

A Pinka fenntartható vízgazdálkodása (AquaPinka projekt eredményeinek bemutatása)

Déri Lajos¹, Deák László², Juhász István²

¹SOLVEX Kft. deri.lajos@solvex.hu

²Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Vízvédelmi és Vízgyűjtő-gazdálkodási Osztály, deak.laszlo@nyuduvizig.hu; juhasz.istvan@nyuduvizig.hu

Absztrakt

A Pinka közös határszakasza egy határok nélküli ökológiai egységet alkot. Az utóbbi években a klímaváltozás hatása a vízfolyások vízkészletének alakulásában egyre erősebben érezhető. Ezzel a kihívással egy határokkal osztott vízfolyás esetében az érintett országoknak csak közösen lehet szembeszállni. Ezért az AquaPinka (ATHU115) - A Pinka fenntartható vízgazdálkodása, Interreg projekt keretén belül magyar és osztrák vízügyi szervek intenzív együttműködésben dolgoztak egy közös vízgazdálkodási terv megalkotásán.

A projekt monitoring munkacsomagjának végrehajtásában bővítettük és üzemeltük a monitoring hálózatokat (felszíni, felszín alatti, vízminőségi, vízrajzi és halas monitoring). A monitoring során gyűjtött adatokat feldolgoztuk és értékeltük. Az állapotértékelés során minősítettük a Pinka mennyiségi állapotát, illetve a felszíni és a felszín alatti víz és minőségi állapotát. A felszíni és a felszín alatti vízrajzi adatok segítségével a Pinka duzzasztóinak hatásait is kielemeztük. Az osztrák kollégák hajtották végre a halas monitoringot, melynek adatait felhasználva értékelték a halátjárók állapotát és működését.

A modellezés munkacsomagban a monitoring során gyűjtött adatok felhasználásával az osztrák kollégák 2D felszíni hidrodinamikai modellel szimulálták a Pinka jellemző kisvízes állapotokban a vízviszonyokat a határszakasz felmért keresztmetszelyeiben. Továbbá 2D felszín alatti hidrodinamikai modellel elemezték a Pinka völgyében a talajvíz és a Pinka kölcsönhatását.

Az állapotértékelés és a monitoring során elvégzett elemzések segítségével meghatároztuk a Pinka jelenlegi állapotát és a Vízkészlet-irányelv célkitűzéseiből levezetve az elérendő célállapotot. Meghatároztuk azokat a területeket, ahol ez a célállapot jelenleg nem teljesül, továbbá azonosítottuk azokat a tényezőket, melyek a célállapot elérését veszélyeztetik, akadályozzák.

A monitoring és modellezés eredményeire építve készítettük el a Pinka vízgazdálkodási tervét, mely összefoglalja az AquaPinka projekt keretében elvégzett feladatokat és meghatározza a Pinkával való kétoldalú, határon átnyúló, közös gazdálkodás jövőbeli irányait.

A terv legfontosabb eleme az intézkedések koncepciója, mely a meghatározott célkitűzések eléréséért és a Pinka fenntartható vízgazdálkodásának megalapozásához szükséges intézkedéseket tartalmazza. A terv javaslatot tesz a két ország által közösen meghatározandó ökológiai vízkészlet meghatározására. Szabályozási intézkedéseket javasol a vízerőművek és a halátjárók működtetésének közös alapokon nyugvó szabályozására. Intézkedéseket javasol az egyes halátjárók állapotának javítására és hatékonyságuk növelésére. Javaslatokat mutat be egy egységes monitoring rendszer kidolgozására biztosítására, valamint ezzel összefüggésben a Pinka ökológiai állapotának közös, egységes időszakos értékelésére. Az intézkedési koncepció legfontosabb elemei a vízfolyás hidromorfológiai állapotát javító beavatkozások, melyek segíthetnek leghatékonyabban a Pinka ökológiai állapotának javításában és ezáltal a megfogalmazott minőségi célkitűzések elérésében.

Kulcsszavak: EU VKI, ökológiai állapot, Pinka, vízrajzi és vízminőségi monitoring, 2D felszíni és felszín alatti hidraulikus modellek, vízgazdálkodási terv, vízfolyás rehabilitáció

BEVEZETÉS

A Pinka a magyar-osztrák határszakaszon, többszörösen határt metsző és határt alkotó vízfolyás, melynek vízkészletét Ausztria és Magyarország is használja. A határszakaszon folyó vízfolyással való gazdálkodás csak közösen egyeztetett elvek alapján lehetséges. A Pinka

vízkészletének megfelelő felhasználásához elsősorban a határszelvényekben kell a be- és kilépő víz mennyiségi és minőségi elvárásait meghatározni. Emellett a Pinka jó ökológiai állapotának fenntartásához a Pinka kisvíz-gazdálkodási koncepciójának megalkotása vált szükséges, mely alapján lehetségessé válik a hallépcsők, a megkerülő csatornák, a holtági vízpótlások és az erőművek üzemeltetésére történő jó gyakorlat tervezése és előkészítése.

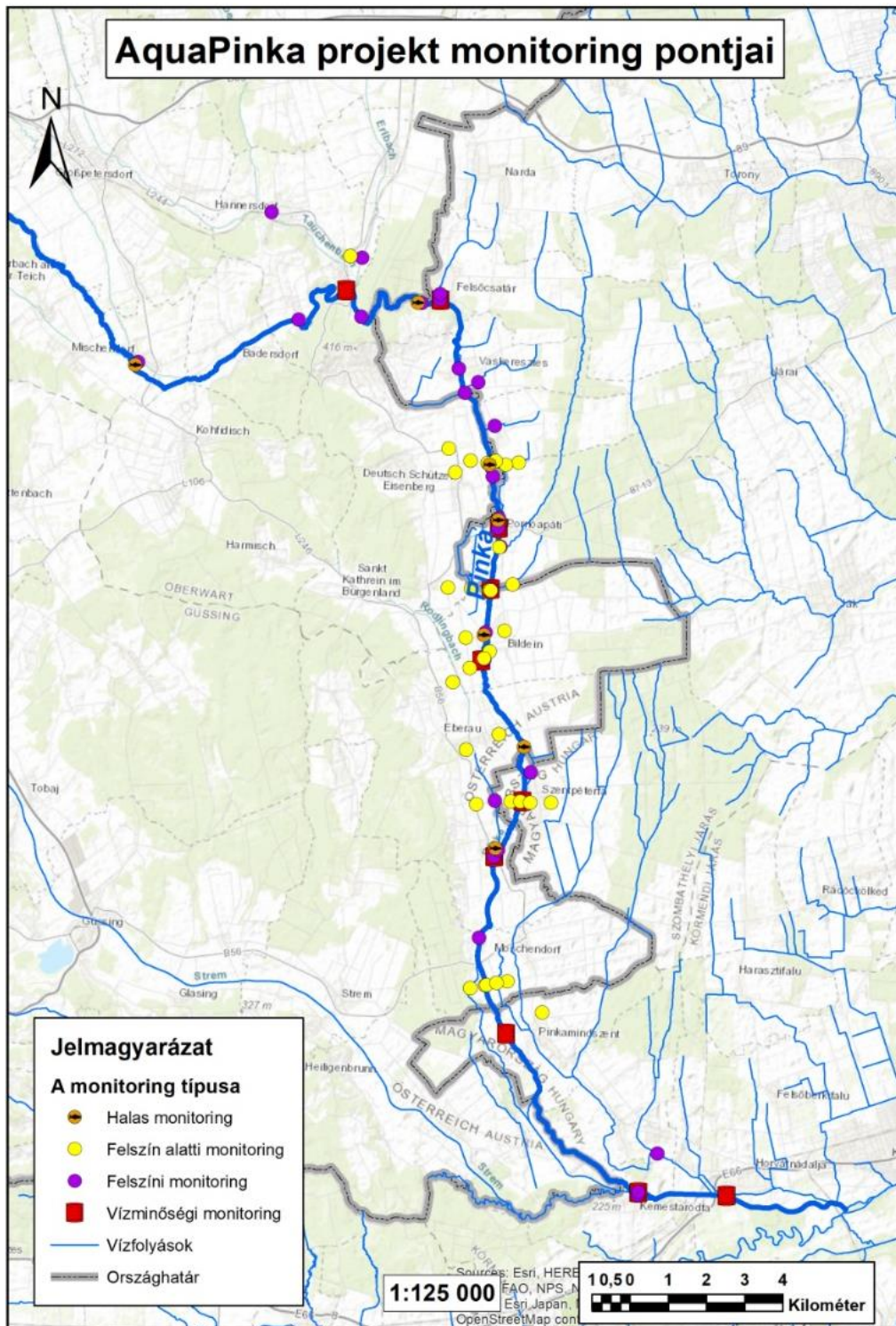
A Pinka kisvízi vízgazdálkodási tervének megalkotására született az INTERREG V-A Ausztria Magyarország Együttműködési Program keretein belül jóváhagyott ATHU115 AquaPinka - A Pinka fenntartható vízgazdálkodása elnevezésű projekt. A projekt a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (Magyarország) irányításával, a Burgenland Tartomány (Ausztria) részvételével, valamint a Belügyminisztérium (Magyarország), és a Szövetségi Mezőgazdasági, Erdészeti, Regionális és Vízgazdálkodási Minisztérium (Ausztria) stratégiai partnersége mellett készült el. A projekt kivitelezése 2020. január 1-én kezdődött és 2022. december 31-én fejeződött be, összköltsége 638 650 € volt.

A projekt legfőbb célja a Pinka patak jó ökológiai állapotának elérése és fenntartása volt. A projekt eredményei elsősorban a két ország közötti vízügyi egyezmény szerint működő szervek, valamint a vízvédelemért felelős hatóságok munkavégzését támogatják, valamint értékes információval szolgált a Pinka mentén élő lakosság és a szakmailag érintettek (vízgazdálkodás, természetvédelem, felsőoktatás, erőművek, mezőgazdaság, önkormányzatok, civil szervezetek stb.) számára is. A projekt újdonsága volt a határt többször metsző vízfolyás vízkészletének és vízminőségének országonként, egymástól független vizsgálata helyett, egyidejű, kétoldalú közös monitoring végrehajtása és kiértékelése, valamint közösen egyeztetett vízkészlet-gazdálkodási terv kidolgozása a vízkészletek fenntartható kezeléséhez.

