

**Raasakan vanhan uoman pohjapadot lohen elinympäristönä?
Vaihtoehtotarkastelu patojen mahdolliselle purkamiselle ja
uoman entisöinnille**



Uiskarin pohjapato (MML Paikkatietoikkuna)

1. YLEISTÄ

Iijoki on Suomen kuudenneksi suurin vesistöalue, joka luonnontilassaan on vuosittain tuottanut keskimäärin miljoona lohien vaelluspoikasta. Nykyään Iijoen vesistössä on yhteensä 11 voimalaitosta, joista alin eli Raasakan voimalaitos sijaitsee Iin kunnassa 7 kilometriä jokisuulta ylöspäin. Voimataloudesta huolimatta joella on edelleen merkittävä vaelluskalojen tuotantopotentiaali ja se kuuluu kansallisen kalatiestrategian kärkikohteisiin.

Yhtenä mahdollisena kompensationsa joen voimatuotannolle ja erityisesti Kollajan allashankkeelle on esitetty Raasakan voimalaitoskanavan sivuun jääneen vanhan uoman entisöintiä ja kunnostusta lohien lisääntymis- ja poikastuotantoalueeksi (Orell ym. 2016). Mikäli uomaan johdettaisiin 20 m³/s virtaama ja uoma kunnostettaisiin luonnonmukaisen kaltaiseksi, se voisi parhaimmillaan tuottaa yli 20 000 lohien vaelluspoikasta. Poikastuotanto voisi olla jopa 23 % koko rakennetun Iijoen vesistön smoltituotantopotentiaalista, kun otetaan huomioon voimalaitoksilla ja patoaltaissa tapahtuvan kuolevuuden puuttuminen (Orell ym. 2016).

Raasakan vanhan uoman vesimaisemaa pidetään yllä seitsemällä järeällä pohjapadolla, joiden kiiviaines on pääosin peräisin vanhasta jokiuomasta. Uoman rantojen asutus on kymmenien vuosien aikana sopeutunut vallitseviin olosuhteisiin mm. rakentamisen sijoittumisen suhteen. Patojen purku ja uoman entisöinti - luonnontilaa merkittävästi vähemmällä virtaamalla - ei siis välttämättä saisi laajaa kannatusta. Työn kustannukset olisivat myös huomattavat.

Tässä raportissa tarkastellaan vaihtoehtoa, jossa virtaamaa vanhaan uomaan lisättäisiin kuten entisöintivaihtoehtossakin, mutta padot säilytettäisiin ja tärkeimmät lohien elinympäristöt muokattaisiin niihin. Pohjapatojen väliin jäävien alueiden potentiaalia ei ole tarkasteltu. Hyvin todennäköisesti allasmaisissa väleissä erityisesti virtausnopeus jää kauttaaltaan liian alhaiseksi kudun tai poikastuotannon onnistumiselle. Alueiden nykyprofiileista ja poikkileikkauksista ei kuitenkaan tässä yhteydessä ollut käytettävissä sopivaa dataa ja lähempi tarkastelu vaatisi erillisen syvyyskartoituksen ja edelleen, mikäli viitteitä sopivien virtausnopeuksien esiintymiselle löytyisi, pohjan laadun selvityksen ja habitaattimallinnuksen. Laskelmat on tehty vain lohelle, joka olisi Iijoen alaosan potentiaalisin hyödyntäjä. Näin tarkastelu on yhteneväinen Orellin ym (2016) entisöintivaihtoehtoon kanssa. Lisäksi tarkastellaan karkeasti molempien vaihtoehtojen suhteellisia kustannuksia ja luvan tarvetta.

Työ liittyy Iijoen otva -hankkeeseen ja sen on tilannut Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskus. Työn aikana padoille tehtiin maastotarkistukset 27.6.2016, jolloin uomaan oli järjestetty 20 m³/s virtaama, sekä 13.7.2016, jolloin uomassa mitattiin noin 3 m³/s virtaama. Virtaamalla 20 m³/s tehdystä maastokatselmuksesta on erillinen raportti. Selvityksen laatimiseen ovat osallistuneet kalabiologi Arto Hautala, dipl.ins. Timo Pohjamo ja dipl.ins Hannu Alatalo.

