



Kruvikalapääs ja selle kasutatavus Saesaare paisul

Töövõtuleping nr 14-09-17-EH

Tauno Jürgenstein

hüdrobioloog, MSc

November 2017

Sisukord

Sissejuhatus.....	3
Kruvikalapääs.....	5
Ehitus, tööpõhimõte ja tehniline võimekus	5
Senine praktika ja uuringud.....	10
Kruvipääsu kasutatavus Saesaare paisul.....	15
Ülesränne	15
Allavoolu ränne.....	17
Veehoidla rändetõkkena	18
Järeldused ja soovitused.....	19
Kokkuvõte.....	20
Kasutatud allikad	21

Sissejuhatuse

Käesolev töö on valminud Saesaare Elektriijaama kinnistute ja nende lähiala detailplaneeringu (DP) keskkonnamõju strateegilise hindamise (KSH) läbiviimise raames. Selle eesmärgiks on analüüsida hüdrobioloogilisest vaatenurgast uut tüüpi tehnilist lahendust, mis on välja töötatud kalade rändeiks jõgedes üle paistõkete – kruvikalapääsu. Analüüsi käigus hinnatakse kruvipääsu kasutusvõimalusi ja eeldatavat toimivust Eestis Ahja jõe Saesaare paisu näitel.

Kalapääse on kogu maailmas jõgedel olevatele paisudele rajatud intensiivsemalt alates möödunud sajandi teisest poolest. Nende vajadus on põhjendatud eelkõige paisude rändeid tõkestava ja jõelisi elupaiku killustava ning suures ulatuses vee-elustikku mõjutava iseloomu tõttu. Sellest tulenevalt muudavad paisud kalapopulatsioonid haavatavaks, nõrgendavad neid ja põhjustavad jõelõiguti või kogu vesikonna ulatuses liikide arvukuse ja esinemise vähenemist, viies elurikkuse kaoni ja isegi kuni (vee)ökosüsteemide kokkuvarisemise või loomulikust tasakaalust oluliselt hälbinud olekuteni.

Paisu mõju ja selle ulatus sõltub igal üksikul juhul paljudest asjaoludest. Mõju tekitamise kaheks peamiseks aspektiks on: vee-elustiku rännete tõkestamine (I) ja voolava vee (jõe) ehk ökoloogilises mõttes jõelise elukeskkonna muutmine aeglasevooluliseks kuni seisvaks järveliseks keskkonnaks (II). Ökoloogilises mõttes on väga probleemsed paisumõjude mõlemad aspektid. Kui esimene neist seab otsese füüsilise tõkke kalade rännetele sigimis-, talvitus- ja toitumisalade vahel, siis teine kaotab osaliselt või täielikult mõne neist aladest. Samuti kujutab teine aspekt endast küllat sageli käitumuslikku rändetõket – tajutava vooluimpulsi puudumist ja liiga aeglast voolamist, liiga sügavat varjevõimaluseta veeala jms. Enamasti mõjub teine neist aspektidest siiski vaid ühel osal jõest, jättes paisutusala kõrgeimad jõeosad endiselt funktsionaalselt toimivaks (juhul, kui neil pole järgmisi paise). Ent lisaks leidub ka paisudest allavoolu mõjuvaid aspekte. Näiteks veehoidlates tekkiv veetempertuuri tõus suvisel ajal. Esimese aspekti mõju leevendamiseks rajatakse kalapääse. Teise ja muude aspektide mõju pole võimalik leevendada muul viisil kui vaid paistuskõrguse vähendamise või paisu likvideerimise teel.

Kalapääsud on algselt olnud küllat tehnilised rajatised (nt kamberkalapääsud), nagu ka paisud, mille ületamiseks need on mõeldud. Hüdrobioloogiliste teadmiste üha suurema rakendamisega on pääsude ehituses järjest enam liigutud looduslähedaste lahenduste poole, mis on andnud järjest paremaid tulemusi rännete võimaldamises. Tänapäevaste teadmiste kohaselt loetaksegi kõige paremaks lahenduseks paisude negatiivsete keskkonnamõjude leevendamisel looduslähedaste kalapääsude rajamist paisutuse likvideerimise järel. Samas on olukordi (väga kõrged paisud, ruumi vähesus), kus looduslähedasi pääse rajada ei õnnestu või kujuneb nende maksumus ebamõistlikult kalliks. Sellisteks puhkudeks on välja töötatud tehnilisemaid lahendusi nagu kalaliftid ja -lüüsid. Reeglina on selliste lahenduste toimivus aga jäänud pigem madalaks, sobides enam kas massrändel liikidele või üksnes mingile ühele prioriteetsele liigile projekteeritult.

Kruvikalapääsu väljatöötamine tähistab nii tehniliselt kui kvalitatiivselt uut tüüpi kalapääsu teket, mida võib pidada tõsiseltvõetavaks alternatiiviks tehniliste pääsude

seas. Seni on kruvipäase rajatud peamiselt Austria ja Saksamaa jõgedele. Nende toimivuse seire on näidanud üllatavalt häid tulemusi. Seetõttu ja loomulikult põhjusel, et neile kuluv vee ja energia hulk on minimaalsed, mistõttu neid on tasuv hüdroelektrijaamade (HEJ) juures ülal pidada, on kasvanud huvi kruvipäasude ja nende rajamise vastu kogu Euroopas, sealhulgas Eestis.

Eestis seni ühtki kruvipäasu rajatud pole ja nii püüab käesolev töö analüüsida seda tüüpi päasude sobivust meie oludesse, kombineerides Austria kogemusi ning kohalikke hüdrobioloogia alaseid teadmisi. Muuhulgas on autoril olnud võimalus 2017.a kevadel tutvuda Austrias kahe sealse kruvikalapäasu (Neubruck, Jessnitz jões ja Pilsing Urli jões) tööga ning vahetada kogemusi päasudel seiret tegeva kolleegi Christian Mitterlehneriga (vee- ja kalandusökoloogia magister). Käesolevas töös kasutatud viitamata tehniline informatsioon pärinebki peamiselt C. Mitterlehnerilt, samuti päase väljatöötanud Austria firmadelt Hydroconnect GmbH ja Strasser & Gruber Wasserkraft GmbH, mida esindab Eestis Ergi Prommik OÜ-st Skeem. Analüüsi lähtekohaks on valitud Saesaare pais Ahja jõel, kuna antud töö tehakse ülalmainitud KSH raamistikus ja on ajendatud Saesaare HEJ omaniku huvist leida lahendus, millega oleks Saesaares täidetud EL veeraamdirektiivi nõue veekogu hea seisundi saavutamiseks, aga seda ühes HEJ säilimisega.

Saesaare paisu mõjusid Ahja jõe elustikule ja erinevate kalapäasude potentsiaali olukorrale leevendust tuua on varem analüüsinud allkirjutanu sama KSH raames (Jürgenstein, 2013). Paisu ja paisjärve mõju siinseile tüübiomastele kalaliikidele on põhjaliku praktilise iseloomuga töö käigus uuritud Saesaare paisu likvideerimise võimalusele koostatud keskkonnamõju hindamise (KMH) käigus (Tambets jt, 2015). KSH raames on paisjärve seisundit uurinud 2017.a sügisel täiendavalt Eesti Maaülikooli Limnoloogiakeskus (Tuvikene jt 2017). Kuivõrd Ahja jõge, selle kalastikku ja neile rändevõimaluste loomist puudutav teave on mainitud töödes põhjalikku käsitlemist leidnud, siis käesolevas töös püütakse neid aluseks võttes kordamist vältida ja keskenduda põhiliselt kruvipäasule ja selle kasutatavusele Saesaare paisul.

Kruvikalapääs

Ehitus, tööpõhimõte ja tehniline võimekus

Kruvikalapääs on olemuselt Arichimedese kruvi, mille lihtsustatud versiooni on kasutatud vee tõstmisel juba 600 a eKr Mesopotaamias¹. See on leidnud kasutust läbi teadaoleva ajaloo paljudes vee tõstmisega seotud rakendustes, näiteks Hollandis tammidetaguse maa kuivendamisel. Kalade transportimiseks on kruvitõstukeid kasutatud aastaid näiteks kalakasvandustes. Seega pole kruvikalapääs, mille ehk täpsemgi nimetus on kruvikalatõstuk, põhimõtteliselt midagi uut. Uus on vaid selle rakendamine looduslike kalade rände võimaldamisel ja selleks spetsiifiliselt väljatöötatud disain. Tigukeermega tohutut kruvi võib loomulikult panna pöörlema mõlemat pidi. Teistpidisel rakendamisel võib seda teha madalamale voolav vesi ise ja muundada sel viisil vee energiat näiteks generaatori abil elektrienergiaks. Kui energiatootmiseks on kruvigeneraatoreid teataval määral varasemalt kasutatud, siis kalapääsudeks on arhimedese kruvi tüüpi lahendusi disainitud ja rajatud alles viimase viie-kuue aasta vältel. Üheks tuntumaks ja hinnatumaks kruvipääsude väljatöötajaks ja tootjaks on partnerluses firmad Rehart GmbH ja Strasser & Gruber Wasserkraft GmbH.

Esimene Rehart/Strasseri süsteemi kruvikalatõstuk valmis 2014. aastal. Kokku on see firma paigaldanud neid seni seitse, kuus tükki on plaanis installeerida 2018 kevadel. Erinevates projekteerimise staadiumites kruvitõstukeid on ligi 80. Elektrit toodab praeguseks enam kui 100 samade ettevõtete kruviturbiini. Koos konkureerivate kruvipääsusüsteemidega on kruvikalapääse täna töös hinnanguliselt paarikümne ümber ja kõik need on rajatud HEJ-de juurde. Üheks põhjuseks ilmselt asjaolu, et kruvikalapääs vajab töötamiseks elektrit, mille ühendus on HEJ-de juures alati olemas.