A PROJEKT MONITORING TEVÉKENYSÉGE

A projekt monitoringjának célja egyidejű összehangolt vízrajzi, vízminőségi és halas adatok gyűjtése a Pinkán magyar és osztrák területen, mivel mindezidáig nem készült egyidejű és kétoldalú monitoring, amely kiterjedne a felszíni és a felszín alatti vízkészletek mennyiségi és minőségi állapotára és kapcsolatára, ezért korábban nem állt rendelkezésre megfelelő adatállomány a közös vízgazdálkodás alapjainak megteremtéséhez. A vízrajzi és vízminőségi monitoringot kiegészíti a halvizsgálati monitoring, mely a vízierőművek hallépcsőjében végzett méréseket és az így mért biológiai jellegű adatok, a fajok sokszínűségére, a populáció és a reprodukció igazolására szolgál. Mivel a meglévő felszíni és felszín alatti mintavételi és mérőhelyek nem szolgáltattak megfelelő sűrűséggel adatokat, ezért a projekt monitoring céljára a Pinka völgyében Ausztriában 5 db, Magyarországon 2 db radaros vízszint érzékelő műszer, osztrák területen 12 db, magyar területen 8 db talajvíz figyelő kút telepítése történt meg. Az alábbiakban bemutatjuk a projekt monitoring elemeit, a felszíni és felszín alatti valamint halvizsgálati monitoringot, mely tartalmazza a korábban rendelkezésre álló, és az új elemeket is. A felszíni monitoring kapcsán az egyeztetett vízfolyás szelvényekben, a felszín alatti monitoring kapcsán a talajvízmérési hálózatban a monitoring program alapján egyidejű, összehangolt vízrajzi mennyiségi, vízminőségi mérések és mintavételek történtek, továbbá halvizsgálati adatok gyűjtése is megtörtént a Pinkán és vízgyűjtőjén, annak magyar és osztrák területét is egyszerre érintve. Ennek keretében 2020. október 1. és 2021. október 31. között felszíni vízrajzi mérések folyamatos regisztrálása történt 14 ponton (AT: 9 db; HU: 5 db), továbbá 8 alkalommal 31 szelvényben (AT: 15 db; HU: 16 db) expedíciós vízhozammérés

valósult meg. A 33 db talajvíz kútban (AT: 24 db; HU: 9 db) folyamatos adatgyűjtés és alkalmanként vízszintmérések voltak. A vízminőségi minták vétele a talajvízes kutakban 1 alkalommal, míg a Pinkán 10 helyen 10 alkalommal volt kivitelezve. A halvizsgálati monitoring halcsapdás mintavétellel lett kivitelezve a vízerőművek halépcsőjében 6 helyszínen 1 hónapos időtartamban. A monitoring pontokat átnézetesen az alábbi térképen mutatjuk be (1. ábra) (Déri & Kránitz, 2022).



1. ábra. Az AquaPinka projekt monitoringhálózata

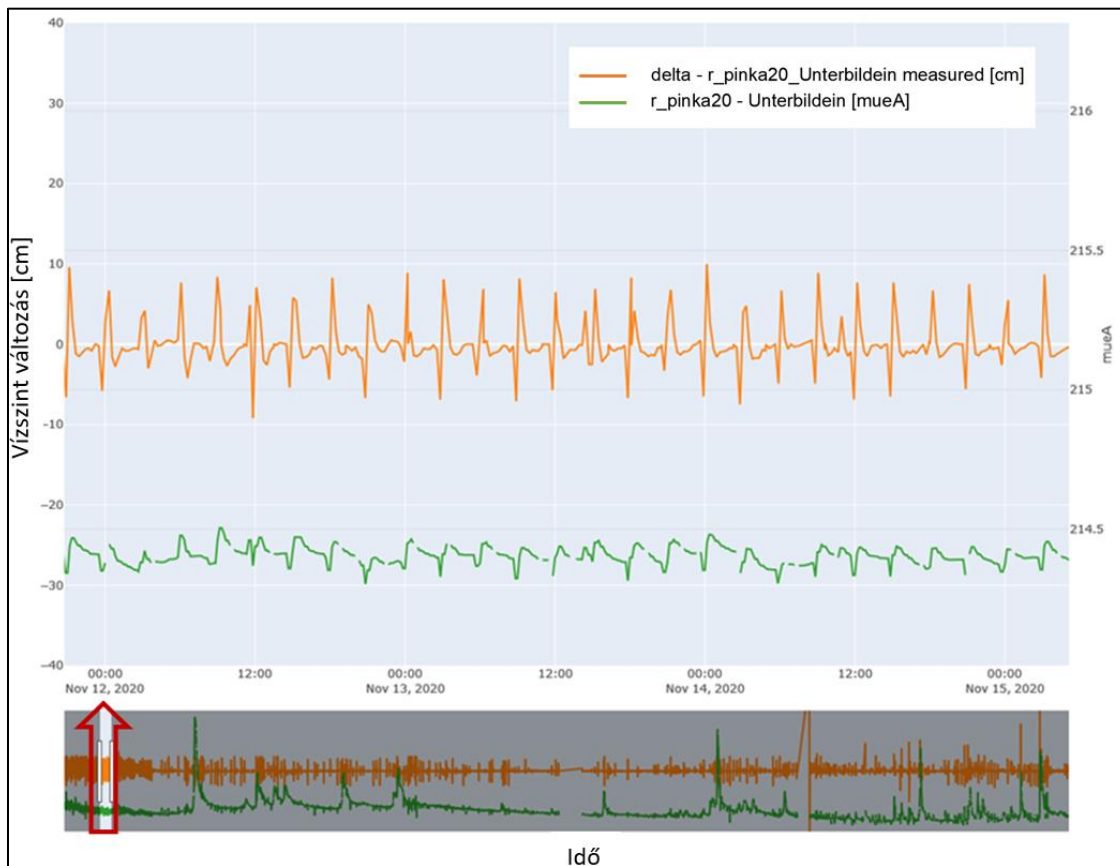
A PROJEKT MONITORING EREDMÉNYEINEK KIÉRTÉKELÉSE

Az alábbiakban kivonatossan bemutatjuk a projekt a 2020. október 1. és 2021. október 31. közötti monitoring eredményeit és kiértékelésüket.

A felszíni víz vízrajzi vizsgálata

A vízrajzi állomásokon regisztrált adatok össze lettek gyűjtve és elemzésük is megtörtént. A vizsgált évben jelentősebb árhullám csak 2020. októberében alakult ki, ekkor a mérőállomásokon átlagosan 1,5 - 3 m-es vízszintemelkedés volt tapasztalható. Egyéb időszakokban lokális jellegű csapadékokból voltak kisebb vízszintemelkedések, így a vizsgált időszakban jó részt kisvízes állapot volt tapasztalható (Déri & Kránitz, 2022).

A projektterületen nagy számban található vízerőművek, melyek üzemeltetésében előfordul a csúcsra járatás. A csúcsra járatásos üzemrend hatására a vízszint emelkedés (magnövekedett vízhozam) és a vízszint süllyedés (a vízhozam csökkenése) rövid időn belül váltakozik. Ez természetesen hatást gyakorol a vízfolyás vízhozamának dinamikájára, és erősen befolyásolhatja a vízfolyás ökológiai funkcióinak működését. Az alábbi ábra (2. ábra) egy a Pinkán lévő vízerőmű (unterbildeini vízerőmű) hatását mutatják be az unterbildeini vízrajzi állomás vízszintjén és a 10 perces vízszint változásán keresztül a 2020. november 12. és november 15. közötti időszakban (Déri & Kránitz, 2022).

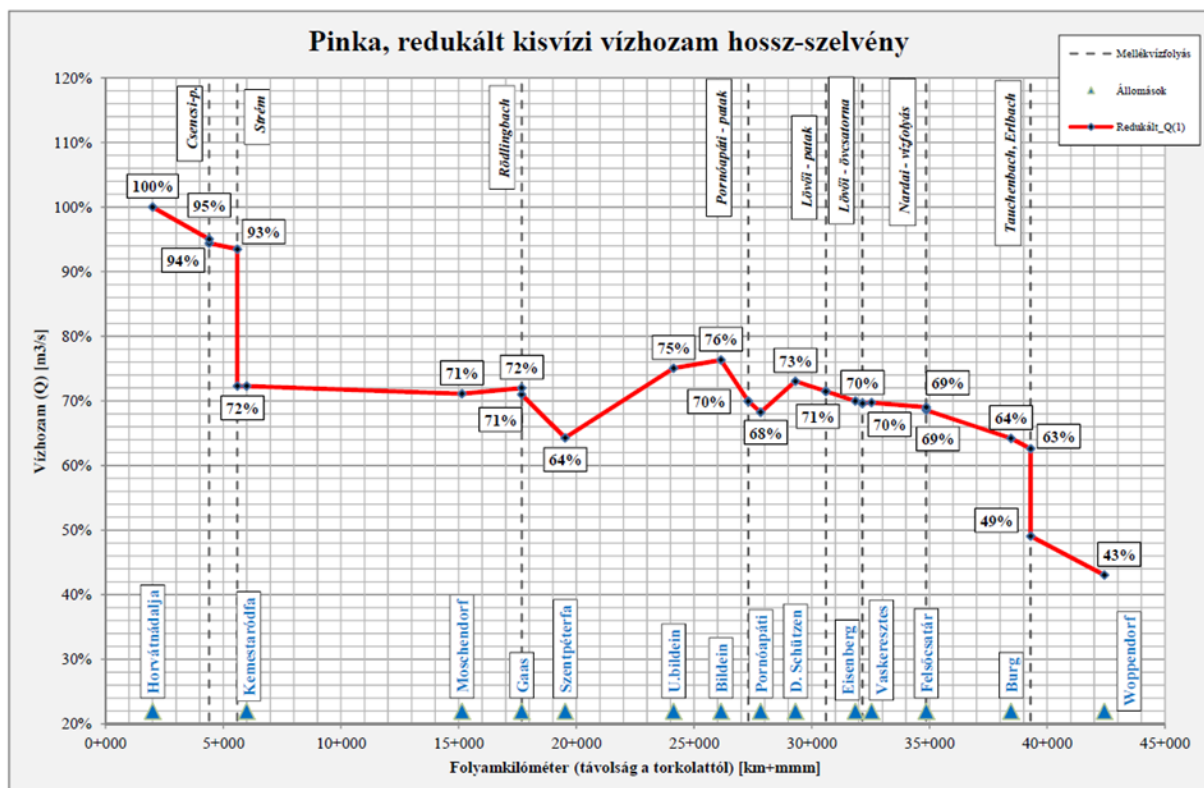


2. ábra. A vízszint és a 10 perces vízszintváltozás 2020. november 12. és 2020. november 15. között az unter-bildeini vízrajzi állomáson

A monitoring program keretében 8 darab vízhozammérési expedíciót hajtottak a végre a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság szakemberei. Minden egyes expedíció során 31 monitoring ponton mértek pillanatnyi vízhozamot a Pinkán, a Pinka mellékvízfolyásain Woppendorftól a torkolatig, valamint a projekt területen található duzzasztóművek halátjáróiban. A mért vízhozam értékeket pillanatnyi vízhozam hossz-szelvényeken lettek ábrázolva, majd a mérési sokaságból egy redukált kisvízi vízhozam hossz-szelvény (3. ábra) került megszerkesztésre. Mivel a redukált kisvízi vízhozam hossz-szelvényhez az alaphozamos időszakok lettek felhasználva, ezért a hossz-szelvény tökéletesen reprezentálja a Pinka kisvízes vízkészlet eloszlását a vízfolyás jellemző szelvényeiben (Déri & Kránitz, 2022).