2. RAASAKAN VOIMALAITOS JA VANHA UOMA

Raasakan voimalaitos on valmistunut 1970 ja sen kolmas koneisto 1997. Voimalaitoksen rakennusvirtaama on $387 \text{ m}^3/\text{s}$, putouskorkeus 21 m ja teho 64 MW. Voimalaitoksen yläpuolelle sijoittuu lisäksi Raasakan säännöstelypadon yhteydessä oleva Pajarinkosken voimalaitos, joka on valmistunut 1988. Laitoksen rakennusvirtaama on $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, putouskorkeus noin 8,3 m ja teho noin 200 kW. Voimalaitokset omistaa PVO-Vesivoima Oy.

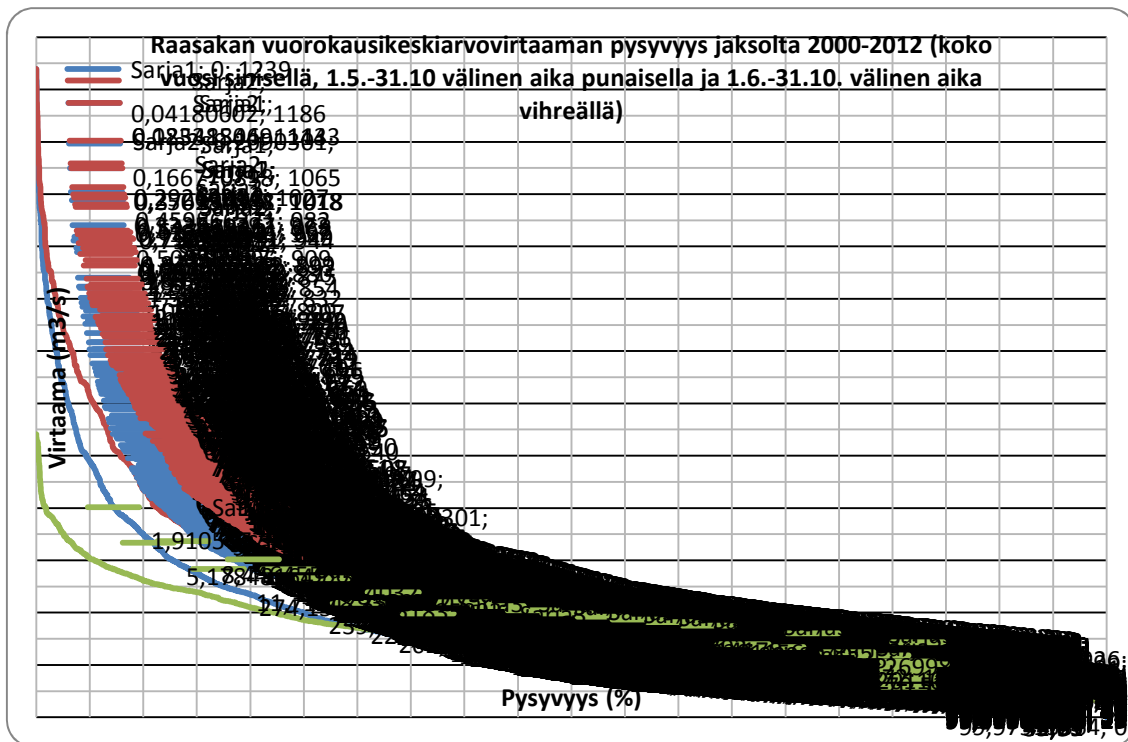
Raasakan voimalaitos on rakennettu sivuun vanhasta jokiuomasta siten, että vanhaa uomaa on sen alaosan eli Illinsaaren molemmat haarat mukaan lukien jäänyt vähävetiseksi yhteensä 9,6 kilometriä (kuva 1). Vanhaan uomaan johdetaan säännöstelypadolta aina vähintään $1 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaama. Kesäisin virtaaman viikkokeskiarvon tulee olla $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ja vuorokausikeskiarvon vähintään $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$.



Kuva 1. Raasakan voimalaitoskanavoinnin alue sekä vanha uoma ja sen seitsemän pohjapatoa.