Kruvikalatõstuk koosneb jämedast metalltorust, mille siseseinale on keevitatud veetihedalt spiraaljas keermesein ehk omavahel ühendatud labade lint. Keermeseina kõrgus ei ulatu toru tsentrini, mistõttu tekib sinna avaus, kustkaudu saab allapoole loksuda üleliigne ja vesi ja peibutada kalu torusse. Samuti võimaldab selline seinakõrgus ühes alumise keermeserva diagonaalse lõikega haarata koos veega sujuvamalt kaasa torusuudmesse sisenevaid kalu. Oma osa võib päevaste rändajate jaoks mängida ava tõttu läbi toru kumav valgus, mis vähendab kalade tõrget kruvisse siseneda. Valdavalt toimuvad rändeepisoodid kruvipääsudes siiski pimedal ajal. Kruvipääsu põhimõtteline skeem on toodud joonisel 1. Fotod 1 ja 2 näitavad pääsu sissepääsu väljast ja seest. Peamised tehnilised karakteristikud on toodud tabelis 1.

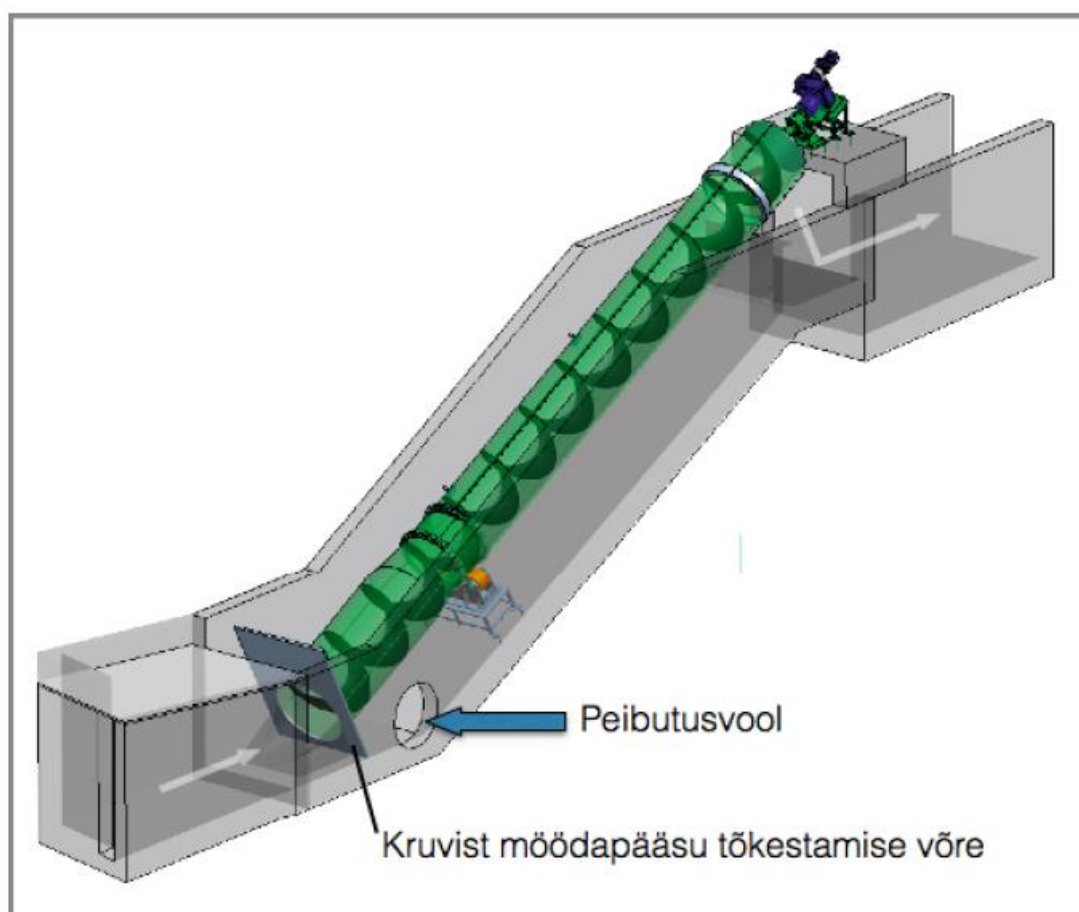
Pääsutoru läbimõõt on sõltuvuses selle kaudu eeldatavalt rändavate liikide maksimaalse suurusega isenditest, aga ka tehniliselt optimaalsemast teostatavusest. Kuigi kruvi täpne dimensioneerimine on firmasaladus, vastab rusikareegli kohaselt toru läbimõõt suurimale kalapikkusele pluss $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3}$ kehapikkust. Peamine, et kala end kruvivahes „mugavalt” tunneks, ega rabelema hakkaks. Nii on kruvipääsud valdavalt konstrueeritud 1...1,5 m läbimõõdus, võimaldades nende kaudu rännata vastavalt kuni 0,75...1 m pikkustel isenditel. Kõrgete paisude tarvis väga pikkade kruvitorude tegemisel võib osutuda kasulikumaks teha toru läbimõõt suurem, mis vähendab selle läbipainet ja

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Archimedes%27_screw

täiendava laagritel toetuse vajadust. Kalade jaoks on suuremad läbimõõdud mõistagi eelistatud. Leidub kombineeritud variante, millel kruvitoru alumine osa on näiteks 1,4 m läbimõõdus, ahenedes poole pealt 1,2 m-ni. Sellist varianti on kasutatud väga pikkadel tõusudel, et säilitada torus teatav peibutusvee voolamine. Viimasel põhjusel on tehtud ka vindikeeret toru ülemises otsas tihedamaks.

Kruvi paigutatakse paisule 20...30° nurga all. Kruvi alumine ots (sissepääs) on harilikult umbes 9/10 osas uputatud, võimaldades sellesse sattuda ka pinnalähedastes veekihtides liikuvail kaladel. Igas labavahes transpordib kruvi olenevalt selle mõõtmeist ja kaldenurgast ~100...150 l vett (ja kalu). Alla 100 l reservuaarimahtu ei saa kalabioloogiaga arvestades ka soovitavaks pidada. Kruvi pöörlemiskiirus on muudetav, ent kalade eemalepeletamise vältimiseks pole vett haarava labaserva kiirus tavaliselt üle 0,5 m/s. Enamasti on see aeglasem. Teekond üles võib kesta olenevalt paisu kõrgusest ja kruvi liikumiskiirusest üks kuni kolm-neli minutit. Ülemises bjefis tühjendatakse labavahe sisu renni, mille kaudu on kaladel vaba pääs üksnes edasi ülesvoolu HEJ rajatistest mööda. Kruvikeres oleva tühjendusaugu alla võib renni asetada peenesilmalise traatkorvi, mille abil on lihtne monitoorida ülestõstetud isendeid.

Joonis 1. Kruvikalapääsu põhimõtteline skeem. Hallid nooled näitavad kala teekonda. (Allikas: Strasser & Gruber Wasserkraft GmbH)



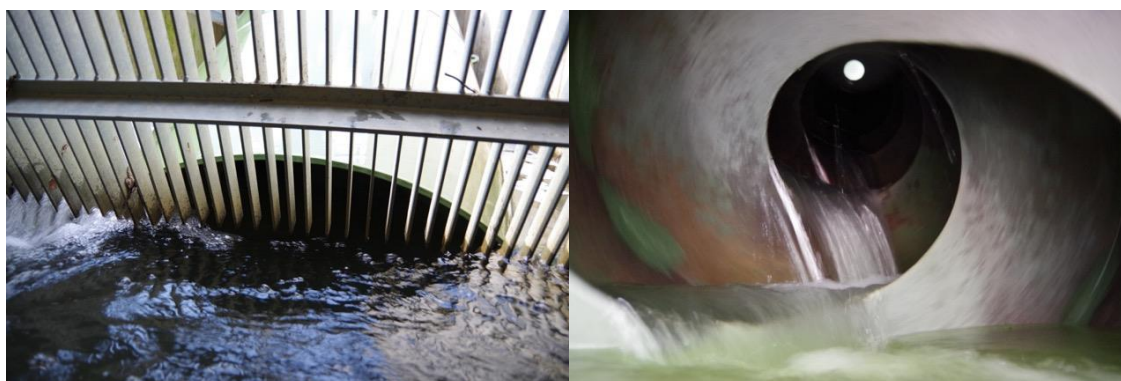
Maksimaalne realistlik paisutuskõrgus, millele saab kruvipääsu paigaldada on 8...10 m. See on määratud ära maksimaalse kruvipikkusega, mida on võimalik transportida, ehk praktiliste asjaolude poolt. Teoreetiliselt võib kruvi tõstevõime olla aga suuremgi. Teadaolevalt on praeguseks rajatud suurim kruvikalatõstuk Stubenbergsee juures

Steiermarkis Austrias. See Rehart/Strasseri süsteemi kruvipääs on 19,5 m pikk, ületades kõrguste vahet 8 m. Kruvitoru läbimõõt on sellel üks meeter, olles mõeldud kaladele pikkusega kuni 75 cm. Teekond üles kestab kaks ja pool minutit. Seade alustas tööd alles käesoleva aasta augustis ja kuigi monitooring seal käib, pole selle resultaadid veel saadaval.

Kruvitoru sissepääsu alumine serv seatakse pöörlema vahetult põhja kohal või isegi kergelt kruusapõhja süvistatult. See tekitab võimaluse kruvi kergelt läbida põhjaeluviisiga kaladel ning koguni vähkiel ja põhjaselgrootutel. Praktikas on see tõestamist leidnud.

Kruvipääsu iseloomulik omadus on, et sarnaselt kalaliftiga, ei kuluta kala oma jõudu ülavette jõudmiseks. See säästab kuderändel olevatele kaladele väga olulisi energivarusid. Kuid erinevalt liftidest töötab kruvi pidevalt, lubades kalal ise valida aja, millal sellesse siseneda ja saada (erinevalt liftist tõste algust ootamata) ülavette tõstetud. Katsetes pole ilmnenu kalade kruvivahest välja hüppamisi. Tõenäoliselt tekib kruvi pöörlemisest reservuaaris teatav vee liikumine, mis sunnib kala tegelema oma asendi säilitamisega. Hüppeks hoo võtmiseks puudub sel ka piisav sügavus.

