m ³ /s
VKI Haltípus: Duna	Hosszúság: 942 m
Halátjáró típusa: természetközeli, medencés kőküszöbös,	Átlagos esés: 1,59 ‰
Építőanyag: vízépítési terméskő	Összes költség: 29 millió Ft / 93 ezer €
	Fajlagos költség: 0,03 millió Ft/fm
	Fajlagos költség: 19,3 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: A Jónási halátjáró biztosítja a Mosoni-Duna és a Jónási-mellékágon keresztül a Duna közötti ökológiai kapcsolatot a Homoki halátjáró mellékágaként.

III. Mosoni-Duna – Hullámtéri vízpótló rendszer, Homoki halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Mosoni Duna	Tervező: SOLVEX Kft.
Halátjáró helyszíne: Rajka, Mosoni-Duna folyó 122+539 fkm	Kivitelező: DD Konzorcium
Létesítés éve: 2015	Szintkülönbség (Δh): 2,70 m
VKI Víz típus: 9 F	Jellemző vízhozamok: 3,2 – 2,2 m ³ /s
VKI Haltípus: Duna	Hosszúság: 4360 m
Halátjáró típusa: természetközeli, medencés kőküszöbös,	Átlagos esés: 0,62 ‰
Építőanyag: vízépítési terméskő	Összes költség: 64 millió Ft / 206 ezer €
	Fajlagos költség: 0,015 millió Ft/fm
	Fajlagos költség: 23,7 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: A Homoki halátjáró biztosítja a Mosoni-Duna és a Hullámtéri vízpótló rendszer és a Duna közötti ökológiai kapcsolatot

IV. Denkpáli halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Barkási-Duna	Tervező: AWE Consulting Kft.
Halátjáró helyszíne: Dunasziget, Barkási-Duna 3+280	Kivitelező: ÉDUVÍZ Kft.
Létesítés éve: 1997	Szintkülönbség (Δh): 3,80 m
VKI Víz típus: 9F	Jellemző vízhozamok: 1,2 (0,6) m ³ /s
VKI Haltípus: Duna	Hosszúság: 271 m
Halátjáró típusa: réselt, medencés kőküszöbös	Átlagos esés: 14 ‰
Építőanyag: vízépítési terméskő, vasbeton, acél	Összes költség: 185 millió Ft / 597 ezer €
	Fajlagos költség: 0,68 millió Ft/fm
	Fajlagos költség: 48,7 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: A Denkpáli halátjáró biztosítja a Hullámtéri vízpótló rendszer és a Duna közötti ökológiai kapcsolatot. A költség a megcsapoló műtárgy teljes beruházási összegét tartalmazza.

V. Ásványi halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Ásványi-ág	Tervező: K+K Kft
Halátjáró helyszíne: Ásványráró, Ásványi-ág 0+464	Kivitelező: SzKK Vízép. Konzorcium
Létesítés éve: 2015	Szintkülönbség (Δh): 2,4 (2,9) m
VKI Víz típus: 9F	Jellemző vízhozam(ok): 1,50 (0,65) m ³ /s
VKI Haltípus: Duna	Hosszúság :70 m
Halátjáró típusa: természet-közeli, medencés kőküszöbös	Átlagos esés: 34,2 ‰
Építőanyag: vízépítési terméskő, beton, vasbeton	Összes költség: 420 millió Ft / 1355 ezer €
	Fajlagos költség: 6,00 millió Ft/fm
	Fajlagos költség: 175 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: Az Ásványi halátjáró a Hullámtéri vízpótló rendszer és a Duna közötti ökológiai kapcsolatot biztosítja. A költség az ágvég-lezárás teljes beruházási összegét tartalmazza.