A Tauchenbach és Strém patakok betorkollása között a vízhozam-növekmény 10% körüli. Különösen Felsőcsatár és Gaas között érezhető az erőművek hatása, azaz a vízhozam rövid szakaszon történő hirtelen változása. A mérési adatok alapján a Pinka természetes vízhozam változását ezen a szakaszon a Burg és Kemestaródfa állomások közötti vízhozam alapján lehet megállapítani (Déri & Kránitz, 2022).

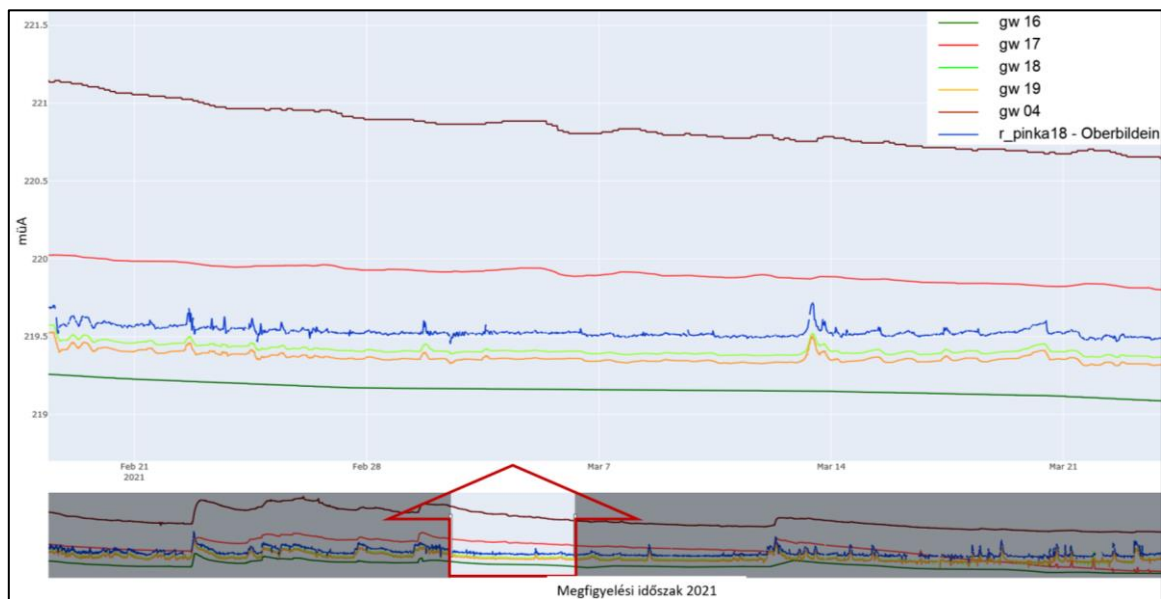
A mérési expedíciók alapján megállapítható továbbá, hogy jellemzően a június és szeptember közötti időszakban csökkent a vízhozam az KKQt (MJNQt) és az augusztusi $Q_{80\%}$ illetve a $Q_{95\%}$ közelébe. A decemberi, márciusi és áprilisi mérések ugyan nem voltak csapadéktevékenység által befolyásoltak, ám mégis kétszeres-háromszoros vízhozamokat mértek, mint a nyári időszakban. Emiatt a téli és tavaszi időszak nem tekinthető kisvízes időszaknak, mivel mindig bőségesen rendelkezésre áll az ökológiai vízkészlet. Így vízkészletgazdálkodási tervezés szempontjából a június-szeptemberi időszak lehet a mérvadó (Déri & Kránitz, 2022).



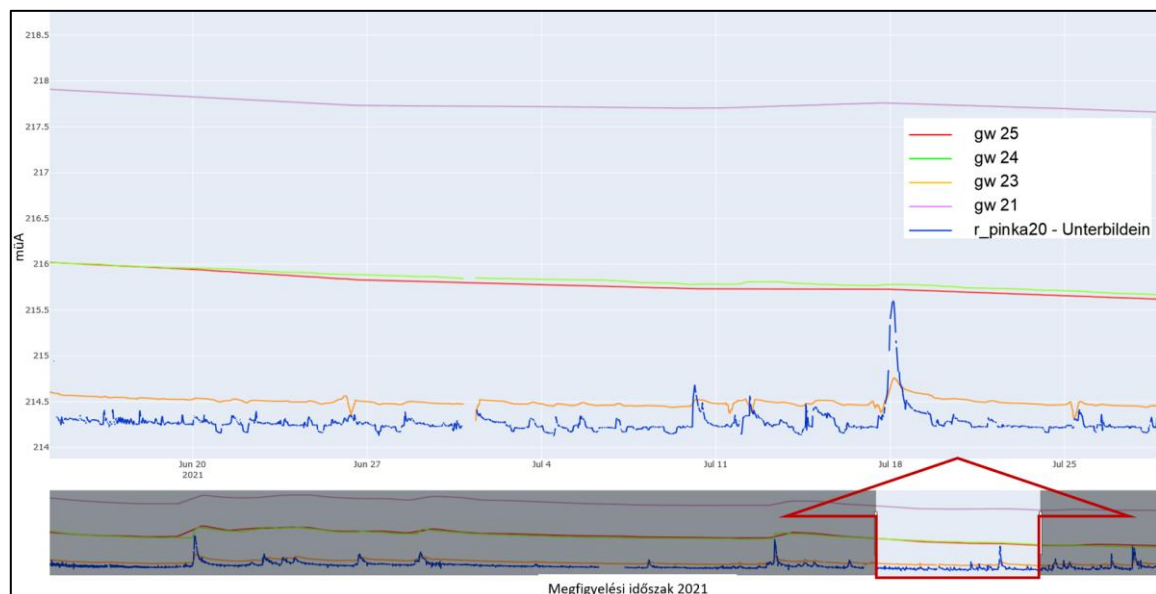
3. ábra. A Pinka redukált kisvízi vízhozam hossz-szelvénye a vizsgált szakaszon

A felszíni víz és a talajvíz kapcsolatának vizsgálata

A völgyszelvények geodéziai felmérése és a telepített felszíni és felszín alatti vizek mérésére szolgáló mérőműszerek adatai alapján elemezni lehetett a felszíni és felszín alatti vizek kölcsönhatását. A következő ábrák (4. és 5. ábra) a Pinka és a talajvízszint észlelő kutak jellemző vízszint állapotait kijelölő időszakokat (piros nyíl) mutatják. A 2. és a 3. számú völgyszelvényeket azért választottuk ki, mivel a két völgyszelvény között található a bildeini vízerőmű a Pinkán. Ezért a 2. völgyszelvény egy duzzasztott szakaszon, míg a 3. számú völgyszelvény egy szabad áramlású szakaszon metszi a Pinkát, így különböző kölcsönhatást mutatnak be a Pinka és talajvíz között (Déri & Kránitz, 2022).



4. ábra. A felszíni és felszín alatti vizek kölcsönhatása az oberbildeini, 2. számú, völgyszelvényben (duzzasztott szakasz) 2021. február 21-től 2021. március 21-ig



5. ábra. A felszíni és felszín alatti vizek kölcsönhatása az unterbildeini, 3. számú, völgyszelvényben (szabad áramlású szakasz) 2021. június 20-tól 2021. július 25-ig

A duzzasztott szakaszon a Pinkában a vízszint magasabban áll, mint a szomszédos területek talajvízszintje. A Pinkával szomszédos kutakban (GW18 és GW19) a talajvízszintek érzékenyen reagálnak a Pinka vízszintjének változásaira. A Pinkától távolabb eső kutakban a talajvízszintek nem reagálnak a Pinka vízszintjének rövid távú változásaira. Az unterbildeini völgyszelvény (nem duzzasztott szakasz) más képet mutat. A Pinka vízszintje alacsonyabb, mint a szomszédos kutak talajvíz szintje, ami azt jelenti, hogy a talajvíz a Pinka felé áramlik (Déri & Kránitz, 2022).

A felszíni víz minőségi állapotának vizsgálata

A monitoring során gyűjtött fizikai-kémiai adatokat az aktuális, VGT3 minősítő rendszere alapján minősítettük. A monitoring során gyűjtött 100 db mintavétel eredménye: 81 db kiváló, 18 db jó minősítést kapott, csupán egy minta lett mérsékelt állapotú. A mintavételi pontok éves minősítéséből megállapítható, hogy a mintavételi pontok kiváló állapotot mutattak a mintavételi időszakban (Déri & Kránitz, 2022).