Kuigi pealtnäha lihtne seadeldis, pole kruvipääsudel nagu teistelgi kalapääsudel olemas täielikult standardset lahendust. Kõik pääsud projekteeritakse tehases inseneride poolt vastavalt kindlatele jõe, paisu ja sihtliikide parameetritele ning asukoha ja muudele nõuetele.



Fotod 1 ja 2. Kruvipääsu sissepääs normaalveetaseme korral ja vaade pöörleva kruvi suust sisse.

Kui üldiselt rajatakse kruvipääsud eraldiseisva rajatisena, mis töötavad veejõujaamast sõltumatult, ega ole obligatoorselt hüdroturbiiniga seotud, siis leidub ka teistsuguseid lahendusi. 2015.a avati Austrias Jessnitzi jõel firma Hydroconnect poolt patenteeritud viisil valmistatud esimene kombineeritud lahendus (Foto 3, Absolute Weltneuheit... 2015). Selle seadme, mida võiks nimetada kruviturbiini erivariandiks, puhul asub kalade ülespääsukruvi hüdroturbiini sees. Kahe toru asemel kasutatakse ühte, milles erisuunalise vindiga kaks kruvi. Toru paneb pöörlema välimisele suuremale kruvile rõhuv vesi. Sisemine toru ja selle sees asuv kruvi on välimisest pikem, ulatudes alumises bjeffis põhjani ja ülemises veevõtu kohast kaugemale, et sealt tulevad kalad ei kukuks otse turbiini veehaardesse. Lahenduse pluss on väiksemad ehituskulud ja ehk kokkuvõttes ka seadme maksumus. Bioloogilises vaates on siin peibutusvool alati olemas täpselt ümber kruvipääsu suudme. Hea on, et seadme töö ei olene elektri olemasolust. Selliselt töötaks see kalatõstukina ka siis, kui sellega hüdroenergiat ei toodetaks. Kalade poole pealt on piiravaks teguriks sellel pääsutoru väiksem diameeter,

mis seab kaladele suuruse-limiidi. Valminud seadme puhul on selleks arvestatud näiteks 30 cm kehapikkusega isendid. Probleemne võib sellel olla pöörlemiskiirus, mis hüdroturbiinide puhul kipub olema suurem, kui kruvipääsul oleks optimaalne. Siin võib olla vaja pöörlemist seetõttu pidurdada, et vältida kalade vigastamise ohtu ja võimaldada sujuvamat sisenemist pääsutorusse. Jessnitzis valminud prototüüp ongi piduritega varustatud.



Foto 3. Topeltkruvi – turbiin ja kalatõstuk ühes seadmes Jessnitzis jõujaamas Neubruckis Austrias. Vaade vastuvoolu. Lisapiltidel kruvitoru veehaare (ülemisel) ja väljavool/kalapääsu sissepääs (alumisel).

Nagu teistelgi kalapääsudel on kruvipääsu toimiseks olulised lisaks selle põhiosale, antud juhul kruvile, pääsu leitavus ja sellesse sisenemise motivatsioon. Seetõttu tuleb hoolikalt valida sobivaim koht paigalduseks, tagada küllaldane peibutusvoolu hulk ja kiirus. Pääs peaks paiknema jõe peavoolule võimalikult lähedal ja kruvini juhtiv vooluimpulss peab olema tagatud selles kohas jõe põhivoolust mõnevõrra kiirema voolurajaga. Seni on kõik kruvipääsud rajatud HEJ-de juurde, vahetult hüdroturbiini kõrvale. Peibutusvooluks kasutatakse ära turbiinilt tulev vesi, mis juhitakse kruvi sissepääsu ava juurde. Et kalad ei eksiks kruvisuu asemel peibutusvoolu, on kruviava kaitstud külgedelt ja pealt (suurvee tingimuste tarvis, kus veenivoo kerkib ka alumises bjefis) metallvõrega, mille piivahe peab olema piisavalt väike suguküpsete ülesrändajate tõkestamiseks.

Kõigi pääsude puhul tuleb lahendada kalade allarände küsimus. Kui looduslähedaste- ja kamberkalapääsude puhul on see vähemalt teoreetiliselt võimalik pääsude kaudu (olgu praktikas nende allarändel leidmine juhuslik), siis tehnilise seadme, nagu kruvipääsu puhul, puudub selleks pääsu kaudu vähimigi võimalus. Allarändeks on kruvipääsude korral tarvis seega eraldi läbimõeldud lahendust. Ülaltoodud topeltkruvi-seade töötab ainsana sellistest mõlemasuunaliselt.

Kruvipääsude ringivedamiseks piisab mõne kW-st elektrimootorist ja selle rahaline kulu võib ulatuda 10...15 euronit päevas. Juhul, kui kruvipääs on rajatud HEJ juurde, on selline kulu generaatori poolt toodetavaga võrreldes marginaalne. Lisame siia asjaolu, et kruvipääsu töö jaoks pole normaalsel veetasemel vaja kulutada liitritki vett paisu pealt ja saame põhjused, miks selline pääsulahendus on pälvinud hüdroenergia tootjate suure huvi. Vähem entusiastlikud ollakse topeltkruvi-seadme puhul. Inseneride hinnangul tuleb sellel kanda miinuspoolele seadme hinnanguliselt kuni 30% väiksem kasutegur ja keerukam ekspluatatsioon. Viimased on määravad eelkõige mõistagi juhul, kui hüdroenergia tootmine seada topeltseadme puhul esikohale.

Kruvipääs töötab veeseisust ja vooluhulgast pea-aegu sõltumatult. On siiski ilmne, et suurte vooluhulkade korral, mil vesi ei voola üksnes kruvi (ja turbiini) juurest vaid ka üle liigveelasu, võib vooluimpulss kruvi juures jääda väiksemaks ja selle leitavus seetõttu oluliselt kahaneda. Seda tuleb hüdrosõlme planeerides arvestada ja projekteerida olukorda leevendavad lahendused.

Eraldi teema on kruvipääsu talvine käitus, mil väga külma ilmaga võib veepritsmeist moodustuv jää selle tööd takistama hakata. Üksnes mõne käigusoldud talve jooksul pole Austria talved kruvipääsudele probleeme valmistanud. Näiteks 2014. a oktoobrist detsembri keskpaigani ei langenud Urli jõe alamjooksu vee temperatuur kordagi alla 4,6°C, püsid detsembris valdavalt 5...6°C juures. Meie oludes tuleb aga arvestada reaalse jäätumisohuga. Selle vältimiseks on Austria insenerid soovitanud pöörleva kruvitoru kambri pealt kinnikatmist ja selle alla HEJ hoones generaatori töötamisel tekkiva soojenenud õhu juhtimist. Kuivõrd asi selliselt töötaks, vajab läbiarvutamist. Põhimõtteliselt pole ka välistatud olenevalt asukohast ja aastast kruvipääsu seiskamine kõige külmemateks nädalateks jaanuari lõpust märtsi alguseni. See on aeg, mil kalaränded meie oludes praktiliselt puuduvad. Luts, osades veekogudes ka jõeforell lõpetavad oma ränded jaanuari lõpuks. Haug alustab kuderännet esimesena taas märtsis.

Tabel 1. Kruvikalapääsu tehnilised karakteristikud.

Kasutatav paisutuskõrgustel:	1...8 (10) m
Maksimaalne kalapikkus:	Määrab toru Ø, tavaliselt d=0,3...1,5 m ~ 0,3...1,0 m pikad isendid
Veemaht ühes labavahes:	100...150 l
Pöörlemiskiirus:	Muudetav, maksimaalne < 0,5 m/s
Tõsteaeg:	~1,5 m/min
Veetarve:	0, vaid peibutusvool vajalik
Käitamine:	1...2 kW elektrimootor. Topeltkruvi töötab vee jõul.
Allavooluränne:	Tuleb lahendada eraldi, olemas vaid nn topeltkruvil
Hooldus:	Iga-aastane vetikapesu
Eluiga:	30...40 a

Kruvipäas nagu iga liikuv seadeldis vajab regulaarset hooldust. Laagrid ja võllid toimivad loodusliku määrde pealt ja õlireostuse ohtu neist tekkida ei tohiks. Kruvilabad ja toru kasvavad suve jooksul suure tõenäosusega vetikatesse ja vajavad vähemalt kord aastas puhastamist. Elueaks hinnatakse kruvipäasudele 30...40 aastat.

Senine praktika ja uuringud

Nagu ülal märgitud, on töötavaid kruvikalapäase asja uudsuse tõttu seni napilt ja küllalt lühike ekspluatatsioon pole võimaldanud neil kuigi palju uuringuid teha. Kõige põhjalikumalt on uuritud ja tehtud katseid Austrias Urli jões Pilsingi hüdroosõlmes, kus töötavad kõrvuti Rehart/Strasseri süsteemi kalatõstuk ja hüdroturbiin. Mitmetel hinnangutel on just Rehart/Strasseri süsteem üks kõige tõhusamaid kruvipäasude seas. Pilsingi uuendatud hüdroosõlm avati 2014.a ja sel ning järgneval aastal viidi sellel läbi kalastiku rände uuringud.