VI. Bagaméri halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Bagaméri-ág	Tervező: K+K Kft
Halátjáró helyszíne: Győrzámoly, Bagaméri-ág 0+464	Kivitelező: SzKK Vízép. Konzorcium
Létesítés éve: 2015	Szintkülönbség (Δh): 3,35 (2,0) m
VKI Víz típus: 9F	Jellemző vízhozam(ok): 2,3 (0,5) m ³ /s
VKI Haltípus: Duna	Hosszúság:79 m
Halátjáró típusa: természetközeli, medencés kőküszöbös,	Átlagos esés: 42,4 ‰
Építőanyag: vízépítési terméskő, beton	Összes költség: 469 millió Ft / 1513 ezer €
	Fajlagos költség: 5,93 millió Ft/fm
	Fajlagos költség: 140 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: A Bagaméri halátjáró a Hullámtéri vízpótló rendszer és a Duna közötti ökológiai kapcsolatot biztosítja. A költség az ágvég lezárás teljes beruházási összegét tartalmazza.

VII. Mosoni-Duna Mosonmagyaróvári halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Mosoni-Duna	Tervező: SOLVEX Kft.
Halátjáró helyszíne: Mosonmagyaróvár, Mosoni-Duna 82+934 fkm	Kivitelező: DD Konzorcium
Létesítés éve: 2015	Szintkülönbség (Δh): 1,70 m
VKI Víztypus: 9F	Jellemző vízhozam: 1,5 m ³ /s
VKI Haltípus: Duna	Hosszúság: 1132 m
Halátjáró típusa: természetközeli, medencés kőküszöbös, halrampa	Átlagos esés: 1,50 ‰
Építőanyag: vízepítési terméskő	Összes költség: 142 millió Ft / 458 ezer €
	Fajlagos költség: 0,13 millió Ft/fm
	Fajlagos költség: 83 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: A Mosoni-Duna Mosonmagyaróvári halátjárója a duzzasztó szivárgó csatornájának felhasználásával biztosítja az ökológiai átjárhatóságot. Az árapasztóba lépesített kefelemes csónakszűzda tovább javítja a műtárgy átjárhatóságát.

VIII. Lajta Mosonmagyaróvári duzzasztó halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Lajta folyó	Tervező: SOLVEX Kft.
Halátjáró helyszíne: Mosonmagyaróvár duzzasztó, Lajta 4+161 fkm	Kivitelező: DD Konzorcium
Létesítés éve: 2015	Szintkülönbség (Δh): 2,25 m
VKI Víztypus: 7L	Jellemző vízhozam(ok): 0,8 m ³ /s
VKI Haltípus: 5 LLR	Hosszúság : 160 m
Halátjáró típusa: természet-közeli, medencés kőküszöbös, réselt	Átlagos esés: 14 ‰
Építőanyag: vízepítési terméskő, vasbeton, fa	Összes költség: 157 millió Ft / 506 ezer €
	Fajlagos költség: 0,98 millió Ft/fm
	Fajlagos költség: 69,8 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: A Jónási halátjáró biztosítja a Mosoni-Duna és a Jónási-mellékágon keresztül a Duna közötti ökológiai kapcsolatot a Homoki halátjáró mellékágaként.

IX. Marcal halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Marcal

Tervező: SOLVEX Kft.

Halátjáró helyszíne: Győr, Marcal 0+595

Kivitelező: HSZK Marcal Konz.

Létesítés éve: 2015

Szintkülönbség (Δh): 1,9m

VKI Víz típus: 7 L

Jellemző vízhozam: 0,35 m³/s

VKI Haltípus: 5 LLR

Hosszúság: 110 m

Halátjáró típusa: medencés kőküszöbös, réselt

Átlagos esés: 17,3 ‰

Építőanyag: vízépítési terméskő, vasbeton, fa

Összes költség: 11,5 millió Ft / 37 ezer €

Fajlagos költség: 0,10 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 6,05 millió Ft/ Δh **X. Nagy-Pándzsa halátjáró**

Vízfolyás megnevezése: Nagy-Pándzsa

Tervező: Vízpart Kft

Halátjáró helyszíne: Győr, Nagy-Pándzsa 2+345

Kivitelező: Pándzsa Vízépítő Konz.