Vanhan uoman oma valuma-alue on lisäksi noin 10 km^2 , jolloin kokonaisvirtaama alaosassa lisääntyy edellä mainituista noin $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vanhaa uomaa käytetään myös Raasakan voimalaitoksen ohijuoksutuksiin. Vuosien 2000-2012 jaksolla on ohijuoksutusta 1.5.–31.10. välisenä aikana virtaaman pysyvyyskäyrä ja Raasakan rakennusvirtaama $387 \text{ m}^3/\text{s}$ huomioiden noin 13 % ajasta eli noin 24 vrk. Kun tarkastellaan 1.6.–31.10. välistä aikaa, ohijuoksutusta on noin 1,2 % ajasta eli noin 2 vrk. Ohijuoksutusten maksimivirtaama on tarkasteluaikana ollut noin $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ (kuva 2). Mikäli Raasakan voimalaitos jouduttaisiin kovan tulvan aikana sulkemaan, voisi vanhan uoman virtaama teoriassa nousta maksimissaan noin $1500 \text{ m}^3/\text{s}$:iin



Kuva 2. Raasakan vuorokausikeskiarvovirtaaman pysyvyys jaksolta 2000–2012. Käyrät kuvaavat yhdistettyä Raasakan voimalaitoksen ja ohijuoksutuspädon virtaamaa. Vanhaan uomaan ylivirtaamatilanteissa juoksutettu virtaama saadaan vähentämällä maksimiluvuista voimalaitoksen rakennusvirtaama 387 m³/s.

2.1 Vanhan uoman pohjapadot

Vanhassa uomassa vesipintaa pidetään lähellä alkuperäistä vedenpinnan tasoa luonnonkivirakenteisilla pohjapadoilla, joiden yläosissa on betoniseinätiiviste. Yläosan pääuomassa on neljä pohjapatoa ja alaosalla Illinsaaren pohjoispuoleisessa Uiskarinhaarassa yksi pohjapato ja eteläpuoleisessa Illinhaarassa kaksi pohjapatoa (taulukko 1). Uiskarin pohjapadon harja on 10 cm Illinhaaran patoa ylempänä, jolloin normaalijuoksutuksella vesi ohjautuu vain Illinhaaraan, missä sitä hyödynnetään mm. uoman alapäässä olevassa Puodinkosken yksityisessä pienvoimalaitoksessa (putouskorkeus noin 2,3 m).

Pohjapadot ovat kokonaisuudessaan varsin massiivisia ja niiden yhteispinta-ala on noin 15 ha (taulukko 1). Pääosa patojen pinta-alasta on lyhyitä ohijuoksutustilanteita lukuun ottamatta kuivana (kuva 3) ja mm. patojen pensoittumista tulee estää säännöllisin raivauksin. Toisaalta Raasakan ohijuoksutuksissa vanhan uoman virtaama voi nopeasti nousta lähelle 1500 m³/s. Padoissa käytetystä järeästä kivimateriaalista huolimatta niiden ja kalaväylien rakenteita on jouduttu ajoittain korjaamaan ohijuoksutusten jäljiltä.

Päähaaran neljässä ylimmässä padossa on otettu kalan kulku ja vesimaisema huomioon keskittämällä virtaamaa rantojen läheisiin väyliin (kuva 3). Illinsaaren eteläisen haaran alaosassa (Iin siltojen alla) olevassa Puodinkosken pohjapadossa on vuonna 1996 toteutettu luonnonmukainen kalatie, mutta sen ylläpito on loppunut. Pohjoishaarassa olevaan Uiskarinkosken pohjapatoon on rakennettu vuonna 1992 luonnonmukainen kalatie, jota on täydennetty 2015 rakentamalla padon betonitiivisteseinään toinen virtausukko. Niiden kautta virtaama on yhteensä noin 3,5...4 m³/s kalatien ollessa

auki. Uiskarinkosken kalatie on kuitenkin pääosin suljettuna, koska kaloilla ei ole nousumahdollisuutta yläpuolella olevassa Raasakan säännöstelypadossa ja vedestä on maksettava korvaus PVO-Vesivoima Oy:lle.

Taulukko 1. Tarkasteltavat vanhan uoman pohjapadot. Patojen sijainti on esitetty kuvassa 1.