Pilsing paikneb Natura 2000 alal: Niederösterreichische Alpenvorlandflüsse (AT1219000), kus kaitstavateks elupaikadeks on muuhulgas eri tüüpi jõed ja ojad ning kaitstavateks kalaliikideks: tõugjas (*Aspius aspius*), hink (*Cobitis taenia*), võldas (*Cottus gobio*), ukraina jõesilm (*Eudontomyzon mariae*), baloni kiisk (*Gymnocephalus baloni*), võõdilane kiisk (*Gymnocephalus schraetzer*), doonau taimen (*Hucho hucho*), nugakala (*Pelecus cultratus*), mõrukas (*Rhodeus amarus*), doonau särp (*Rutilus pigus*), balkani hink (*Sabanejewia balcanica*), souffia (*Telestes soufia*), väike süstikahven (*Zingel streber*), harilik süstikahven (*Zingel zingel*) ning veel üks Alpi särjelane (*Rutilus medingeri*). Teistest liikidest võib märkida meilgi esinevaid paksu jõekarpi (*Unio crassus*) ja saarmat (*Lutra lutra*).²

Urli jõgi on oma keskmise vooluhulga 3,8 m³/s poolest Pilsingis lähedane Ahja jõe Saesaare lävendis (3,0 m³/s) ja sobib seetõttu võrdlemiseks Ahja oludega. Võrdluse puhul on oluline, et Austria määrangu järgne kalapiirkond (vt allpool lk 12) vastab ligikaudu meie harjuse ja turba-teivi-tippviidika piirkondadele, millisesse langeb Saesaare paisuga Ahja jõe lõik (Tambets jt. 2015). Pilsingi pais jääb mõõtmeilt Saesaarele siiski alla. Selle kõrguste vahe on 3,6 m ehk üle kahe korra väiksem Saesaarest (7,5 m). Pilsingi kruvikalapäasu läbimõõt on 1,2 m, selle ühe labavahe veemaht on ca 100 l ja pöörlemiskiirusena rakendatakse ühtlaselt madalat kuut pööret minutis, mis on muudetav. Maksimalne joonkiirus on alla 0,5 m/s. Kruvikalatõstuki kruvi on statsionaarselt ümbrisega ühendatud, mistõttu on välistatud organismide igasuguse vigastamise oht. Pilsingist 1,92 km allavoolu asub kaladele ületamatu Datzbergeri pais ja HEJ ning 1,9 km ülesvoolu asub Atzenhoferi HEJ, mille juurde on rajatud (küll mõnevõrra ebaõnnestunult) kaskaad-ülevooludest koosnev looduslähedane möödaviik-kalapäas.

Pilsingi hüdroosõlme ehitus on nähtav fotol 4. Paisu alumises bjefis toimub vee-elustiku sisenemine pääsukanalisse, selle ees oleva 0,4x1,0 m pilu kaudu. Pilu juures on oluline mitmete parameetrite abil reguleeritav lüüsi vool pilus, mis peab voolukiiruse, peibutusvoolu koguse, suubumismurga jne poolest tagama optimaalse leitavuse. Erikonstruksioon, hüdroenergia kruvi ja kruvikalatõstuk on lahutatud, mistõttu ei teki peibutusvoolu kadu.

² <http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=AT1219000>

Rehart/Strasseri süsteemi puhul juhitakse osa hüdroenergia kruvi läbinud veest peibutus ehk kompensatsioonivee värava kaudu otse kruvikalatõstuki taha. Selle muudetava nurgaga värava kaudu saab peibutusvee kogust täpselt reguleerida, millega saavutatakse lüüsis sobiv vool. Kui värav on seatud 45° nurga alla, voolab keskmise vooluhulga korral umbes 200 l vett kruvikalatõstuki alla/kõrvale. Varvasvõre takistab kalade sattumist sisenemistoru taha (foto 1). Kruvikalatõstuki sisenemistoru vahetus lähipiirkonnas tehtud mõõtmine näitas Urli jõe $1,08 \text{ m}^3/\text{s}$ vooluhulga juures 0,18 kuni 0,55 m/s voolukiirust.

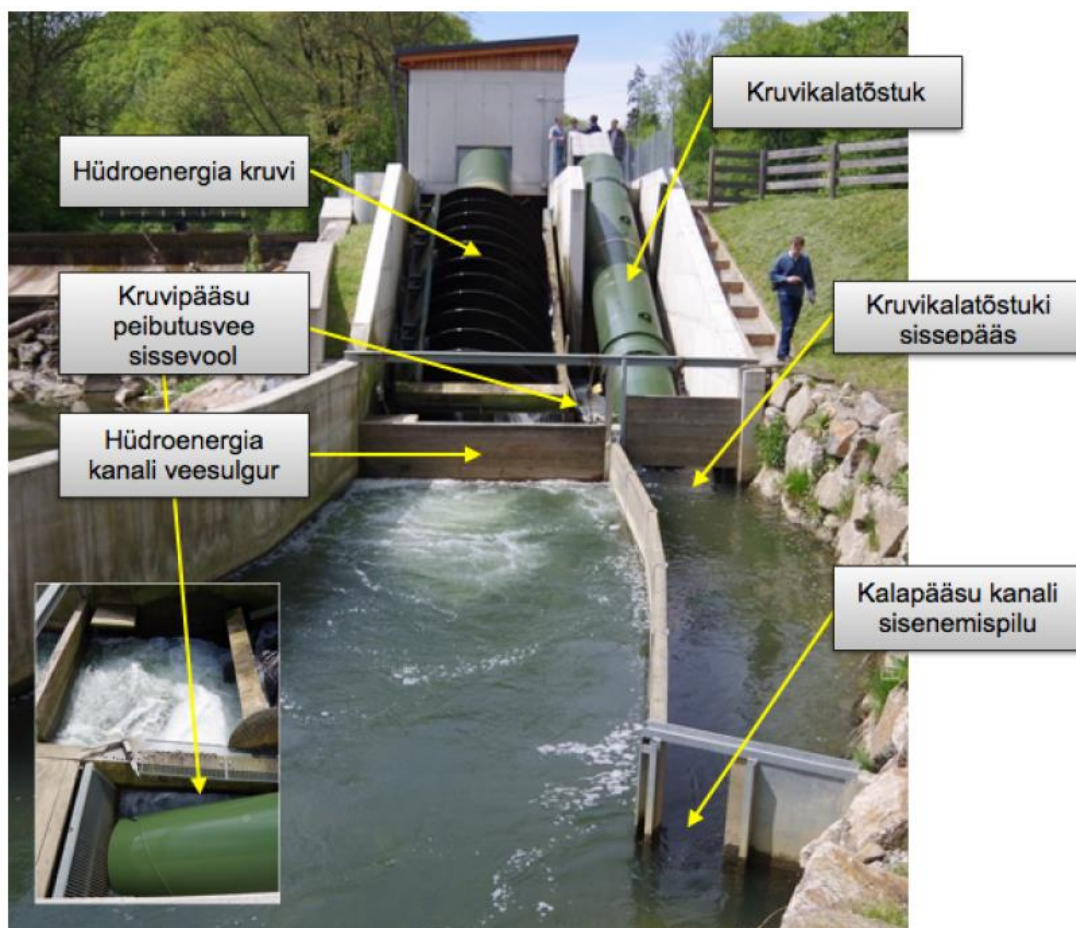


Foto 4. Pilsingi hüdrosõlm.

Peibutusvoolu mahu 200 l/s puhul tekib kalapääsu kanali sisenemispilu juures 0,5 m/s väljavoolukiirus. Oluline on, et voolukiirus sisenemispilus oleks suurem kui elektrit tootva turbiini väljalaske voolukiirus. Hüdroenergiakanali veesulguri abil, mis asub põhiasendis pinnalt 0,4 m sügavusel hüdroenergiakruvi väljavoolu järel, rahustatakse vee äravoolu hüdroenergia kruvi väljavoolukanalis. Veesulguri sukeldussügavuse suurendamisel tõuseb läbivool kruvikalatõstuki sisselaske ehk peibutusveevärava juures, mis loob veel ühe võimaluse lüüsisvoolu reguleerimiseks. Madalvee korral väheneb peibutusvoolu hulk kruvikalapääsu kanalis. Kuna samal ajal väheneb väljavoolukanalis turbiinivool ja voolukiirus, on lüüsisvool kruvikalatõstuki kanali sisenemispilu juures siiski selgelt leitav. Madalaima veetaseme ja turbiini väljalülitumise korral saab lisatoru kaudu juhtida ülemisest bjefist umbes 50 l/s täiendavat vett kruvikalatõstuki suu juurde, et tekitada sobiv lüüsisvool. Lisaks voolab kruvi erikonstruktsiooni tõttu kalatõstuki kruvi sisemusest pidevalt välja $\sim 10 \text{ l/s}$ (sisetoru kompensatsioon).

Selleks et võimaldada tõstuki kasutamist ka vähejuuvate või põhjas elutsevate liikide poolt, töötati välja spetsiaalne taldühendus, mis tagab tänu koonusele sujuva ülemineku alussubstraadist kalapääsu torusse. Kruvipääsust väljumine ülemises bjefis toimub kruvipääsu toru ülemises otsas paikneva ava kaudu, kust kalad langevad paisu peal olevasse kanalisse. Sellel kanalil on mõlemas otsas ava ja kanalist toimub läbivool, mis võimaldab juhtida kalad vertikaalse pilu kaudu paisjärve.