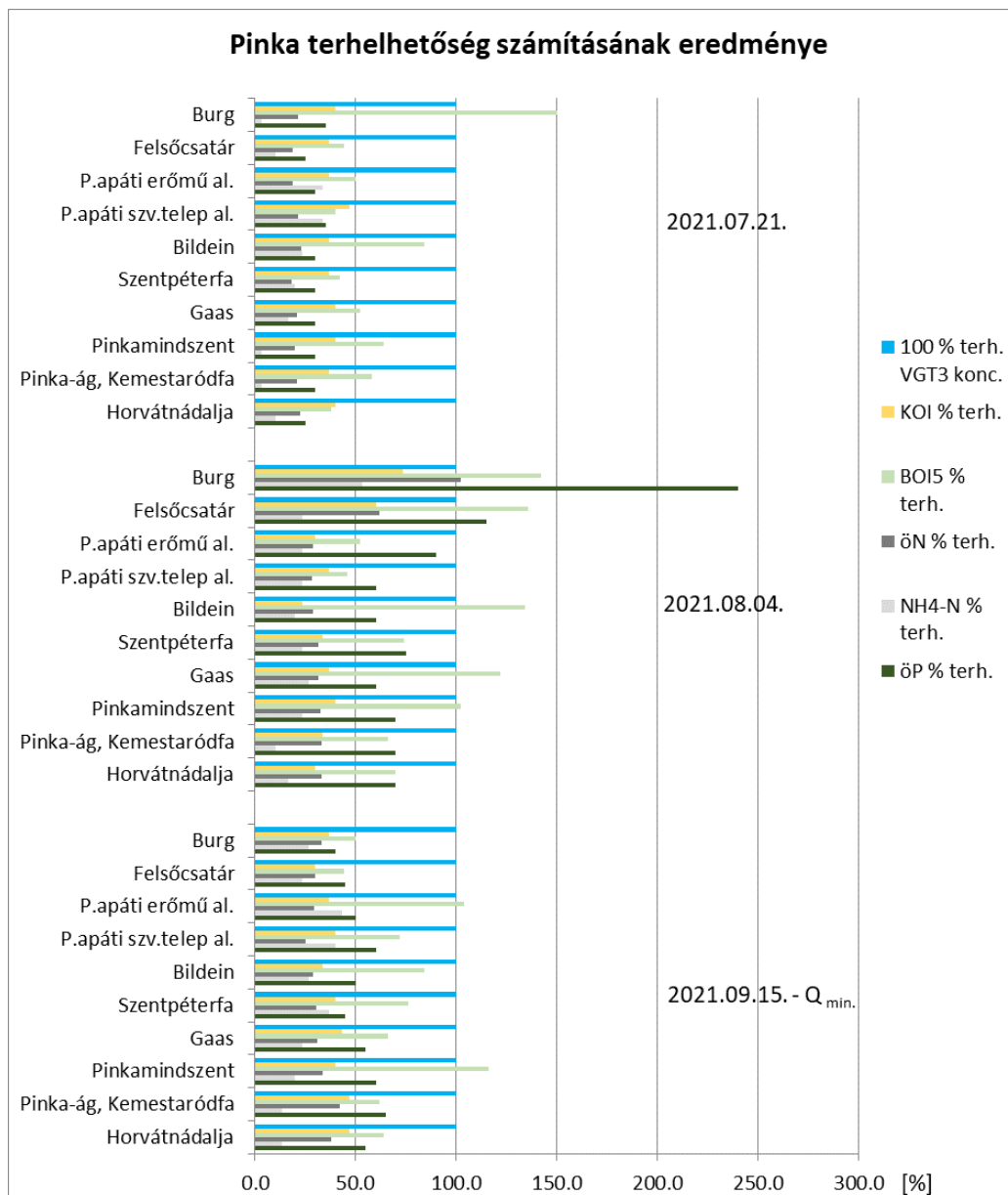
A VKI előírja a kiváló és a jó állapot megtartását, de terhelhetőségre vonatkozó kritériumokat nem állapít meg. A klímaváltozással járó extrém időjárási események gyakoriságának és károsodási képességének bizonyított növekedése a vízfolyásainkra nézve további terheléseket okoz, amelyek révén azok öntisztulási képessége és ökoszisztémái különböző mértékben károsodhatnak. Indokolt tehát a klímaváltozással kapcsolatos általános összefüggések és várható események előrejelzése is. A klímaváltozás hatása-, az évi csapadékmennyiségek változása, ami éves lefolyás csökkenéssel járnak. Az általában antropogén eredetű vízminőségi terhelések a csökkent vízhozamú víztestekbe továbbra is megérkeznek, így a vízminőségi terhelést okozó komponensek koncentrációi várhatóan megnőnek. A terhelhetőségek számítása a fizikai-kémiai paraméterek, a mintavételi helyekhez társítható vízhozamok és a 3. Vízyűjtő-gazdálkodási Terv vízminőség-értékelési határértékei segítségével lettek kiszámolva az egyes komponensekre, minden mintavételi helyre egyedileg és nem együttesen (Déri & Kránitz, 2022).

A komponensek koncentrációi és a vízhozamok szorzatai az aktuális anyagáramot, mint terhelést, míg a meghatározott jellemző vízhozamok (HU: MJNQ és AT: Q95%) és a 3. Vízyűjtő-gazdálkodási Terv fizikai-kémiai jó/mérsékelt állapot határérték koncentrációjának szorzata pedig a még jó állapotot jellemző, maximálisan tolerálható anyaghozamot adja meg. Az aktuális terhelési anyagáram és a maximálisan tolerálható anyagáram különbsége megmutatja az adott mintavételi helyen és időben vízfolyás terheltségét, a maximálisan tolerálható anyagáramot meghaladó terhelés esetén a vízfolyás túlterheltségét (Déri & Kránitz, 2022).

A fizikai-kémiai mintavételek és vízhozam mérések kiindulási adatsoraiból is látható, hogy a Pinka a nyári hónapokban általában nagyobb relatív terhelést kap, ezért a terhelhetőség számításnál a nyári hónapok vizsgálatára koncentráltunk. A fizikai-kémiai paraméterek közül a tápanyag és az oxigénháztartás paraméterek (összes P, összes N, NH₄-N, BOI₅ (biológiai oxigén igény), KOI (kémiai oxigén igény)) vizsgálati adatai lettek feldolgozva (6. ábra) (Déri & Kránitz, 2022).

Az összes foszfor tekintetében a számított anyagáramok és a számított maximálisan tolerálható anyagáramok százalékos különbsége azt mutatja, hogy az összes P-ra általában véve még a

nyári és/vagy kisvízes időszakban is nagy biztonsággal megfelelő terhelhetőségi kapacitással rendelkezik, hogy a koncentráció ne lépje túl a jó állapot határértékét. Az összes P koncentrációja szerint mérsékelt állapotnak felel meg augusztusban Burgnál, így lokálisan túllépte a jó állapothoz számított maximális anyagáramokat. Folyásirány szerint a további mintavételi helyeken ilyen eset már nem állt fenn, köszönhetően a nagyobb vízhozamnak és így a hígulás révén csökkent összes P koncentrációnak. Az összes nitrogén komponens esetében az anyagáram kiugrás Burg térségében hasonló, de kisebb mértékű volt, Felsőcsatárban a mért koncentrációból számított anyagáram az elméleti megengedhető maximumot nem lépte túl (Déri & Kránitz, 2022).



6. ábra. Kémiai paraméterek fajlagos terhelése a Pinkán 2021. július-szeptember közt, koncentráció, illetve terhelés tekintetében - A VGT3 szerinti jó kategória alsó értékhatára a maximált terhelés/koncentráció érték = 100%

Az ammónium-nitrogén esetében ekkor a teljes vizsgálati hosszön nem haladta meg a számított anyagáram a maximálisan megengedhető anyagáramot. A kémiai oxigénigény tekintetében szintén nem volt túllépés. A biológiai oxigénigény anyagáramai a KOI anyagáramok mozgásával többé-kevésbé szinkronban vannak, de a BOI₅ koncentrációk és a számított terhelések több helyen és alkalommal kiugró értékeket mutattak, ezért 2021. július-szeptemberi mintavételek alapján a VGT3-as minősítés szerint csak mérsékelt állapotú lenne a víztest állapota. Az év többi szakában kevés és kismértékű, nagyobb mennyiségű csapadékhoz társítható kiugrások voltak ugyan, de a Pinka a nyári időszakában nagyobb mértékű sérülékenységet mutat. 2021. augusztusában a Pinka vízhozama a torkolat közelében (Horvátnádálja 4,314 m³/s) jóval nagyobb volt, mint júliusban (Horvátnádálja 1,186 m³/s). Terhelése koncentrációban és így anyagáramban is nagyobb volt. A szeptemberi mintavétel viszont a monitoring időszak legkisebb vízhozama idején történt, kisebb anyagárammal és BOI₅ érték túllépéssel. A biológiai terhelés során létrejött szerves anyag komponensek terhelése jellemzően a nyári időszakban nő meg, és az éves átlaghoz képest többlet terhelést mutat. A vegetációs időszakban a szerves anyag produkció nagy és az intenzív csapadék események következtében a szerves anyag nagy mértékű bemosódásának hatására kiugró BOI₅ koncentrációk is tapasztalhatók a vízfolyásban. Ezek az anyagáram csúcsok időlegesen csökkentik a vízfolyás terhelhetőséget (Déri & Kránitz, 2022).

Nem kizárható olyan nyári időszak, amely során az évszakra jellemző diffúz szerves terhelés az antropogén terheléssel kombinálódva olyan kis vízhozamban összegződik, amely jóval nagyobb koncentrációkat és így nagyobb relatív összterhelést jelent, emiatt valamilyen mértékben csökkent ellenállóképességet (rezilienciát) eredményez. A diagramok rámutatnak arra, hogy a Pinka fizikai-kémiai vízminősége általában kiváló/jó, azonban sérülékenysége a kisebb vízhozam miatt a nyári időszakban nagyobb. Amennyiben terhelést csökkentő intézkedések nem történnek, sérülékenysége a klímaváltozás hatására felerősödik (Déri & Kránitz, 2022).

A felszíni víz minőségi állapotának vizsgálata

A monitoring kutakban vett vízminták értékeléséhez a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről, vonatkozó határértékei lettek felhasználva (2. és 3. melléklet a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelethez). A rendeletben a vizsgált 8 paraméterre állt rendelkezésre határérték a vizsgált 34 paraméter közül. A 8 paraméter közül 4 paraméter (klorid, fajlagos elektromos vezetőképesség, nátrium és szulfát) esetében nem tapasztaltunk határérték túllépést. Két komponens (nitrát és nitrit) esetében csupán a vizsgált 32 kút közül csak egy-egy-kútban volt határérték túllépés, az ortofoszfát ion esetében 3 kút esetében haladta meg a határértéket a mért érték. A legtöbb határérték túllépést az ammónium ion esetében tapasztaltunk, öt kútban volt magasabb a mért érték, mint a határérték. Mivel ez az 5 kút sem éri el a vizsgált kutak 20%-át ezért a kijelenthetjük, hogy a felszín alatti víz jelentősen nem szennyezett a projekt területen (Déri & Kránitz, 2022).

A halas monitoring értékelése

A halas monitoring 2021-ben 30 vizsgálati napjának legfontosabb eredményeit két részre lehet osztani, az abiotikus tényezőkkel és a biotikus vizsgálatokkal foglalkozó részre.

Az egyes halátjárókra vonatkozóan meg lettek vizsgálva a halátjárók abiotikus tényezői (medence méretek, legkisebb maximális mélység a medencékben, minimális mélység a medencék közötti átmenetben, medencék közötti nyílás szélessége, vízszintkülönbségek, vízsebességek a medencék közti nyílásokban, maximális vízszintesések, a vándorlási folyosó minimális szélessége), és a halátjárókról szóló kézikönyv követelményei alapján értékelve lettek az egyes halátjárók. Az értékelés eredményének összefoglalása az alábbi táblázatban (1. táblázat) olvasható (Déri & Kránitz, 2022).