		Pohjapadon				ylä	ala	putous	
Pohjapato		pinta-ala		harjan	luiskan	korkeus	korkeus	korkeus	kaltevuus
No	Nimi	m2	ha	pituus m	pituus m	NN m	NN m	m	%
1	Raasakkakoski	14500	1,5	260	95	12,5	10	2,5	2,6
2	Raasakkalampi	35000	3,5	460	60	10	8,4	1,6	2,7
3	Palukankoski	14500	1,5	150	80	8,4	6,5	1,9	2,4
4	Merikoski	14200	1,4	140	95	6,5	5	1,5	1,6
5	Uiskarinhaara	26400	2,6	150	190	5,1	-0,1	5,2	2,7
6	Illinhaara	35000	3,5	115	350	5,00	2,7	2,3	0,7
7	Puohinkoski	12200	1,2	90	125	2,7	-0,2	2,9	2,3
yhteensä		151800	15,2		995				



Kuva 3. Ilmakuvaesimerkit Raasakan vanhan haaran pohjapadoista. Ylemmässä kuvassa on Merikosken pohjapato (4), jossa näkyvät rannoille tehtyt vesiväylät. Alemmassa kuvassa on Uiskarinhaaran pohjapato(6), jonka yksittäinen kalatieuoma alaneljänneksellä on kuivana veden ohjautuessa normaalisti Illinhaaraan. Kuvat on tulostettu Paikkatietoikkunasta 25.6.2016.

3. TARKASTELTAVAT ASIAT PERUSTEINEEN

Tässä tarkastelussa pyrittiin löytämään vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

1. Kuinka suuret koskipinta-alat padoille on mahdollista rakentaa eri virtaamilla ja mahdollisilla patojen muokkaamisilla?
2. Kuinka suuri on kyseisen pinta-alan poikastuotantopotentiaali, millaisesta elinympäristöstä on kyse?
3. Saadaanko rakennettua riittävä määrä hyvälaatuisia ja pysyviä kutusoraikoita?
4. Mitkä olisivat karkeat kustannukset?
5. Mitkä olisivat oikeudelliset edellytykset, muuttuisiko esimerkiksi patojen ylläpitämä vesipeilien taso?
6. Lisävesityksen johtaminen säännöstelypadolta voimalaitoksen kautta.

3.1 Virtaamat

Tarkastelu tehtiin kolmelle eri virtaamalle 5, 10 ja 20 m³/s kuten luonnonuomavaihtoehtossakin (Orell ym 2016). Lisäksi taulukoitiin nykyisen vallitsevan juoksutuksen mahdollistama poikastuotanto.

3.2 Virtaaman suhde koskiuomien leveyteen ja pinta-alaan

Vanhan uoman (Iijoen) keskivirtaama on ollut ennen voimatalousrakentamista noin 170 m³/s. Onkin selvää, etteivät tarkasteltavat virtaamat riitä 90-460 m leveiden pohjapatojen koko pinta-alan vesittämiseen lohikaloille sopivaksi elinympäristöksi. Virtaama on ohjattava yhteen tai useampaan selkeään uomaan, joiden leveys sidotaan tarkasteltavaan virtaamaan. Luonnollisten jokien keskivirtaaman ja vesittyvän leveyden välillä on korkea korrelaatio ja tämä riippuvuussuhde on kutakuinkin sama kaikissa vähintään kohtuullisesti virtaavissa uoman osissa (Leopold and Maddock 1953, Tennant 1975, Caissie 2006). Tässä tarkastelussa keskimääräinen tavoiteltava uomaleveys määritettiin Caissien (2006) esittämällä kaavalla:

$$(1) W_{MAF} = 9.7 \sqrt{Q_{MAF}}$$

jossa W on uoman vesittyvä leveys (m)

Q=virtaama

MAF on "mean annual flow" eli keskivirtaama MQ

Kaavan selittävyys Caissien aineistossa oli hyvä 0,93 (R²) ja sen soveltuvuus tarkistettiin mittamalla koskien poikkileikkauksia Perhonjoen Ala-Vetelin (MQ 20 m³/s) ja Lestijoen Kannuksen (MQ 10 m³/s) alueen ilmakuvista. Myös näiden mittausten perusteella kaava antaa varsin täsmällisen keskiarvon havaittavalle luonnonuoman leveydelle. Maastokäynnin 13.7.2016 havaintojen perusteella patoihin rakennetut nykyiset vesiväylät soveltuvat varsin hyvin poikastuotantoalueiksi noin 3 m³/s virtaamalla ja myös niiden virtaaman ja leveyden suhde oli keskimäärin kaavan (1) mukainen keskisyvyyden ollessa poikkileikkauksissa noin 0,3..0,5 m. Periaatteessa vesisyvyyttä olisi mahdollista madaltaa ja uomaa levittää merkittävästikin, mutta varttuneemmat lohen poikaset vaativat kohtuullista vesisyvyyttä ja väylien on mahdollistettava myös emokalojen nousu.