Létesítés éve: 2010

Szintkülönbség (Δh): 1,2 m

VKI Víz típus: 6 M

Jellemző vízhozam(ok): 0,11 m³/s

VKI Haltípus: 4 LLR

Hosszúság: 14 m

Halátjáró típusa: réselt

Átlagos esés: 85,7 ‰

Építőanyag: vasbeton, fa

Összes költség: 67 millió Ft / 216 ezer €

Fajlagos költség: 4,79 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 55,8 millió Ft/ Δh 

XI. Rába Szentgotthárd halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Rába folyó

Halátjáró helyszíne: Szentgotthárd, Rába folyó 206+857 fkm

Létesítés éve: 2013

VKI Víz típus: 4 L

VKI Haltípus: 3 HLR

Halátjáró típusa: réselt, medencés kőküszöbös, kefeelemes

Építőanyag: vízepítési terméskő, vasbeton, fa, acél

Szaktervező: Hullámvonal Kft.

Kivitelező: Colas-Hungária Zrt.

Szintkülönbség (Δh): 4,15 m

Jellemző vízhozam: 1,30 m³/s

Hosszúság: 95 m

Átlagos esés: 43,6 ‰

Összes költség: 72 millió Ft / 223 ezer €

Fajlagos költség: 0,76 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 17,4 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: A költség a duzzasztó átépítés beruházási összegét is tartalmazza.

XII. Rába Ikervár halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Rába

Halátjáró helyszíne: Ikervár, Rába 100+574 fkm

Létesítés éve: 2011

VKI Víz típus: 4 L

VKI Haltípus: 3 HLR

Halátjáró típusa: természetközeli, kőküszöbös, / réselt

Építőanyag: vízepítési terméskő, vasbeton, fa

Tervező: SOLVEX Kft.

Kivitelező: Szombathelyi Vízerőmű Kft.

Szintkülönbség (Δh): 6,20 m

Jellemző vízhozam: 0,30 m³/s

Hosszúság: 226 m

Átlagos esés: 27 ‰

Összes költség: 106 millió Ft / 378 ezer €

Fajlagos költség: 0,47 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 17,1 millió Ft/ Δh



XIII. Rába Nick/Kenyeri halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Rába folyó

Tervező: Hallépcső Bt.

Halátjáró helyszíne: Nick/Kenyeri, Rába folyó 65+500 fkm

Kivitelező: ÉDUVÍZ Kft.

Létesítés éve: 2009

Szintkülönbség (Δh): 5,55 m

VKI Víz típus: 4L

Jellemző vízhozam: 1,0 m³/s

VKI Haltípus: 3 HLR

Hosszúság: 308 m

Halátjáró típusa: természetközeli, medencés kőküszöbös, réselt

Átlagos esés: 18 ‰

Összes költség: ~80 millió Ft / 321 ezer €

Építőanyag: vízepítési terméskő, vasbeton, fa

Fajlagos költség: 0,26 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 14,4 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: Csalivíz-vezeték, osztóműtárgy és megfigyelőakna

XIV. Concó halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Concó

Tervező: SOLVEX Kft.

Halátjáró helyszíne: Ács, Concó 0+464

Kivitelező: HSZK Komárom Konz.

Létesítés éve: 2015

Szintkülönbség (Δh): 2,1 m

VKI Víz típus: 3 M

Jellemző vízhozam: 0,11 m³/s

VKI Haltípus: 2 HLS

Hosszúság: 40 m

Halátjáró típusa: halrámpa, vápa

Átlagos esés: 52,5 ‰

Építőanyag: vízepítési terméskő, beton

Összes költség: 67 millió Ft / 216 ezer €

Fajlagos költség: 1,68 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 31,9 millió Ft/ Δh



XV. Pinka Felsőcsatár halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Pinka

Tervező: SOLVEX Kft.

Halátjáró helyszíne: Felsőcsatár, Pinka
34+120 fkm

Kivitelező: VÍZÉPTEK Bt.