Urli jõgi kuulub Austria-Baieri eel-Alpi kalabioregiooni määrangu järgi kesk-epipotomaalsesse (pardkalade) piirkonda, mille nn määrava suurusega liik on kuni 90 cm pikkune lõhilane, doonau taimen (*Hucho hucho*)³. Uuringute ajal taimenit (ilmselt just paisude tõttu) Urliis teadaolevalt ei esinenud. Piirkonna indikaatorliikideks loetakse **turba**⁴, harlikku pardkala, harilikku kõhrsuid ja **tippviidikat**. Tüübiomasteks liikideks on **luts**, **harjus**, **jõforell**, **trulling**, **ahven**, **rünt**, **teib**, **võldas** ja **viidikas**. Kaasnevad liigid on mõrukas, **lepamaim**, eesaasia hink, **haug**, Doonau taimen, **mudamaim**, **särg**, **roosärg**, **vimb**, **tõugjas**, **hink**, **teib**, valgeuim-rünt ja harilik süstikahven ning sõõrsuu **silm** (eeldatavasti ukraina jõesilm (vt ka lk 10)). Piirkonnamääratluse aluseks olevaist liikidest antud asukohas kõik siiski esindatud ei ole. Lisaks doonau taimenile ei ole teada lutsu leide. Eri aegadel läbi viidud katsepüükides esinesid kolm või kõik indikaatorliigid ja üheksast tüübiomasest liigist neli kuni kaheksa. Kaasnevaist harvaesinevaist liikidest leiti eri aegadel kaks kuni kuus liiki. Lisaks tabati seire käigus kaks võõrliiki, kalakasvandustest või ülemjooksult pärit vikerforell ja mägi-ojahõrnas ning ebatüüpilistena **linask** (üks isend sügisel) ja karpkala. (Mitterlehner & Pfligl, 2016)

Uuringud viidi läbi sügis- ja kevadperioodil. Täiendavalt seirati kruvipääsu suvisel madalveeperioodil. Kevadise ja sügisese uuringu käigus viidi allpool paisu asuval 250 m pikusel jõelõigul läbi kvantitatiivuuring elektripüügiga, mille käigus kõik tabatud kalad mõõdeti ja kaaluti ning hinnati liikide, arvukuse ja biomassi põhjal ala kvaliteet. Mõlemal uuringuperioodil seirati tõusvaid kalu kruvipääsu väljapääsus paiknenud korvpüünise ja Atzenhoferi kalapääsu ülemises basseinis asuva mõrra abil. (Mitterlehner & Pfligl, 2016)

Tulemused kruvikalapääsu läbitavuse osas olid head. Kõik 15 piirkonnale omast liiki, mis olid tuvastatud elektripüügiga, jõudsid kruvipääsust üles. Sealhulgas kõik indikaator- ja piirkonnas esinevad tüübiomased liigid, nende seas võldas, trulling ja lepamaim. Kruvipääsust avastati koguni neli liiki (harjus, särg, roosärg ja mägi-ojahõrnas) rohkem, kui leiti elektripüügil. Tähelepanuväärne oli, et kõrgemal asunud Atzenhoferi kalapääsust saadi kätte vaid 12 liiki kalu, kelle seas puudusid võldas, trulling, harjus, harilik mõrukas, lepamaim, hink ja mägi-ojahõrnas. See-eest lisandus ebatüüpilisena karpkala. Teisi liike peale ahvena, teibi, haugi, viidika ja hariliku kõhrsuu leiti arvuliselt Atzenhoferi juures kordades vähem kui Pilsingi juures. Kokku oli isendiline erinevus vastavalt 173 vs 862 kala. (Mitterlehner & Pfligl, 2016) Siin on üks põhjus tõenäoliselt paisjärve rännet pärssivas mõjus, ent samuti on oluline osa Atzenhoferi kalapääsu puudujääkides, mida siinkohal pole põhjust täpsemalt lahata.

³ See ei puuduta kala maksimaalset võimalikku pikkust, mis võib ulatuda kuni 1,8 m-ni ja kaal 70 kg-ni. Harrastuspüügil tabatud rekordilise isendi kaal on teadaolevalt 34,8 kg. (Euroopa kalad, 2006)

⁴ Rasvases kirjas Eestiski looduslikult esinevad liigid.

Võrdlusena võib vaid nentida, et vaieldamatult töötab antud piirkonnas kruvipääs paremini, kui looduslähedane.

Kvantitatiivsetest numbritest annab aimu sügisel ca poolteise kuu jooksul kruvipääsu kaudu tõusnud 380 isendit ja kevadel kahe kuu jooksul 482 isendit. Otstarbekas on märkida, et veeala, kust tõusvad kalad said pärineda, ulatus vaid 1,92 km allavoolu. Oluline on, et alumises bjefis leitud kalade pikkuste sageduse võrdlus kruvikalatõstuki ja möödaviigu kaudu üles tõusnud kalade pikkusega ei näita suuruspõhise selektsiooni mõju, kuigi mõrrakontrolli puhul võivad noorkalade eri arengustaadiumid sõltuvalt meetodikast olla alaesindatud. (Mitterlehner & Pfligl, 2016)

Eriti kõrge veeseisu juures katkestati kruvitõstuki töö ühel päeval nii sügisel kui kevadel. Seireandmetest nähtub, et sügisel, mil kõrgvesi kestis vaid ühe päeva, toimus järgmisel rändavate kalade hulgas hüppeline kasv. Kevadel kestis maksimaalse lähedane kõrgveeperiood kümme päeva. Kogu selle aja näitavad andmed väga madalat rändeintensiivsust (tõstuk seisis sellest vaid 24 h). Kohe peale suurvett toimus aga seireperioodi intensiivseim ja arvukaim ülesränne mitmel päeval järjest. Võib oletada, kas ehk polnud kaladel väga võimsa veevoolu tõttu rasketes tingimustes mingi alalhoiuinstinkti tõttu rändemotivatsiooni? Kuid tõenäolisem on, et sellises olukorras ei eristunud enam kalatõstuki peibutusvool muudest jõesadest ja oluliselt suurenenud veemahus sattus kalu jõe ühte serva kitsale alale, kust pääsenuks kruvitõstukisse, vaid väga juhuslikult. Ülespääsu ei leitud ja rändajad kogunesid paisu alla tupikusse. See seletaks ka vahetult järgnenud eriti intensiivset rändeperioodi.

Suvine seiramine üksnes kruvikalapääsul nõ poolkvalitatiivsel meetodil oli seotud kompensatsioonitoru paigaldamisega, mille kaudu saadi kruvipääsule peibutusvooluks täiendavad 50 l/s vooluhulka. Kõnealune seiramine andis rände kohta huvitavat lisainformatsiooni. Veetase oli kuival 2015. a suvel Urli jões väga madal, vooluhulk jäi kogu perioodil alla 1 m³/s ja osaliselt alla 0,62 m³/s. Mõnel päeval koguni alla 100 l/s ja hüdroturbiin tuli seisata. Sellest hoolimata toimus ränne kruvipääsu kaudu isegi sel ajal. Kokku tõusis 48 seirepäeva jooksul kruvipääsust üles 4039 (!) kala 15 liigist. Nende hulgas oli neli indikaatorliiki, kuus üheksast tüübiomasest liigist ja neli harvaesinevat kaasnevat liiki. Haruldase kaasneva liigi, hingi tõusmist nähti esimest korda kompensatsioonikatsete käigus, kokku tõusis üles neli isendit. Kalade tõstmise arvu olulist erinevust koos ja ilma lisapeibutusvooluta ei täheldatud. Märkimisväärne oli suvekuudel üles tõusnud kalade üldine suur arv, kusjuures eriti palju oli noori kalu ja väikesekasvulisi liike. Ka Urli väga madalate vooluhulkadega (alla 0,62 m³/s) perioodidel ja madalal voolukiirusel kruvikalatõstuki sisenemispilus (kohati vaid 0,1 m/s), mis siiski ületas hüdroenergiakruvi väljavoolukanali voolukiirust, saavutati kõrged tõstmisnäitajad. Seireperioodi maksimaalne väärtus oli 1000 ühel päeval tõusnud noor- ja väikekala, mis toimus vooluhulgal 0,44 m³/s. Ka keskmiselt 0,42 m³/s vooluhulgal ja väljalülitatud hüdroenergiakruviga ajavahemikul liikus iga päev kruvikalatõstukist üles keskmiselt 129 isendit, kes olid taas eelkõige noor- ja väikekalad. Uuringukuid juulit ja augustit iseloomustas kõrge veetemperatuur (üle 24 °C) ja vastavalt madal hapnikutase. Järeldati, et kalad otsisid sihipäraselt hapnikurikkamat veevoogu kruvikalapääsu kanalis ja tõusid seejärel poolkogemata selle kaudu üles. (Mitterlehner & Pfligl, 2016)

Kontrollimaks kruvikalapääsu nn määrava suurusega liigi jaoks, viidi Pilsingis läbi katsed selleks otstarbeks kohale toodud viie doonau taimeniga pikkustes 62...78 cm. Neli neist olid kasvanduse päritolu ja üks metsik kala. Kõik taimenid tõusid eri aegadel

läbi viidud katsetes edukalt üles ilma väliste vigastuste või kahjustusteta. Tähelepanu väärib siiski, et mõnel juhul kulus taimenil suletud kalapääsukanalist ülemisse bjeffi tõusmiseni mitu päeva (maksimaalselt neli metsikul kalal). Katses seostati seda kanalisse varjevõimaluse loomise ja söödakalade olemasoluga, mistõttu taimenil võib-olla polnudki motivatsiooni sealt lahkuda. Samuti võis olla seda mõjutanud pikk reis katsekohta. (Mitterlehner & Pfligl, 2016) Oletatud põhjused on võimalikud, kuid ei pruugi olla ainsad või määravad. Välistada ei saa suure kala jaoks suhteliselt väiksema sissepääsuava (väikeste kaladega võrreldes) ja selles pöörleva mehhanismi psühholoogilist tõket. Kuivõrd kuderändele tõusvaid kaladel võib ka mõnepäevane viivitus osutuda kriitiliseks, tuleks kruvipääse just rände võimaliku pidurdumise osas täiendavalt uurida.

Suulises vestluses C. Mitterlehneriga rääkis teadlane ja näitas kruvipääsu seirekorvis tehtud pilte Pilsingis kruvipääsust üles liikunud jõevähhidest ja koguni põhjaselgrootuist. Samuti on teada angerjate edukat tõusu kruvipääsude kaudu.