1. táblázat. A vizsgált halátjárók abiotikus tényezőinek összefoglalása és értékelése. Forrás: (Parthl & Schiffler, 2022)

Halátjáró	Abiotikus értékelés
Kotezicken	A meghatározott abiotikus peremfeltételek nagyrészt teljesülnek a teljes halátjárón.
Felsőcsatár	Az előírások az ideiglenes kiigazítási munkálatok után nagyrészt teljesülnek. Javasolt az ideiglenesen elhelyezett megoldások helyettesítése fix elemekkel, valamint medencék ki(újra)alakítása a halátjáró torkolati szakaszán, valamint a csőáteresz megfelelő aljzattal való burkolása.
Deutsch Schützen	A felmérés idején a Deutsch Schützen-i mőtárgyban a vízmélységben hiányosságok mutatkoztak, amelyek azonban nem korlátozzák a funkcióját, ha a vízhozam megfelelő. Az abiotikus peremfeltételek nagyrészt teljesülnek. A vízsebességet a halátjáró beeresztő mőtárgy keresztmetszetének szűkítésével lehetne növelni, így javítva a terelőáramlást.
Pornóapáti	A Pornóapáti halátjárónál a halátjárókról szóló kézikönyvben meghatározott abiotikus kritériumok nagyrészt nem teljesülnek. A következő hiányosságok tapasztalhatók: elégtelen befolyó vízhozam, elégtelen medencetérfogatok, a mederkapcsolat hiánya, elégtelen vízmélység a medencékben és a medencék átmeneteiben, valamint túlzott vízszintkülönbségek.
Bildein	A bildeini halátjáró nagyrészt megfelel minden abiotikus feltételnek. Helyenként hiányosságokat találtak a mélység és az vízsebesség tekintetében, amelyek nem korlátozzák a halátjáró funkcióit, és könnyen helyreállíthatók.
Gaas	A Gaas-i halátjáró alapvetően teljesíti az összes abiotikus követelményt. A helyenként tapasztalható vízmélység hiányok helyreállítása könnyen megvalósítható.

A halátjárók és a vízfolyás halfaunisztikai értékelése kapcsán elmondható, hogy összességében a Pinka teljes fajspektrum 21 halfajt tesz ki valamennyi halvizsgálati helyszínt figyelembe véve. A pontyfélék (Cyprinidae) egyértelműen dominálnak, összesen 15 fajjal (fejes domolykó, márna, szivárványos ökle, dévérkeszeg, ezüstkárász, fenékjáró küllő, karikakeszeg, nyúldomolykó, ponty, szélhajtó küsz, paduc, bodorka, sujtásos küsz, halványfoltú küllő és az allochton (idegenhonos) kínai razbóra). A csíkfélékét (Cobitidae) a kőfűró csík és a vágócsík képviselik, ez utóbbi Felsőcsatár duzzasztó alatti szakaszát kivéve minden mintaterületen megtalálhatók. A másik 4 faj a családjuk egyetlen képviselői. A kövi csíkot (Nemacheilidae) valamennyi populációban megfogták, míg a sebes pisztrángot (Salmonidae) csak a két populációban, Deutsch Schützenben és Pornóapátiban dokumentálták. Csukát (Esocidae) és csapósügért (Percidae) csak Gaasban és a Kotezickenban fogtak (Déri & Kránitz, 2022).

A két legfelsőbb mintavételi szakasz, Kotezicken és Felsőcsatár, a közepes 1-es Epipotamon halrégióknak felel meg, és a várakozásoknak megfelelően alacsonyabb fajsámú, egyenként 10

dokumentált fajjal. A fennmaradó négy populáció közepes 2-es Epipotamon halrégióinak felel meg, 11 (Unterbildein) és 17 (Gaas) közötti fajnak adnak otthont. Míg 6 faj (fejes domolykó, márna, szivárványos ökle, fenékjáró küllő, sujtásos kűsz és kövi csík) mind a hat populációban dokumentálásra került, addig a Kotezicken-i populációból hiányzik a paduc és a szélhajtó kűsz, ami - különösen a paduc esetében - a Pinka hosszú évek óta tartó hosszirányú átjárhatóságának hiányára is visszavezethető (Déri & Kránitz, 2022).

A Pinka területén összesen négy, az élőhelyvédelmi irányelv II. melléklete szerinti fajt találtak (kőfűró csík, vágó csík, szivárványos ökle és halványfoltú küllő), amelyek közül a kőfűró csík a Vörös Listán (Wolfram & Mikschi, 2007) "veszélyeztetett (EN)", a vágó csík és a szivárványos ökle pedig "sebezhető (VU)" fajként szerepel (Déri & Kránitz, 2022).

Az egyedsűrűséget tekintve a Kotezicken-i populációban a legmagasabb, 10 392 egyed/ha értéket számították ki, míg az Unterbildein és a Felsőcsatár populációk esetében a legalacsonyabb, 3 321 egyed/ha és 3 965 egyed/ha értéket mutatják. A teljes biomassza tekintetében a legmagasabb értékeket a Gaas-i populáció esetében számították ki 217 kg/ha értéket, amelyet a Pornóapáti populáció követ 190 kg/ha értékkel. A legalacsonyabb értéket az Unterbildein populáció éri el, ahol a mindössze 39,4 kg/ha összbiomassza "nem kielégítő halökológiai állapotot (Osztrák hal index: FIA 4)" mutat. A biomassza minden eldöntő kritériumának figyelembevétele nélkül a "közepes halökológiai állapot" 2,83-as FIA érték érhető el. A Kotezicken populációs szintén "közepes halökológiai állapotot (FIA 2,9)" mutat, míg a másik négy populáció a 2,2-2,46 közötti FIA értékekkel (még) "jó halökológiai állapotot" jelez (Déri & Kránitz, 2022).

A PINKA ÉS A TALAJVÍZ MODELLEZÉSI EREDMÉNYEI

A projekt keretében két modell készült el. Az első a Pinka kétdimenziós felszíni lefolyási modellje, melynek számítási területe 46+550 fkm-től 5+500 fkm-ig (Kotezicken - Kemestaródfa) terjed, összesen 41 km hosszban. A másik a Pinka völgy kétdimenziós talajvíz modellje, mely a Pinka határszakasz (37+800 fkm – 5+500 fkm) területét fedi le összesen 32,2 km hosszban. A felszíni lefolyásmodellt Gernot Pfannhauser okl. építőmérnök irodája készítette el, a felszín alatti vizek modellezését a DHI müncheni irodájával szoros együttműködésben vizsgálták. Mindkét modell MIKE modellező rendszerben készült a felszíni vizes modell MIKE Flood, a felszín alatti modell MIKE SHE (Déri & Kránitz, 2022).

Kétdimenziós felszíni lefolyásmodell

A kétdimenziós modell geometriai alapjául egy 1x1 méteres raszterfelbontású domborzatmodell szolgált. Azokon a területeken, ahol nem állt rendelkezésre lézerszkennelés (Felsőcsatár és Vaskeresztes között), ott 3D törésvonalak lettek raszterizálva. Emellett a geodéziailag felmért meder is beépítésre került a modellbe. A modellt az érdekességre vonatkozó érzékenységvizsgálat után a megadott permanens méréssorozat alapján kalibrálták. A hidrodinamikai modell kalibrálásához 12 db vízmérce adatai használták fel, ezek korábban is működő vízrajzi állomások és a projekt keretében létesített új radaros vízszint érzékelők adatai (Déri & Kránitz, 2022). A modell Burg és Kemestaródfa között permanens állapotra lett futtatva az alábbi jellemző vízhozamokra:

- KÖQ = 2770 l/s
- Q_{95%} = 790 l/s

- $KKQ = 370 \text{ l/s}$

A simaság elemzése az összes szelvényben átlagosan 30-as simasági tényezőt eredményezett, amivel jó egyezést mutatott a meglévő vízhozamgörbékkel. A permanens szimulációk eredményeit a 2. táblázat foglalja össze. A $Q_{95\%} = 790 \text{ l/s}$ kisvízi lefolyás hidrodinamikai szimulációja alapján a vizsgált Pinka szakaszon a következő tipikus áramlási területek különböztethetők meg:

- Duzzasztók feletti mederszakaszok visszaduzzasztott vizeit: A kialakuló vízfelszín hosszú szakaszon vízszintes a védtöltés kiinduló pontjáig. Magassága függ az adott duzzasztógát beállításától vagy az erőmű működésétől. Az előforduló vízmélységek ezért kb. 0,3 m (a védtöltés kiindulási pontján) és 1,60 m (a duzzasztás magasságától függően) között változtak. Az áramlási sebességek a duzzasztott vizekben rendkívül alacsonyak voltak, a duzzasztott víz mélységétől függtek, és közvetlenül az elzárások felett közvetlenül szinte nullára csökkentek.
- Szabadfolyású szakaszok, az erőművek alvizétől a következő visszaduzzasztott szakasz kezdetéig: Ezek az áramlási szakaszokon a vízmélységek és az áramlási sebességek a természetes lefolyás áramlási törvényeinek megfelelően alakultak. A jellemző vízmélység 0,2-0,4 m, a vízsebességek 0,2-0,3 m/s közé estek.
- A duzzasztók alvízi szakaszai: Nagyon kis mennyiségű, energiatermelésre fel nem használt maradékvizet szállítanak, alacsony vízállással. Ez függ az adott erőmű aktuális üzemiállapotától.

A Pinka medrének csak 50 %-a szabadfolyású, a meglévő hét erőmű miatt 41 %-a visszaduzzasztott, és 9 % a maradékvíz lefolyási szakasz (Déri & Kránitz, 2022).