Létesítés éve: 2014

Szintkülönbség (Δh): 2,05 m

VKI Víz típus: 3 M

Jellemző vízhozam: 0,20 m³/s

VKI Haltípus: 2 HLS

Hosszúság: 70 m

Halátjáró típusa: természetközeli, kőküszöbös medencés

Átlagos esés: 29 ‰

Összes költség: 72 millió Ft / 232 ezer €

Építőanyag: vízépítési terméskő, vasbeton

Fajlagos költség: 1,03 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 35,1 millió Ft/ Δh



XVI. Pinka Pornóapáti halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Pinka

Tervező: SOLVEX Kft.

Halátjáró helyszíne: Pornóapáti, Pinka
27+970 fkm

Kivitelező: VÍZÉPTEK Bt.

Létesítés éve: 2014

Szintkülönbség (Δh): 0,84 m

VKI Víz típus: 3 M

Jellemző vízhozam(ok): 1,20 m³/s

VKI Haltípus: 2 HLS

Hosszúság : 261 m

Halátjáró típusa: természetközeli, kőküszöbös medencés

Átlagos esés: 3,2 ‰

Összes költség: 143 millió Ft / 461 ezer €

Építőanyag: vízépítési terméskő, vasbeton

Fajlagos költség: 0,55 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 170 millió Ft/ Δh



XVII. Pinka Pornóapáti halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Pinka

Halátjáró helyszíne: Pornóapáti, Pinka
28+765 fkm

Létesítés éve: 2012

VKI Víz típus: 3 M

VKI Haltípus: 2 HLS

Halátjáró típusa: természetközeli, kőküszöbös medencés

Építőanyag: vízépítési terméskő, vasbeton,
fa

Tervező: SOLVEX Kft.

Kivitelező: Kager Massiv Bau

Szintkülönbség (Δh): 5,09 m

Jellemző vízhozam: 0,20 m³/s

Hosszúság: 147 m

Átlagos esés: 34 ‰

Összes költség: 5,5 millió Ft / 18 ezer €

Fajlagos költség: 0,04 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 1,1 millió Ft/ Δh



XVIII. Babócsai Rinya Nagyatád halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Babócsai Rinya

Halátjáró helyszíne: Nagyatád, Babócsai
Rinya 28+271 fkm

Létesítés éve: 2011

VKI Víz típus: 6 M

VKI Haltípus 4 LLS

Halátjáró típusa: természetközeli, kőküszöb
facölöpökkel, medencés

Építőanyag: vízépítési terméskő, vasbeton,
fa

Tervező: SOLVEX Kft.

Kivitelező: Szekszárd-Paksi Kft.

Szintkülönbség (Δh): 1,65 m

Jellemző vízhozam: 0,06 m³/s

Hosszúság: 196 m

Átlagos esés: 8,4 ‰

Összes költség: 18,6 millió Ft / 67 ezer €

Fajlagos költség: 0,10 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 11 millió Ft/ Δh



XIX. Ipoly Ipolytölgyes halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Ipoly folyó

Halátjáró helyszíne: Ipolytölgyes/Malé Kosihy, Ipoly 18+020 fkm

Létesítés éve: 2007

VKI Víz típus: 4L

VKI Haltípus: 3 HLR

Halátjáró típusa: medencés kőküszöbös, megkerülő csatornás, réselt halátjáróval

Építőanyag: vízepítési terméskő, vasbeton

Tervező: Hullámvonal Kft.

Kivitelező: Magyar Vízépítő Zrt.

Szintkülönbség (Δh): 4,05 mJellemző vízhozamok: 0,7 (8,9) m³/s

Hosszúság: 270 m

Átlagos esés: 15,0 ‰

Összes költség: 100 millió Ft / 322 ezer €

Fajlagos költség: 0,37 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 22,2 millió Ft/ Δh 

Megjegyzés: Holtág hossza 420 m., megkerülő csatorna 270 m.