Allapääs. Eraldi teema on kruvipääsudega varustatud paisudel kalade laskuva rände küsimus. Kruvipääsus selleks võimalus puudub. Seega peab olema loodud eraldi võimalus laskuda üle liigveelasu või spetsiaalse allapääsu kaudu. Kuivõrd kruvipääsud on enamasti paigaldatud kõrvuti kruviturbiinidega, võib selleks kasutada ka viimaseid. Nimelt on hüdrokruvid turbiinide käitajadena erinevalt kõigist teistest turbiinitüüpidest võrdlemisi kalasõbralikud oma aeglase käigu (tüüpiliselt 20-30 pööret minutis) ja ehituslike iseärasuste poolest. Siiski esineb neilgi vigastusi kruvikeerme löökide tõttu ning muljumiste ja löikehaavade näol kruvikeerme ja korpuse vahelises pilus.

Saksamaa, Suurbritannia ja Hollandi 14 hüdroturbiini juures läbiviidud laskuva rände uuringud on leidnud selles osas väga suuri variatsioone. Vigastusi esines neis kaladel vahemikus 0...32,7%. Kõigi uurigute kokkuvõttes keskmiselt 5,9%, mediaanväärtus oli 3,0%. Suurima kahjustuste hulgaga eristus üks turbiin, ohtlikkuselt järgmisel oli see näit 12,8%, kolme puhul puudusid kaladel kahjustused täielikult. See näitab, et sihipärase disainimisega on võimalik vigastusi oluliselt või täielikult vältida. (Ebel 2013)

Pilsingis vikerforellidega pikkuses 28...36 cm läbi viidud kahes allarände katses läbi kruviturbiini ühelgi kalal vigastusi ei täheldatud. Tuleb märkida, et Pilsingi kruvil on selle keerme vett haarav esiserv kummiäärega varustatud ning lõhe keerme ja ümbrise vahel minimaalne. (Mitterlehner & Pfligl, 2016)

Muidugi tuleb hüdroturbiinide kaudu laskumise planeerimisel silmas pidada, et turbiinikanalist võetava peibutusvee sissevoolul saaks olema võre, mis takistaks sinna sattumast allavoolurändel kalu. Võrevarbade vahe peab seejuures olema samasuur või väiksem sellest, mis takistab tõusvaid kaladel kruvipääsu torust möödamineku.

Kruvipääsu kasutatavus Saesaare paisul

Vaatamata kruvitõstukite lühikesele kasutusajaloole looduslikel veekogudel rännete võimaldamisel, tuleb senistele uuringutele ja katsetele tuginedes suhtuda neisse kui tõsiseltvõetavasse ja potentsiaalikesse alternatiividesse kalapääsude seas. Kuid nagu on näidanud uuringud (ja eespool on refereeritud vaid ühel paisul toimunud ülesrände uuringuid), sõltub nende toimimiseefektiivsus suurel määral sellest, kui hästi õnnestub kogu hüdrokompleksi terviklahendus, mille üks lüli on kruvikalatõstuk. Positiivsema poole pealt saab öelda, et Austrias on olemas häid toimivuse näiteid ja sealsete inseneride ja ihtüoloogide kogemusi saab uute lahenduste projekteerimisel ära kasutada. Arvestades meie jõgede küllalt suurt liigilist ja parasvöötmele omast kliimaatilist sarnasust Alam-Austria jõgedele, on meil võimalik sealseist kogemustest parimaid meie oludes rakendada. Üks oluline erinevus on Eesti ja Austria jõgedel muidugi ka – see on hüdrormorfoloogia. Alam-Austria ehk eel-Alpide regioon pole veel kõrgmäestik, ent maapind on oluliselt reljeefsem, kui Eestis ja jõedki sellevõrra enam kärestikulised. Palju vähem on potomaalseid aeglasevoolulisi settepõhjalisi löike (peamiselt vaid paisutusala) ja seetõttu rikuivad paisud looduslike biotoope väiksemas mastaabis, kui Eestis. Kuigi – see on andnud austerlastele võimaluse paise see-eest hoopis enam rajada. Eesti oludes on kärestikulised lõigud jõgedes selges vähemuses, sageli on need väga lühikesed ja mõneski jões lausa haruldused. Kärestiku, kui eriti kõrge liigirikkusega vääriselupaiga olemasolu jões on meil seetõttu jõe hea tervise ja bioloogilise elurikkuse pant ja mõõdupuu. Seetõttu ja nagu sissejuhatuses märgitud, ei piisa Eesti oludes alati jõe hea seisundi jaoks üksnes rännete võimaldamisest. Peab olema ka elupaik, kuhu kalal on mõtet rännata. Seega tuleb kalapääsu rajamist planeerides vaagida mõlemaid aspekte – rännete võimaldamist ja elupaiku teisel pool paisu.

Ülesränne

Seniste teadmiste ja oma silmaga nähtu valguses pole allakirjutanul põhjust kahelda, nagu ei annaks õigesti planeeritu ja rajatuna kruvipääs Eestis rännete võimaldamisel häid tulemusi. Võib öelda, et üsna suure tõenäosusega oleks kruvipääs Eestis paljudel paisudel väga tõhus ja toimiv lahendus. Konkreetselt Saesaare paisu puhul toimiks kruvikalatõstuk eeldatavasti kõigi indikaator- ja tüübiomaste liikide puhul, aidates need rändel paisust üles. Võimalik, et isegi väga suure efektiivsusega, mis võib ulatuda hästi õnnestunud hüdrokompleksi lahenduse puhul 80-90%-ni rändel olevaist kaladest. See „hästi õnnestunud” tähendab, et on rida asjaolusid, mida tuleb projekteerimisel ja rajamisel hoolikalt järgida. Käsitleme neid alljärgnevalt.

Kruvipääsu **asukoht**. Ideaalsel juhul peab kruvipääs asuma suurima vooluhulgaga jõe(ristlõike)osa vahetus läheduses. Saesaares on probleemiks, et jõgi voolab kahes harus ja valdava osa ajast kulgeb suurim vooluhulk läbi jõe vasaku sügavamale süvendatud haru, mis algab HEJ juurest. Kuigi teadaolevalt ei asu kumbki jõeharu peale paisu rajamist enam algse jõesängi asukohas, on kokkuleppeliselt loetud looduslikuks sängiks siiski paisu liigveelasu juurest lähtuv haru, mis näeb välja loodusilmelisem. Seega tuleb õigusakte järgides tagada selles harus ökoloogiline voolumiinimum ja just siia võiks rajada ka pääsu. Arvestades liigveelasu olemasolu ja paisukeha läbimõõtu, on siia kruvipääsu ehk ka lihtsam rajada. Väga väikestel vooluhulkadel (Ahja Saesaare lävendi sanitaarvooluhulk ehk kuni $1,19 \text{ m}^3/\text{s}$), mil HEJ olemasolevad turbiinid ei tööta, samuti suurtel vooluhulkadel, mis ületavad HEJ olemasolevate turbiinide läbilaskevõime ($3 \text{ m}^3/\text{s}$) vähemalt kaks korda, leiaksid selles jõeharus kruvipääsu enamus rändel olevaid

kalu. Probleemne saab olema aga just see vahepealne vooluhulk (ca 2,5...6 m³/s), mis on jões rõhuva enamuse aega aastast ja mille korral voolab enamus vett läbi vasaku jõeharu. Selle tõttu on vaja HEJ äravoolukanali suudmesse leida väga tõhusaid käitumuslikke kalatõkkeid, mis suunaksid kala paremasse harusse. Neid on varasemas töös (Jürgenstein 2013) mõnevõrra käsitletud, ent juhul, kui kruvipääs peaks töösse minema, tuleb uurida, kas on vahepealseil aastail midagi uut välja töötatud või olemasolevate tõhusust uuritud. Lisavõimalus meelitada kalu paremharusse oleks selle suudme kitsendamine (nt maakividega) ja vasakpoolse haru suudme laiemaks kaevamine, mis selles voolukiiruse alla viiks.

Kruvipääsu asukoht liigveelasu juures on samuti oluline. See jõeäär (või keskkoh?), kuhu kruvitõstuk tuleb, peab saama suurema osa üle liigveelasu voolvast veest. Näiteks võiks sealpool olla ülevooluvari madalam, kust lähtuv vesi tuleb siis suunata kruvipääsu juurde. Ent jälgima peab, et sealtkaudu laskuvad kalad ei satuks tõusvat kala kruvipääsu suunava võre taha lõksu.

Nagu eelpool mainitud, pole tänaseks teada kruvipääsu võimalik rändeaega pidurdav mõju. See on seotud kindlasti asukoha ehk leitavusega. Samas näitas Pilsingi doonau taimeni katse, et ka piltlikult öeldes ninapidi vastu kruvipääsu asetamine võib ometigi tulemuseks anda neli päeva viivitust ülesrändel. Täpsemate uuringute puudumisel jääb selles osas teatav küsitavus üles.

Peibutusvool on kalade kruvipääsu juurde juhtimisel väga oluline. Põhimõtteliselt on selle saamiseks kaks lahendusvarianti – kasutada selleks liigveelasust tulevat ökoloogilist miinimumvooluhuka ja/või rajada pääsu kõrvale kalasõbralik hüdroenergia kruviturbiin. Teise variandi hea külg on selles, et motiveerib hüdroenergiatootjat laskma kokkuleppelisse looduslikku sāngi rohkem vett, mistõttu kaladel on seda lihtsam leida ja ökoloogilised tingimused antud jõeosas on elustikule soodsamad. Pääsu juurde peibutamisel on heaks eeskujuks Pilsingi lahendus, kus kalapääsu sissepääs algab nn eelkambriga, mille kitsamaks viidud sissepääsu on võimalik tekitada muust jõevoost tugevam vooluimpulss, mis kalu meelitab. Kamber ise on laiem, mistõttu vool selles aeglasem ja selles viibimine, kuni kitsa kruvisuuni jõutakse, pole kaladele kurnav. Eelkamber tuleks kindlasti varustada suuremate kivide ja/või muu varjevõimalusega. Küsimus inseneridele on, kas eelkambriga sissepääsu on võimalik sätida liigveelasule (ja kui on, kruviturbiinile) lähemale kui Pilsingis? Eelkambriga sissepääsu pilus peab kalade peibutamiseks olema piisav voolukiirus (vähemalt 0,5 m/s) ja see peab olema seal alati kiirem, kui konkreerivas veevoolus (nt liigveelasust või kruviturbiinilt tulevas).