Useimmissa vanhan uoman padoista normaalijuoksutuksen virtaama on nykyisin ohjattu kahteen rantojen läheiseen väylään (kuva 3). Tarkastelu on tehty kahden tai kolmen väylän tilanteille eli mahdollisen rakentamisen yhteydessä nykyisiä väyliä levennettäisiin ja lisäksi keskemmälle patoa rakennettaisiin mahdollisesti yksi lisäväylä. Luonnonuomat pyrkivät keskivirtaaman kasvaessa myös syvenemään eikä leveys siten kasva suorassa suhteessa virtaamaan. Esimerkiksi uoman haa-

roittuessa kahdeksi, on haarojen yhteisleveys tyypillisesti selvästi suurempi kuin yläpuolisen yksittäisuoman leveys (esimerkkinä vaikkapa Illinsaaren haarat). Näin ollen virtaaman ohjaaminen useampaan uomaan lisää koskipinta-alaa. Koska lohi tyypillisesti asuttaa melko laajoja ja avonaisia uomia suhteessa vaikkapa taimeneen, ei kolmea useamman uoman vaihtoehtoja kuitenkaan katsottu aiheellisiksi. Yhden väylän tilannetta taas ei tarkasteltu, koska alueen ranta-asukkailla on ilmeinen halu säilyttää molemmat rantaväylät.

Mahdolliset rakennettavat uomat voivat luonnonkoskien tapaan polveilla varsin laajastikin keskileveyden molemmin puolin. Muodostuva koskipinta-ala on kuitenkin laskettu suoraan kaavan (1) antaman keskileveyden ja patoluiskan pituuden tulona.

Tarkasteluun on otettu mukaan sekä Illinhaaran että Uiskarinhaaran padot. Periaatteessa ainakin 10 ja 20 m³/s virtaamilla on mahdollista vesittää molemmat haarat, mutta luonnollisesti patokohtainen vesittyvä pinta-ala tällöin hieman alentuu mutta ei kuitenkaan puolitu. Vesimäärien jakautuminen näillä padoilla on otettu laskelmissa huomioon.

3.3 Koskipinta-alan sopivuus poikastuotantoon

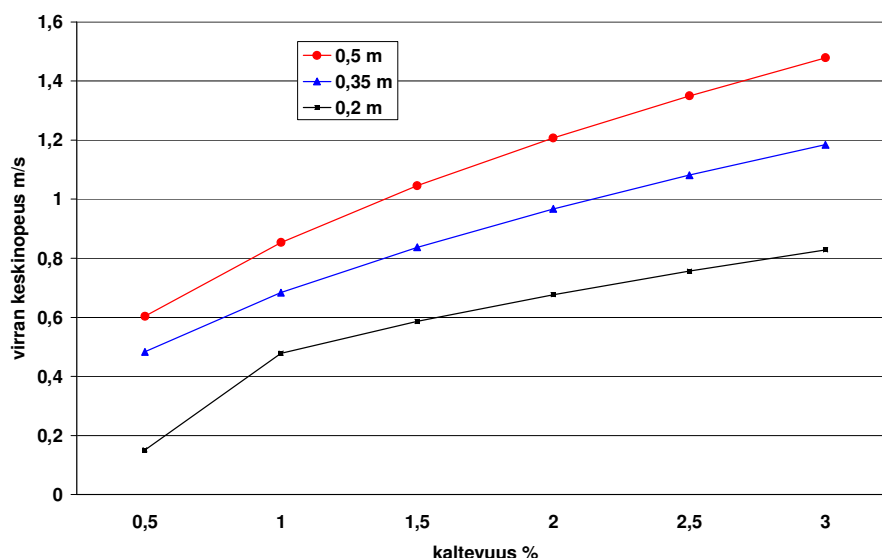
Orell ym (2016) määrittelivät uoman entisöintivaihtoehdon simuloinnissa poikastuotantopinta-alaksi alueet, joissa virrannopeus on >0,1 m/s. Lohen poikastuotantokapasiteetti saatiin kertomalla tämä pinta-ala lohimallin mukaisella 460 smoltin hehtaarituoilla. Tulos on karkea arvio, koska mallinnuksessa käytettyä vanhan uoman profiilia ei ole enää luonnossa olemassa eikä simulointiin siten voitu liittää havaintoja pohjan laadusta tai mittauksiin perustuvaa kalibrointia (Orell ym 2016).