XX. Ipoly Tésa halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Ipoly folyó

Halátjáró helyszíne: Tésa/Ipelsky Sokolec, Ipoly 32+790 fkm

Létesítés éve: 2007

VKI Víz típus: 4L

VKI Haltípus: 3 HLR

Halátjáró típusa: medencés kőküszöbös, megkerülő csatornás, réselt halátjáróval

Építőanyag: vízepítési terméskő, vasbeton

Tervező: Hullámvonal Kft.

Kivitelező: Magyar Vízépítő Zrt.

Szintkülönbség (Δh): 3,70 mJellemző vízhozamok: 0,6 (9,7) m³/s

Hosszúság: 260 m

Átlagos esés: 14,2 ‰

Összes költség: 90 millió Ft / 290 ezer €

Fajlagos költség: 0,35 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 24,3 millió Ft/ Δh 

Megjegyzés: Holtág hossza 770 m., megkerülő csatorna 260 m.

XXI. Kis-Balaton 4T halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Kis-Balaton

Tervező: Hallépcső Bt.

Halátjáró helyszíne: Zalavár, Kis-Balaton
4T műtárgy, KBVR északi lezáró töltés
0 + 000 fkmKivitelező: Szabadics Közmű-és Mélyépítő
Zrt., Pentavia Építőipari Kft.

Létesítés éve: 2013

Szintkülönbség (Δh): 1,96 m

VKI Víz típus: 5 S

Jellemző vízhozam: 0,5) m³/s

VKI Haltípus: 2 LLR

Hosszúság: 156 m

Halátjáró típusa: természet-közeli medencés
kőküszöbös, réselt

Átlagos esés: 12,5 ‰

Összes költség: 134,8millió Ft / 418 ezer €

Építőanyag: vízepítési terméskő, vasbeton,
acél

Fajlagos költség: 0,86 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 68,8 millió Ft/ Δh **XXII. Kis-Balaton 21T halátjáró**

Vízfolyás megnevezése: Zala folyó

Tervező: Hallépcső Bt.

Halátjáró helyszíne: Fenékpusztá,
Kis-Balaton 21T műtárgy,
völgyelzárás 2+933 fkm
Létesítés éve: 2013Kivitelező: Szabadics Közmű-és Mélyépítő
Zrt., Pentavia Építőipari Kft.Szintkülönbség (Δh): 1,96 m

VKI Víz típus: 7 L

Jellemző vízhozam: 0,5) m³/s

VKI Haltípus: 5 LLR

Hosszúság: 156 m

Halátjáró típusa: természet-közeli medencés
kőküszöbös réselt,

Átlagos esés: 12,5 ‰

Összes költség: 134,8millió Ft / 418 ezer €

Építőanyag: betonba rakott terméskő,
vasbeton, acél

Fajlagos költség: 0,86 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 68,8 millió Ft/ Δh 

Megjegyzés: Nagyvízi állapot.

XXIII. Tisza-folyó Kisköre halátjáró

Vízfolyás megnevezése: Tisza folyó

Tervező: Hullámvonal Kft

Halátjáró helyszíne: Kisköre Tisza folyó bal part 402 + 000 – 403 + 200 fkm

Kivitelező: KÖTIVIEP-B-Kft. Hídépítő-Speciál Kft.

Létesítés éve: 2014

Szintkülönbség (Δh): 10,6 m

VKI Víz típus: 8N

Jellemző vízhozamok: 3,3-3,9 m³/s (nyári)
0,9-2,0 m³/s (téli)

VKI Haltípus: 5 LLR

Hosszúság: 1371 m

Halátjáró típusa: medencés kőküszöbös, réselt

Átlagos esés: 7,73 ‰

Építőanyag: vízépítési terméskő, vasbeton

Összes költség: 760 millió Ft / 2451 ezer €

Fajlagos költség: 0,55 millió Ft/fm

Fajlagos költség: 71,7 millió Ft/ Δh



Megjegyzés: Csuka a monitoring ablakban