Tehnilised parameetrid. Siin on olulisimad pääsutoru mõõt, torusuudme süvistamine põhjasubstraati, peibutusvee olemasolu torus endas ja pöörlemiskiirus. Arvestades Ahjas rändavaid liike, kellest suurimad on tõugjas 70...80 cm kasvuga ning haug, kelle emaskalad võivad kasvada üle 1,5 m (0,9...1,0 m pikkust esineb küllalt sageli), tuleb vastavalt planeerida kalatõstuki läbimõõt. Soovitavalt mitte alla 1,2...1,4 m. Võimaldamaks rännata põhjaeluväisiga liikidel, tuleb torusuu viia põhjasubstraati kergelt süvistatavasse nõkku ja paigaldada põhjamaterjal selle ümber nii, et vahe toru ja põhja vahel oleks minimaalne. Kuna 7,5-8 m tõusu, on küllalt pikk ja varem on rajatud vaid üks sarnane kruvitõstuk, mille seire on aga veel pooleli, on see üks koht, milles jäävad mõned küsimused õhku: kuidas tagada, et kogu selle tõusu ulatuses jätkuks toru sees allapool langevat vett – kas teha toru selleks koonusekujuline, muuta paar-kolm korda läbimõõtu selle pikkuse juures väiksemaks, viia vindi samm ülespoole järjest kitsamaks vm? See aspekt haakub otseselt pöörlemiskiiruse ja vindisammuga kruvis. Pöörlemise

joonkiirus peab jääma alla 0,5 m/s, olles soovitatavalt isegi väiksem (nt 0,3 m/s), ent sellise tempo juures kulub kalade ülemisse bjeffi jõudmisele märkimisväärselt aega. Olenevalt keermetihedusest kuni 4...5 minutit. Kui keermetihedus ülespoole kasvab, pikeneb ka tõstmise aeg. Seni vastuseta küsimus on, kas kalad ootavad selle aja sama rahulikult ja rapsimata ära, kui kaks korda väiksema tõusu?

Ülavees, kuhu üles kruvitud kalad kukuvad, peab olema kalu liigveelasule või turbiinile viivast veest eemale suunav kanal. Kanalis tuleb esmase suunarientiiri tagamiseks luua vähemalt 0,2...0,3 m/s kiirusega voolamine.

Allavoolu ränne

Nagu eestpoolt võis lugeda, vajab kruvipäas kalade allarände eraldi lahendamist. Osaliselt sobib selleks peibutusvoolu ja ökoloogilise miinimumvooluhulga tagamise viis, mille korral vesi tuleks üle liigveelasu selle ühte punkti kontsentreeritud kõrgema veesambana, mitte ei oleks jagatud õhukese veekihina kogu liigveelasule. Kruviturbiini paigaldamisel, sobib allapääsuks selle kaudu voolav vesi. Tagada tuleb mõistagi selle kalasõbralikkus, mis tähendab turbiinilaba vett haarava serva pehmendust, viltust lõiget ja keerme ning voolusängi vahelist minimaalseks viidud (alla 1 cm) vahet. Võrreldes tänase liigveelasuga, oleks turbiinil siin isegi eelseid, sest kukkumine poleks nii järsk ega võimalusega betoonile prantsatada. Mõlemal juhul jääb aga probleemseks põhjaeluviisiga ja eelistatult põhjalähedastes veekihtides ujuvate kalade (Saesaare puhul eelkõige: võldas, hink, rünt, luts, latikas) laskumisvõimalus, kuivõrd veevõtt turbiinile või üle liigveelasu toimub tavaliselt pinnakihist. Seda teemat on puudutatud ka varasemas käsitluses (Jürgenstein 2013), kus soovitati lahendada eelkõige HEJ veevõtt paisjärve sügavamast kihist, sest see tagaks jões allpool paisu paremad ökoloogilised tingimused (ja veehoidlas paremad suplemisvõimalused). Paradoksaalsel kombel poleks aga Saesaares liigveelasu tagant põhjakihtidest vee võtmisel suurt lootust aidata allavoolurändel põhjaeluviisiga kalu. Nimelt on vähemalt mingil osal aastast seal üsna kõrgele veesambasse ulatuv hüpoksia, mistõttu kalu sealt ei leia (Tambets jt 2015). Tuvikene (jt 2017) märgib küll õigesti, et hüpoksia pole pidev, vähenedes oluliselt kevadistel ja sügisestel paisjärve vee segunemisperioodidel. Päris ära see paisueelsel alal ilmselt aga ei kaogi, otsustades setteproovide järgi (Tuvikene jt 2017). Siinjuures tuleb aga silmas pidada, et allaränded, iseäranis noorjärkude puhul, erinevad sageli kuderände aegadest. Nii toimub see noorjärkudel alates koorumisest sageli kogu suve, hõlmates erinevaid lühiajalisi tipp-perioode (Pavlov ja Mikheejev 2017). Seega võib eeldada, et põhjalähedase eluviisiga kalad (Saesaare puhul valdav hulk liike) liiguvad allavoolu kaldavöötmes hüpoksiapiirist (mis on ilmastikust ja vegetatsioonist tulenevalt pidevas muutumises) kõrgemal. Nende teele piisava täpsusega allavoolu vett saatva toru suuet sättida on aga väga keeruline.

See jätab õhku veel ühe küsimuse – kuidas ikkagi tagada kõigile üles pääsenuile nende bioloogia-kohane allarändevõimalus? Võib-olla on insenertehniliselt võimalik tekitada allavoolu rändetee veevõtt suurema osa veesamba ulatuses, välistades vaid alumise anoksilise ja ülemise suvel soojenenud kihi (nt 1 m ulatuses)? Lisaks annab ehk veevõtu paigutada kalda(paisu)nõlva vahetusse lähedusse, et piki nõlva liikuvate litofiilsete kalade sattumise tõenäosust veehaardesse suurendada. Eeldades, et allavoolu rändetee veevõtt õnnestub sel viisil soodsalt lahendada, ei tohiks allapääs saada takistuseks siinsete Ahja kalaliikide populatsioonide seisundi paranemisele.

Muutuste toimumise kontrollimiseks on soovitatav läbi viia kalastiku seire, mille puhul analüüsitakse mõlemal pool paisu asuvate sihtliikide populatsioonide geneetilist

varieeruvust. Esinduslike andmete saamiseks tuleb seire läbi viia vähemalt kolmel korral: enne kalapääsu rajamist ning viis ja kümme aastat peale kalapääsu rajamist. Seire teostamiseks sobib periood juulist septembrini, mil on võimalik tabada 0+ vanuses isendeid. Liike, mida enne kalapääsu rajamist ülalpool paisu ei leita, tuleb hilisemaks võrdlemiseks geneetiliselt analüüsida ka esimese seire läbiviimisel.

Veehoidla rändetõkkena

Niisiis peaks läbimõeldud konstrueerimise korral olema tehniliselt võimalik avada kalade rändetee kruvipääsu abil üle Saesaare paisu üles ning vähemalt mingis ulatuses ka paisurajatisest alla. Kuid säilib küsimus, kuidas panna kalu leidma ökoloogilises mõttes ohutu ajaperioodi vältel rändeteeid praktiliselt seisvas, ilma vooluimpulsita paisjärves ülesvoolu ning samuti laskuvale rändele allavoolu? Nagu märgivad mõlemad Saesaare kohta hiljuti koostatud tööd (Jürgenstein 2013, Tambets jt 2015), pole veehoidla elupaigana kuigi väärtuslik, pärssides aga samas olulisel määral rändeid. Täiendavalt võib tuua Pavlovi ja Mikheevi (2017) töö, mis näitab, et allavoolurändel valivad noorjargud pidevalt rändedünaamikast tulenevalt laskumiseks sobiva kiirema veevoolu ning kisklusest hoidumiseks ja toitumiseks kaldavööndi vahel. Tajutava vooluimpulsi puudumisel, pole praktiliselt võimalik teekonna suunda määrata.

Kuivõrd elus ega looduses pole absoluutseid ja alatikehtivaid nähtusi, võib hinnata, et mingi osa kalu tõenäoliselt sobiva elupaiganišši veehoidlas (kasvõi ajuti) leiaks ja mingi osa kahtlemata leiab ja elab üle teekonna kõrgemale jõestikku ning vastupidi, läbi veehoidla ja üle paisu tagasi alla. Vastavaid tõenäosusi ega arvukust ei saa aga olemasolevate teadmiste valguses pidada kuigi suureks. Kindlasti mitte nii suureks, et see võiks tagada jõe ökoloogilise seisundi tuntava paranemise. Eelkõige saab Ahja jõe kalastikku arvestades olema probleeme võldase, ojasilmu, jõeforelli, harjuse, ründi ja lutsu, aga ka teivi, tippviidika, säina, turva ja lepamaimu asurkondade seisundi paranemisega. Edenemist võib loota nende liikide puhul, kellele paisjärv elupaigaks rohkem või vähem sobib – haug, särg, ahven, roosärg, latikas, koger, viidikas, kiisk.

Asurkondade paranemise osas probleemsetest liikidest osade puhul pole teoreetiliselt võimatu, et mingi arvu põlvkondade järel tekib kohastumus, mis aitab leida rändetee läbi paisjärve minimaalse suremusega. Selliste hulka võivad kuuluda näiteks jõforell, harjus, teib, säinas, turb ja lepamaim. Keeruline on hinnata kui palju põlvkondi selleks võib kuluda. Arvestades suguküpsuse saavutamisele kuluvat aega, võib selleni minna tõenäoliselt aastakümneid. Olukorra selgitamiseks tuleks teha vastavat seiret (sealhulgas ülal- ja allapool paisu tabatavate isendite geneetilise varieeruvuse hindamist) enne kalapääsu rajamist ning edaspidi regulaarselt iga viie-kuue aasta järel, kuni vajaliku arusaama tekkimiseni. Liikide, mille puhul sellise kohastumuse teke on aga äärmiselt vähetõenäoline – võldase (tegemist on paikse liigiga, kelle elupaiganõudlust arvestades jääb paisjärv püsivaks levikutõkkeks), ojasilmu, ründi, lutsu puhul ei saa toimivat rännet või populatsioonide ühendatust eeldada enne, kui paisjärv on täitnud settega määral, mis väldib hüpoksiliste tsoonide tekkimise või koguni voolava veekihi tekkimiseni valdavas osas veesambas.