2. táblázat. A vízmélységek, vízsebességek és víztükörszélességek értékei a modellezett adatai (ZT DI Pfannhauser adatai)

	KKQ [370 l/s]		Q _{95%} [790 l/s]		KÖQ [2770 l/s]	
	Szabad áramlású szakasz	Duzzasztott szakasz	Szabad áramlású szakasz	Duzzasztott szakasz	Szabad áramlású szakasz	Duzzasztott szakasz
Vízmélység [m]	0,1-1,2 túlnyomórészt 0,2-0,3 helyenként 0,1	1,3 m	0,15-1,2, túlnyomórészt 0,2-0,4, helyenként 0,15-0,2	1,6	0,35-1,4, túlnyomórészt 0,50-1,1, helyenként 0,35	1,75
Vízsebesség [m/s]	0,05-0,04, túlnyomórészt 0,2-0,3	0,05-0,15, helyenként magasabb	0,15-0,8, túlnyomórészt 0,20-0,40	0,05-0,20 helyenként nagyobb	0,30-1,4	0,05-0,50, helyenként magasabb, akár 0,8
Víztükör szélesség [m]	4-14, túlnyomórészt 5-10	9-20	5-15, túlnyomórészt 5-10	9-20	5-15, túlnyomó-részt 5-10	9-20

Kétdimenziós felszín alatti modell

A Pinka és a környező vízvezető réteg közötti kölcsönhatás jobb megismerése érdekében egy egyszerűsített kétdimenziós MIKE SHE talajvízmodellt lett létrehozva, mely permanens állapotra lett kalibrálva. A vizsgált terület a burgi vízmércétől kb. 2 km-rel feljebb kezdődik, a Pinka és a Rába összefolyásánál ér véget, oldalirányban a területet nyugati és keleti irányban a vízgyűjtő határai alapján lett lehatárolva, a modell területe összesen 155 km². A modell 5 m x 5 m-es diszkretizált rácshálóra lett felépítve. Függetlenül a modellt két rétegre lett felosztva:

- Fedőréteg: egyenletes eloszlású vízáteresztő képességű
- Vízartó réteg: térben differenciált eloszlású vízáteresztő képességű

A modell kalibrálása megfelelő paraméterkészlet iteratív beállításával történt. A permanens kalibrációt a Pinka Q = 1000 l/s-os vízhozamára lett elvégezve a felszín alatti vízvezető rétegek áteresztőképességének (k érték) és a vízfolyás medrének áteresztőképességének (átszivárgási sebesség) figyelembevételével. A permanens kalibráláshoz összesen 33 talajvízészlelő kút mért értékei álltak rendelkezésre (ebből 32 volt felhasználható). A két mértékadó hidrogeológiai réteg áteresztőképességét iteratív módon korrigáltuk, ami a következő eredményre vezetett:

- k érték: folyami kavics: $1,0 \cdot 10^{-2}$ m/s (független és vízszintes)
- k érték kavicszint: $6,1 \cdot 10^{-4}$ m/s (vízszintes), $6,1 \cdot 10^{-5}$ m/s (független)
- Szivárgási együttható erőmű felvív: $5 \cdot 10^{-7}$ 1/s
- Szivárgási együttható erőmű alvív: $1 \cdot 10^{-5}$ 1/s
- Szivárgási együttható Szabad zavartalan folyószakasz: $1 \cdot 10^{-6}$ 1/s
- Szivárgási együttható déli árapasztó csatorna $1 \cdot 10^{-6}$ 1/s

A kalibrálás értékelése a DVGW W 107:2016-02 műszaki szabvány minősítése szerint jó, < 2 %-os relatív hibával. Mindazonáltal a minimális és maximális hibáknak viszonylag nagy ingadozási tartománya van, valamint a közel 2 m-es átlagos abszolút hiba a modellben még fellelhető bizonytalanságra utal. A talajvízmodell beállítása azonban elég jó ahhoz, hogy a Pinka és a talajvíz közötti vízcsere dinamikáját valóságosan visszaadja. A kalibrált modell a felszíni modellnél bemutatott vízhozamokkal lett permanens állapotban futtatva (Déri & Kránitz, 2022).

A valóságban a vizsgált vízhozamokhoz más-más hidrológiai viszonyok társulnak, amelyek nem eredményeznek permanens talajvíz utánpótlódást. Így a talajvízből a folyóvízbe való áramlás gradiense jelentősen túlbecsülhető, ha a Pinka vízszintje éppen változik, míg a talajvíz utánpótlás változatlan marad. A számított vízhozam-értékek ezért csak szivárgási irány szerint (mennyiség nélkül) lettek értékelve. Az eredmények alapján elmondható, hogy tartós, vízkivétel a vízfolyásból csak azokon a szakaszokon javasolt, ahol nagyobb a talajvízbeáramlás. A további vízkivételek a vízszint enyhe, cm-es tartományban történő csökkenéséhez vezetnének (a széles áramlási keresztmetszet miatt), ez némileg megnövekedett talajvízbeáramlást okozna, így a felszíni vízszintje bizonyos mértékig visszaállna. Ezek a folyamatok a Felsőcsatárnál, Deutsch Schützensnél és Pornóapátiban található vízfolyás szakaszokon figyelhetők meg, ahol a talajvíz beáramlása meghaladja alacsonyabb vízhozamoknál a kiáramlást (Déri & Kránitz, 2022).

A PROJEKT ÁLTAL JAVASOLT INTÉZKEDÉSI KONCEPCIÓ

A projekt monitoringjának és a modellezés eredményei alapján az ökológiai helyzet javítására irányuló intézkedések lettek kidolgozva annak érdekében, hogy a projekt területen a Pinka

meglévő és erősen antropogén hatások által befolyásolt vízminőségi és hidromorfológiai állapota javuljon. A korábbi a szabályozási tevékenységek, a különböző vízkivételek (öntözés, haltenyésztés, vaditatók stb.) és a vízerőművek üzemeltetése miatt jelentős hiányok vannak. Az intézkedési koncepció a jövőbeni együttműködés alapjául szolgálhat a Magyar-Osztrák Vízügyi Bizottságban a Pinka határszakasz területén, valamint az EU Víz Keretirányelv követelményeinek megvalósításában. Az EU Víz Keretirányelvnek megfelelően az elsődleges cél a minőségi és mennyiségi állapot további romlásának megakadályozása, valamint a vízi ökoszisztémák állapotának védelme és javítása. A jó ökológiai állapot eléréséhez a fizikai-kémiai és hidromorfológiai terhelések (duzzasztás, csúcsrajáratás, maradékvíz, átjárhatóság, morfológia) hatásainak mérséklése szükséges. Ennek elérése érdekében számos intézkedés lett javasolva, amelyek az előző fejezetekben ismertetett monitoring és modellezési eredmények alapján lettek kidolgozva. A következőkben bemutatásra kerülnek a javasolt intézkedések (Déri & Kránitz, 2022).

Az ökológia vízkészlet meghatározása

A Pinka ökológiai állapotának javítása érdekében fontos a vízhasználat jobb összehangolása és szabályozása a kisvízi időszakban. Az éghajlati modellek a Pinkára jelzik a kisvízi időszakok előfordulási gyakoriságának növekedését, amelyek időtartama megnő, illetve növelhetik a Pinka vízi ökoszisztémájának stresszhelyzetét. Ha ebben a stresszhelyzetben közvetlenül a Pinka felszíni víztestéből újabb vízkivétel történik, akkor a vízrendszer vízmennyiséget veszít, és a vízfolyás, mint vizes élőhely további igénybevételnek van kitéve, ami negatív következményekkel jár a vízi élővilágra (Déri & Kránitz, 2022).

Az ökológiai vízkészlet a vizes élőhelyek ökológiai vízigényeként értelmezhető, és Magyarországon a természetvédelméről szóló 1996. évi LIII. törvény 18.§-a értelmében mesterséges beavatkozással nem vonható el. A Természetvédelmi törvény a természetvédelmi hatóság feladatává teszi az ökológiai vízmennyiség megállapítását, a gyakorlatban azonban a Vízyűjtő-gazdálkodási tervben kerül közzétételre. A Vízyűjtő-gazdálkodási tervben közzétett adatok az augusztusi mértékadó kisvízikészlethez tartozó ökológiai vízhozamra, vagyis egy szélsőséges kisvíziállapotra vonatkoznak. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság által felállított Vízkészlet-gazdálkodási Munkacsoport úgy foglalt állást, hogy a havonkénti $Q_{80\%}$ -os tartósságú lefolyás 50%-a legyen az ökológia vízmennyiség (a Pinka esetében ez augusztusban kb. $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$) (Déri & Kránitz, 2022).

Osztrák oldalról jó hidromorfológiai állapot eléréséhez meghatározott minimális vízmennyiség egy alapvízhozamra (az MJNQ_t - közepes kisvízhozam, Magyarországon: KKQ - fele a meghatározott minimális vízmélységek és a minimális víztükör szélességek teljesülése mellett), és egy dinamikus komponensre oszlik, amely a természetes éves dinamikát tükrözi. Ez az arány figyelembe veszi a szezonális mederátrendeződést, az aljzatösszetétel változását, az ívási vándorlás idején megfelelő áramlást, az élőhelyigényt és a vízre jellemző oxigén- és hőmérsékleti viszonyokat az év különböző időszakaiban. A gyakorlatban Ausztriában ökológiai vízhozamként a $Q_{95\%}$ -os vízhozamot tekintik, aminek az osztrák fél a Pinka esetében szigorítását javasolja $Q_{90\%}$ -os mértékűre (a Pinka esetében ez nagyobb, mint $0,85 \text{ m}^3/\text{s}$) (Déri & Kránitz, 2022).

A fentiek alapján Magyarország és Ausztria részéről eltérő vélemények vannak az ökológiai minimális vízmennyiség meghatározásáról ezért megállapodás nem született a projekt

keretében. Az ökológiai vízmennyiség meghatározásának eltérő nemzeti gyakorlata miatt fennálló véleménykülönbség feloldását és az ökológiai vízmennyiség meghatározását a Vízügyi Bizottság végezheti el (Déri & Kránitz, 2022).

Vízerőművek működésének szabályozása

A projekt során megállapításra került, hogy a vízerőművek gyakran - főleg kisvizes időszakban - kvázi csúcsra járatással üzemelnek, vagyis gyors és jelentős vízállás változásokat okoznak a vízfolyás erőművek feletti, duzzasztott és a vízfolyás erőművek alatti szakaszain. A víz visszatartás időszakában a vízfolyás erőművek alatti szakaszain jelentősen lecsökken a tovább engedett vízhozam, mely rövid időre az alvízi szakaszon veszélyezteti az ökológiai vízigény kielégítését. A projektben javasolt szabályozási intézkedések között szerepel, hogy ezt a csúcsra járatást szeretnék a projektpartnerek megszüntetni, a tilalomnak érvényt szerezni. Ennek ellenőrzésére olyan új monitoringpontok telepítésére van szükség, melyek az erőművek duzzasztói alatti szakaszain mérik az aktuális vízállást, ezáltal ellenőrizhető, hogy mikor és hogyan üzemeltetik a duzzasztók zsilipeit. Emiatt az erőművek üzemeltetési engedélyeit úgy kell módosítani, hogy az erőművek üzemeltetői az előírások betartását vízhozam mérésekkel dokumentálják és igazolják. Így a kisvizes időszakban azonnal lehet ellenőrizni az erőművek megfelelő üzemelését (Déri & Kránitz, 2022).

Halátjárók működésének szabályozása

A Pinka vizsgált szakaszán 9 db ökológiai akadályt jelentő műtárgy van, ebből 7 vízerőmű, melyek közül 6 darab vízerőműnél üzemel halátjáró. A Pinka jó ökológiai állapota megőrzéséhez, illetve javításához az alábbi intézkedések lettek javasolva (Déri & Kránitz, 2022).