Ühel või teisel pool paisu puuduvate või nõrkade populatsioonide puhul võib seni kasutada kunstlikku taastootmist ja asustamist. Seda kõigi liikide puhul, millel paisjärv levikutõkkeks. Siiski oleks see ökoloogilise seisundi kunstlik ülesturgutamine, mille tulemusena saab muuta kalastiku seisundit paremaks, kuid mis ei tähenda veel, et jõe enda kui ökosüsteemi ökoloogiline seisund paraneks. On ju kalastik sellisena vaid üks

ökosüsteemi seisundinäitaja, mille manipuleerimisega saab seisundist vastavalt manipuleeritud pildi.

Seega oleks Saesaare paisjärve suguse veekogu puhul efektiivse kalapääsu rajamine ainult pool lahendust. Iseäranis kuna hüdro-morfoloogiat arvestades on kogu Ahja jõe väärtuslikeim elupaik asunud just tänase veehoidla ja selle alla jäävate muudetud sängiosade kohal. Sellega peab Saesaare kalapääsu rajamise või kogu paisjärve tulevase saatuse üle otsustaja igal juhul arvestama.

Järeldused ja soovitused

Töö koostaja hinnangul on kõrge efektiivusega toimiva kruvikalapääsu rajamine Ahja jõe Saesaare paisule täiesti võimalik. Selle eelduseks on rea tehniliste nõuete täitmine ja kohalikke olusid arvestava hüdro-sõlme projekteerimine. Leida tuleb tõhus lahendus tõusvate kalade suunamiseks paremale jõeharule, optimaalseim viis peibutusvoolu suunamiseks kruvikalatõstuki sissepääsu juurde ning maksimaalselt eri liikide vajadusi ja paisjärve muutuvat hapnikusisalduse dünaamikat arvestav kalade allavoolu rände lahendus.

Kuivõrd Ahja jõe ökoloogilise seisundi parandamise seiskohalt on toimiv kalapääs vaid pool lahendust, pealegi selline pool, millele ettenähtavas tulevikus pole võimalik lisada terviku tagamiseks teist poolt⁵, jääb endiselt parimaks lahenduseks paisu likvideerimise alternatiiv. Iseäranis arvestades likvideerimise korral tagasi võidetavaid kõrge kvaliteediga veebiotoope ning haruldast liivakivipaljanditega maastikku. Siinkohal tuleb aga mõista, et viimased 64 aastat, mil Saesaare pais on eksisteerinud, on inimeste mälust kustutanud umbes 10 000 aastase ajaperioodi, mil seda polnud ja osalt just seetõttu on jõe taastamisele arvestatav vastuseis tavainimeste seas. Väga oluline, millest ei saa mööda vaadata, on töötava veejõujaama olemasolu paisul ja ettevõtja poolt tehtud investeeringud lootuses paisu pikaajalisele säilimisele.

Selle kõige valguses on töö koostaja seisukohal, et mõistlikeim lahendus Saesaare gordioni sõlme raiumisele oleks garanteerida HEJ omanikule vee-erikasutuse luba ja paisu säilimine mingiks ettenähtavaks perioodiks. Näiteks viieks või kümneks aastaks, mille lõppemisest alates planeerida paisu likvideerimine ühes selleks ajaks äratasumata ent tänaseks päevaks tehtud investeeringute hüvitamisega ja paisurajatise aluse maa väljaostuga turuhinnas. Kalapääsu ehitamise nõuet selleks perioodiks esitama ei peaks – loodusele on parem terviklik kui poolik lahendus, seda enam, et antud juhul pole ühtki haruldast endeemset liiki Ahjas ohus. On mõnedki jõest hävinud liigid, aga need on võimelised paisu likvideerimise järel taastuma kaugemate populatsioonide arvelt. Selline pika etteteatamisaja andmine aitab ka teistel inimestel kavandatava muutuse mõttega harjuda ning mõnel võib-olla oma äritegevus rahulikult ümber korraldada. Kõnealuse lahenduse probleem seisneb muidugi selles, et hetkel pole see seadustega kooskõlas. Kuid kas inimeste seadused on inimeste jaoks või vastupidi? Igavesti kivistseraiutut ei saa sellises asjas olla. Seadusemuudatuse tegemise raskus võib seisneda vaid tahtmise puudumises.

⁵ Kaugemas tulevikus võib teine pool ise tekkida – paisjärve täis sekkimisel kaovad sellest hüpoksilised kihid ja tekkivasse taimestikukattesse saab rajada niitmise teel ühese voolusängi. Selle lahenduse ajaperspektiiv pole aga Saesaare settekande bilanssi arvestades lähemal kui 100...150 aastat, mil tänased uputatud taevaskojad on päästmatult kadunud.

Kokkuvõte

Paisud on jätkuvalt üheks suuremaks jõelisi elupaiku ja vooluvete elurikkust negatiivselt mõjutavaks probleemiks kogu maailmas. Neile leevendusmeetmete loomisel on väljatöötatud erinevaid kalapääse ja viimastel aastatel üks täiesti uus kalapääsu liik – kruvikalapääs või -tõstuk. Nn Arhimedese kruvi abil vee ja isegi kalade tõstmine pole uus nähtus, kuid sellises otstarbes, paisude ületamises, on seda rakendatud alles viimasel viiel-kuuel aastal. Selle aja vältel on välja töötatud üha paremini funktsioneerivaid kruvikalatõstukeid. Seadme täiustamisel on tänaseks üheks parimaks lahenduseks tõusnud Rehart/Strasseri süsteem. Sellekohaselt rajatud Pilsingi hüdroosõlmes Austrias Urli jõel on läbi viidud rida katseid, mis näitavad kruvitõstuki väga tõhusat toimimist.

Kruvipääsude eelduslik maksimaalne tõstekõrgus võib olla kuni 8...10 m. Pääsutoru tuleb konstrueerida läbimõõdus, mis vastab paikkonna suurimatele rändajatele. Kruvitõstukiga kalade ülavette viimine toimub kalade jõuvarusid maksimaalselt säästes ja teadaolevalt vigastamatult. Katsed on näidanud, et kruvi abil pääsevad ülavette ühtviisi nii hea kui kehva ujumisvõimega liigid, samuti jõevähid ja põhjaselgrootud. Võtmetegur kruvipääsu toimima saamisel on peibutusvoolu oskuslik kasutamine ja kalade meelitamine selle abil kruviturbiini juurde.

Kruvipääsu enda kaudu puudub kaladel allavoolu rände võimalus. Seetõttu tuleb see lahendada eraldi allapääsu näol, mis võib toimuda ka läbi HEJ käitamiseks kasutatava kruviturbiini. Viimasel juhul tuleb kruvitubiinide projekteerimisel ja rajamisel järgida vigastuste vältimiseks mõningaid nõudeid, mille korral saavad kalad paisust alla vigastamatult.

Arvestades Austria kogemusi, on Eesti oludes konkreetseks kohta täpselt planeeritud kruvipääs tõenäoliselt efektiivne viis kalade rände võimaldamiseks. Suure tõenäosusega aitaks see ka Ahja jõe kõigil kalaliikidel ületada rändel Saesaare paisu. Saesaare paisu puhul jääb aga endiselt osaliseks rändetõkkeks ja oluliseks Ahja jõe biotoobilise vaesumise põhjustajaks paisu taga olev veehoidla. Seetõttu oleks toimiv (kruvi)kalapääs siin vaid poolik lahendus.

Kasutatud allikad

Absolute weltneuheit: Erster Fisch-Lift von Hydroconnect in Niederösterreich eröffnet. Momag – Mostviertel magazin, 25.09.2015. [<http://www.momag.at/absolute-weltneuheit-erster-fisch-lift-von-hydroconnect-in-niederoesterreich-eroeffnet/>, 19.10.2017]

Ebel, Guntram. Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen, Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie, 484 seiten, ausgabe 2013.

Euroopa kalad. Peter J. Miller ja Michael J. Loates, tõlkinud Tiit Raid. Eesti Entsüklopeediakirjastuse AS, 288 lk, 2006

Jürgenstein, Tauno. Ahja jõel Saesaare paisule kalapääsude rajamisest. Ekspert hinnang, 39 lk, 2013.

Mitterlehner, C. & Pfligl, K. Herstellung der Durchgängigkeit mit einer Fischaufstiegschnecke, System REHART/Strasser. Ergebnisse des Monitorings im Rahmen eines Pilotversuches an der Url, NÖ. Österreichs Fischerei, 69. Jahrgang, Seite 131-150, Mai/Juni 2016.

Pavlov, D., S. ja Mikheev, V., N. Downstream migration and mechanisms of dispersal of young fish in rivers, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 74: 1312–1323, 2017.

Tambets, M., Kärgerberg, E., Järvekül, R. Saesaare paisu ja paisjärve mõju Ahja jõe kalastikule, 32 lk, 2015.

Tuvikene, A., Kisand, A., Feldmann, T., Timm, H., Karus, K., Tuvikene, L. ja Zingel, P. Saesaare paisjärve ökoloogilise seisundi hindamine - Saesaare Elektri jaama kinnistute ja nende lähiala detailplaneeringu (DP) keskkonnamõju strateegilise hindamise (KSH) raames. Eesti Maaülikooli Limnoloogiakeskus, 34 lk, 2017.