- A projekt során megállapítást nyert, hogy eltérés van az osztrák és a magyar vízjogi engedélyezési gyakorlatban a halátjárók egyik fontos paraméterének, az ökológiailag szükséges vízhozam meghatározásában. Az osztrák gyakorlat szerint a halátjárók többnyire 200-350 l/s vízhozammal üzemelnek, míg némely magyar halátjáró 510 l/s-al (üzemeltetési engedély szerint) üzemel. Mivel a Pinka vizsgált szakaszának halfaunája egységesnek tekinthető és a vizsgálat szerint a 200-350 l/s vízhozammal üzemelő halátjáró is jó hatékonysággal üzemel, ezért javasoljuk a magyar gyakorlatnak az osztrákhoz való igazítását. A vízmennyiség általános meghatározása azonban nem lehetséges, mivel a szükséges vízmennyiség függ a halátjáró típusától, a medercsatlakozástól, a vízszint ingadozásától és a határértékek betartásától is. Ezért minden egyes halátjárót külön-külön kell értékelni.
- A vaskeresztesi helyszínen halátjáró megépítésével biztosítani kell az osztrák-magyar Pinka szakasz teljes átjárhatóságát.
- A halátjáróknak az év teljes szakaszában működőképesnek kell lenniük (különösen fontos az ívási és táplálkozási vándorlás időszaka). A halátjárók a téli időszak jegesedésére is érzékenyek, ezért fontos azok működőképességének tavaszi felülvizsgálata az ívási vándorlás előtt.
- Árvízi helyzetben a vízfolyás lényegesen nagyobb mennyiségű uszadékot és hordalékot szállít, mint egyéb időszakban. Az árvíz levonulása után gondoskodni kell a halátjárók

karbantartásáról, az iszappal feltelt medencék kitisztításáról, az uszadék eltávolításáról és az esetleges sérülések kijavításáról.

- A halátjárók üzembe helyezése utáni egyszeri monitoringvizsgálatot nem követi rendszeres időszakonként ismétlődő vizsgálat. Javasoljuk azok ötéves gyakorisággal történő felülvizsgálatát.
- A halátjárók működésére, fenntartására, monitoringozására nincsenek egységes előírások a meglévő üzemeltetési engedélyekben, ezért a javasolt intézkedéseknek a jövőben vízjogilag kötelezőnek kell lenniük.
- A meglévő halátjárók különböző hiányosságokat mutatnak a halak vándorlása szempontjából. Ezek megszüntetése érdekében különböző intézkedések lettek javasolva, melyek a meglévő halátjárók működési hatékonyságának növelésére irányulnak. A halátjárók feltárt állapotáról és az azokkal kapcsolatos tervezett intézkedésekről a monitoring jelentésben (PARTHL & SCHIFFLEITNER, 2022) található átfogó információ.

Egységes monitoring rendszer kidolgozása

A projekt rámutatott arra, hogy mennyire fontos az, hogy a határmenti víztestekről minél több és minél pontosabb adat álljon rendelkezésre. A korábban üzemelő és a projekt keretében létrehozott monitoring hálózat rendkívül hasznos adatokat szolgáltatott a Pinka és a Pinkavölgy felszíni- és talajvíze mennyiségi és minőségi állapotának megismeréséhez, a modellezés lefolytatásához, valamint a vízgazdálkodási terv elkészítéséhez. Ezért javasoljuk a korábbi és a projekt kapcsán létrehozott új felszíni és felszín alatti vízrajzi állomások esetleges további hasznosítását és az adatcserét a Magyar-Osztrák Vízügyi Bizottság Vízrajzi Munkacsoportja határozza meg. Javasoljuk, hogy a partnerek a honlapjukon jelenítsék meg a kisvízes időszak beálltát, hogy a vízhasználók (pl. erőművek üzemeltetői, öntözővíz telepek) a felülvizsgált engedélyükben meghatározott intézkedéseknek megfelelően végezzék a tevékenységüket, tekintettel a kisvízes állapotra. Törekedni kell arra, hogy az adatok a lehetőleg a leghosszabb tartományban legyenek elérhetők. Így az üzemeltetők a pillanatnyi vízállás mellett annak trendjét is követni tudják. Ezáltal információkat tudnak leszűrni arra vonatkozóan, hogy a kisvízes állapot mikor állt be és várhatóan meddig fog tartani. Cél, hogy a közös monitoring rendszer hasznos információkat szolgáltatson a Pinka ökológiai állapotának közös értékeléséhez, valamint a vízhasználóknak, a kezelőknek, a hatóságoknak és a tervezőknek (Déri & Kránitz, 2022).

A Pinka ökológiai állapotának egységes időszakos értékelése

A víztestek ökológiai állapotának értékelését a Víz Keretirányelv bevezetése óta minden EU tagországnak kötelező elvégeznie. Ennek megfelelően mind Magyarország, mind Ausztria hatévente az aktuális Vízyűjtő-gazdálkodási Tervben/NGP-ben (NGP = osztrák VGT) meghatározza a felszíni víztestek ökológiai állapotát/potenciálját. Minden ország a víztestek minősítéséhez a saját maga által kifejlesztett minősítőrendszert használja. A minősítőrendszerek a Víz Keretirányelvben lefektetett alapelvek szerint működnek, interkalibráltak, vagyis egymással összevethetők, mégis sok esetben jelentős különbség mutatkozik az országhatárral osztott víztestek minősítésében. A Vízyűjtő-gazdálkodási Tervben és az NGP-ben megjelenő minősítések nem használhatók közvetlenül a Pinka, azon

belül egyes víztestjei ökológiai állapotának/potenciáljának közös, folyamatos értékelésére. Ezért javasoljuk, hogy a Határvízi Bizottság a Pinka közös ökológiai állapotának évenkénti minősítéséhez hozzon létre egy olyan egységes, közös szempontú értékelési rendszert, mely lehetőséget ad arra, hogy a Bizottság évente tudja értékelni a Pinka, vagy víztestjei ökológiai állapotát/potenciálját, annak változását, és az állapotjavító szabályozási és/vagy hidromorfológiai intézkedések hatását (Déri & Kránitz, 2022).

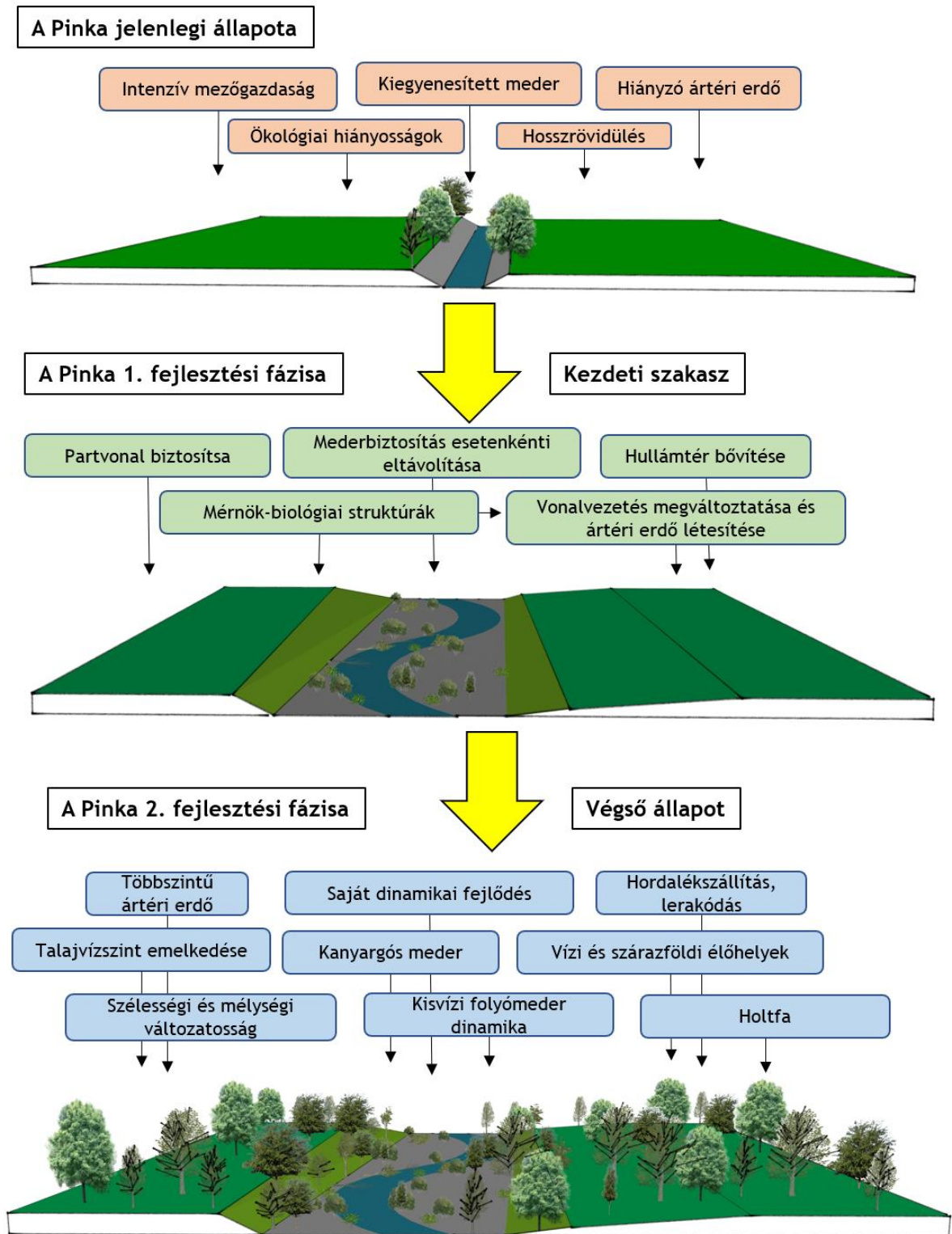
Állapotjavító morfológiai beavatkozások

A Pinka jelenlegi morfológiai állapotát a szabályozási intézkedések formálták. Az kiegyenesítés és a meanderek átvágása nagyobb lejtéshez és ezáltal nagyobb áramlási sebességekhez vezetett. A meder lemélyült és ez befolyásolja a talajvízszintet (Déri & Kránitz, 2022).

Eddig vízfolyásokkal kapcsolatos szemlélet központjában az árvízbiztonság állt. Újabban az éghajlatváltozás és az ahhoz való alkalmazkodást célzó intézkedések miatt irányváltás van folyamatban. Az ökoszisztémán alapuló megközelítés az árvízvédelem mellett a kisvízi állapotot is figyelembe veszi. A monitoring eredmények és modellezési elemzések és következtetések alapul szolgáltak hidromorfológiai intézkedések kidolgozásához. Az intézkedések célja, hogy a Pinka minél több teret kapjon vissza, ezáltal megerősítse az vízi és vízparti ökoszisztémák ellenállóképességét. A tervezett intézkedések a következők (Déri & Kránitz, 2022):

- A lefolyási szelvény növelése
- A változatosság növelése (mélység, szélesség és sebesség)
- A heterogén és természetközeli meder helyreállítása
- A partvédelem esetenkénti visszabontása
- Egykori vízfolyás szakaszok újbóli bekötése
- Az árterek védősávjainak (ökológiai sávok) térnyerésének előmozdítása
- A folyómeder megemlése szélesítéssel
- Vizes élőhelyek kialakítása a környező területeken
- A vízvisszatartás javítása
- A korábbi árterek visszaillesztése a jelenlegi lefolyási állapothoz
- A területre jellemző növényzeti szerkezetek helyreállítása

A szabad folyású szakaszok mentén a Pinka hidromorfológiai állapotának javulásának nagy a potenciálja. Jelenleg a Pinka a szabad folyású szakaszokon egyre inkább monoton mederként jelenik meg, kevés szélesség- és mélységváltozattal. A régi mellékágak bekötésével vagy a vízfolyás szakasz meghosszabbításával a végbement medermélyülés ellensúlyozható, a hosszirányú lejtés és ezáltal az áramlási sebességek csökkenthetők. Ezekhez az intézkedésekhez a szomszédos mezőgazdasági területekre van szükség, hogy a Pinka árterét ennek megfelelően bővíteni lehessen. Ezek az intézkedések egyszerre szolgálják az árvízvédelmet és az ökológiai állapot javítását a kisvízállású időszakokban, és a nagyobb ellenállóképesség elérését is eredményezhetik. Az a cél, hogy a Pinka ismét nagyobb teret kapjon, és a vízfolyásra jellemző habitatok alakuljanak ki a flóra és a fauna számára. A Pinka így ökológiai szempontból is felértékelődik és a kikapcsolódni vágyók számára is sokkal vonzóbbá válik (Déri & Kránitz, 2022).



7. ábra. A Pinka-menti revitalizáció fejlesztési szakaszai

Az ilyen intézkedések egy természetes időbeli és térbeli folyamatláncon alapulnak, amely különböző dinamikus szukcessziós stádiumokat tartalmaznak. A folyó kiszélesedése csökkenti az áramlási sebességet, ami viszont csökkenti a vízfolyás hordalékszállító képességét. Ez viszont azt eredményezi, hogy az üledék helyben marad és a folyómeder megemelkedik. A

folyó morfológiai változásai azonban csak addig zajlanak, amíg a Pinka folyamatosan változó medre az erózió, az anyagáramlás és a feliszapolódás következtében egyensúlyba nem kerül. Figyelembe kell venni a folyamatosan változó helyi folyómorfológiai viszonyokat, például a betorkolló vízfolyások szilárdanyag-visszatartását, duzzasztott szakaszokat stb. A folyómeder megemelkedése a talajvízszint emelkedéséhez is vezet és ismét kialakulhat a természetes folyó-ártér. A fenti ábra (7. ábra) vázlatosan bemutatja a szukcessziós stádiumokat (Déri & Kránitz, 2022). A Pinka revitalizációs fejlesztés 2. fázisának kivitelezése a természetes állapot nagyobb mértékű megközelítése mellett a talajvízszint emelkedése - emiatt a talaj aszály gyakoriság és erősség csökkentése - révén az evapotranszspirációt erősíti, ennél fogva várhatóan a mikroklimatikus állapotot is javítja. A fenntartható, ökológiai szemléletű vízgazdálkodás térnyerése a természet-ember kapcsolatban az aktuális ismeretek szerinti egyensúlyra törekvéssel jó példát mutathat, széles körű elterjedésével pedig nemcsak a vizek, hanem teljes földrajzi régiók ökológiai állapotának javításával és megnövekedett klimatikus rezilienciával is biztat (Móricz, 2011; Gribovszki et al., 2020).

ÖSSZEFOGLALÁS

Az éghajlatváltozás megváltoztatja a vízfolyások hidrológiai jellemzőit és a vízgyűjtő területek vízháztartását, aminek jelentős társadalmi-gazdasági hatásai lehetnek. Fel kell készülni arra, hogy a jövőben több lesz a szélsőséges esemény, mind az árvizek, mind a gyakrabban előforduló száraz időszakok okozta alacsony vízhozamok tekintetében (Déri & Kránitz, 2022). A Pinka a magyar-osztrák határszakaszon, mintegy 30 km-en belül többszörösen határt metsző és határt alkotó vízfolyás, melynek vízkészletét Ausztria és Magyarország is használja. A klímaváltozás hatására a kisvizes állapot egyre gyakoribb lesz, ami károsan befolyásolja a vízfolyás élővilágát, és veszélyezteti a vizek hasznosíthatóságának mértékét mennyiségi és vízminőségi oldalról egyaránt. A Pinka esetében a vízfolyással való gazdálkodás csak közösen egyeztetett elvek alapján, a patak és a Pinka-völgyi talajvízkészlet dinamikus kapcsolatának figyelembevételével, összehangoltan lehetséges. Ez motiválta a Magyar-Osztrák Vízügyi Bizottságot, hogy kezdeményezze egy Interreg-projekt keretében a határtérség vízgazdálkodásáért felelős szervezetek közös kezelési tervének elkészítését. A projektet kidolgozó szakemberek a Pinka ezen határmenti szakaszát egy határok nélküli vízgazdálkodási-természetvédelmi értéket hordozó ökológiai egységként kezelték. A meglévő vízhasználatok és vízbevezetések fontos részét képezték a vízgazdálkodási tervnek. A tervezés során mind az osztrák, mind a magyar oldalon összegyűjtöttük az engedélyezett vízhasználatok jellemző adatait (Déri & Kránitz, 2022).

A projektterületen mind az osztrák, mind a magyar oldalon működik, és a projekt előtt is működött a felszíni és felszín alatti vizek, mennyiségi és vízminőségi állapotának mérésére szolgáló monitoring rendszer. A tervezett kisvizes vízkészlet-gazdálkodási terv készítéséhez a meglévő felszíni és felszín alatti mintavételi és mérőhelyek nem adtak teljeskörű adatszolgáltatást. A rendszer kiegészítéseként, a Pinka völgyében Ausztriában és Magyarországon a monitoring rendszer bővítéseként további vízszint mérő radaros műszereket és talajvíz figyelő kutakat létesítettünk. A projekt során egyidejű, összehangolt vízrajzi mennyiségi, vízminőségi méréseket és mintavételeket, továbbá halvizsgálati monitoring vizsgálatokat folytattunk a közösen elfogadott monitoring program alapján, magyar és osztrák területen egy időben, egy éven keresztül. A monitoring eredményei segítségével kétdimenziós

hidrodinamikai kisvízi felszíni lefolyásmodellezést végeztek. A Pinka és a környező vízvezető réteg közötti kölcsönhatás jobb megismerése érdekében felszín alatti áramlási modellt, egy egyszerűsített kétdimenziós talajvízmodell is létre lett hozva. A Pinka jelenlegi állapotának értékelése a korábbi tanulmányok értékelésin (SUMAD 2005 és LowFlow 2012), a projekt monitoringvizsgálatain és a modellezés-elemzés eredményein alapult. Ez volt az alapja a hiányosságok azonosításának és a fejlesztési javaslatok kidolgozásának (Déri & Kránitz, 2022). Az állapotértékelés alapján az ökológiai helyzet javítására irányuló intézkedések lettek kidolgozva annak érdekében, hogy a projekterületen a Pinka meglévő és erősen antropogén hatások által befolyásolt vízminőségi és hidromorfológiai állapot javuljon. Jelenleg a szabályozási tevékenységek, a különböző vízkivételek és a vízerőművek üzemeltetése területén jelentős hiányosságok vannak. A közös intézkedési koncepció a Pinka határszakasz területén a jövőbeni együttműködés alapjául szolgál a Magyar-Osztrák Vízügyi Bizottságban, és a jövőben jól felhasználható az ökológiai vízkészlet meghatározásában, a vízerőművek és halátjárók működésének egységes szabályozásában, közös monitoring rendszer és állapotjavító morfológiai beavatkozások kidolgozásában, valamint az EU Víz Keretirányelv követelményeinek megvalósításában. Cél, hogy a Pinka közös kisvízi vízgazdálkodási terve a jövőben mintául szolgálhat határvízeink fenntartható kezeléséhez (Déri & Kránitz, 2022).

IRODALOMJEGYZÉK

- 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről
- DÉRI, L. & KRÁNITZ, T. (2022): A Pinka kisvízi vízgazdálkodási terve, SOLVEX Kft. Szombathely
- GRIBOVSZKI, Z., CSÁKI, P., KALICZ, P. & ZAGYVAINÉ KISS, K. (2020): Az erdő vízháztartása a változó klímában, Erdészeti Lapok CLV. évf. 10. szám (2020. október), https://erdeszetilapok.oszk.hu/01861/pdf/EPA01192_erdeszeti_lapok_2020_10_294-299.pdf
- MÓRICZ, N. (2011): Egy erdő és parlagterület vízforgalmának összehasonlító vizsgálata, Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, <http://doktori.uni-sopron.hu/id/eprint/319/1/disszertacio.pdf>
- PARTHL, G. & SCHIFFLEITNER, V. (2022): Funktionsnachweis von 6 Fischaufstiegshilfen. Bericht im Rahmen des Interreg Projektes AquaPinka. Auftraggeber: Amt der Burgenländischen Landesregierung Abt. 5 Baudirektion Hauptreferat Wasserwirtschaft.
- VGT3 - Magyarország 2021. évi vízgyűjtő-gazdálkodási terve, jóváhagyva az 1242/2022 (IV.28) Korm. határozatban: <https://vizeink.hu/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-2019-2021/vgt3-elfogadott/>
- VIZITERV Environ Kft. (2022): A felszíni és felszín alatti vízkészlet-gazdálkodás módszertanának áttekintése, hazai kidolgozása, VIZITERV Environ Környezetvédelmi és Vízügyi Tervező, Tanácsadó és Szolgáltató Korlátolt Felelőséű Társaság, Nyíregyháza
- WOLFRAM, G. & MIKSCHI, E. (2007): Rote Liste der Fische (Pisces) Österreichs. In: Zulka, K. P. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs, Teil 2. Grüne Reihe des Lebensministeriums Band 14/2. Böhlau-Verlag, Wien, Köln, Weimar