Pohjapadoissa käytetty kivi on peräisin jokiuomasta ja sen karkeusskaala n. Ø 10-150 cm on poikastuotantoalueen rakennusmateriaaliksi hyvä. Kivi tarjoaa huokostilaa ja joidenkin väyläosuuksien sammaloitumisen perusteella olosuhteet ovat äärevistä ohijuoksutustilanteista huolimatta kohtuullisen vakaita.

Pohjamateriaalin ohella lohen poikasten elinympäristön soveltuvuuteen vaikuttavat syvyys ja virtausnopeus, joille sopivien arvojen katsotaan yleisesti olevan väleillä 0,1-1,0 m ja 0,1-0,8 m³/s. Manningin virtausyhtälön mukaan optimaalinen ympäristö näiden molempien suhteen voidaan saavuttaa vain jos kaltevuus ei ole merkittävästi suurempi kuin 1 % (kuva 4). Tässä mielessä suurin osa pohjapadoista on selvästi liian jyrkkiä (taulukko 1). Kosket, joissa pohjakivikko sisältää runsaasti myös pinnan yläpuolelle ulottuvia lohkareita, vesisyvyys on selvästi alle metrin ja keskisyvyys vaihtuu jokaisessa poikkileikkauksessa, ovat kuitenkin vaikeasti mallinnettavissa virtausyhtälöillä (Fisher ja Dawson 2003). Maastokäyntien perusteella voitiin todeta, että kaltevuudeltaan n. 2,5 % olevien pohjapatojen vesiväylissä vallitsi hyvin monimuotoiset olosuhteet, joissa syvyys ja virrannopeus pinnassa vaihtelivat laajasti 0...1 m ja 0...1,2 m³/s välillä ja joiden kovastakin keskiosien virtaamasta löytyi suojaisia kosteita (kuva 5). Lisäksi uomien olosuhteita on mahdollista säätää rakentamalla väyliin kynnystyksiä, jolloin jyrkähköstä keskikaltevuudesta huolimatta pääosalla pinta-alaa syvyys ja nopeus saadaan laskennallisestikin sopivaksi. Esimerkiksi käyttämällä Palukankoskella viittä 20 cm:n kynnystä, saadaan virran keskinopeus kynnysväleissä jo laskennallisestikin lohelle sopivaksi <0,8 m/s ja edelleen 30 cm kynnysillä noin 0,5 m/s tasolle eli varsin optimaalisiin lukemiin. Nykyisissäkin vesiväylissä on havaittavissa joko rakennettua tai väylään syntyntä kynnysteisyttä (kuva 5). Varovaisuusperiaate ja uomien nykyinenkin juokсутusten aiheuttama kulumisen huomioden tässä arviossa päädyttiin kuitenkin laskemaan nykypadoille kaltevuuden haitat huomioiva smoltituotannon potentiaali seuraavasti:

padon kaltevuus %	vähennys optimista (460 smoltia/ha) %	toteutuva tuotto smoltia /ha
>2	30	320
1,5-2	15	390
<1,5	0	460

Lisäksi laskettiin vaihtoehto, jossa jyrkimmät yli 2 % kaltevuuden padot loivennetaan korkeintaan 1,5 % viettäviksi. Tämä lisää toteutuvaa koskipinta-alaa ja koko pinta-alalle voitiin laskea täysimääräinen poikastuotanto. Suurempaa loivennusta ei katsottu aiheelliseksi tarkastella, koska tällöin järkevämmäksi vaihtoehdoksi muodostunee uoman entisöinti.



Kuva 4. Manningin virtausyhtälöllä toteutuva virran nopeus suhteessa uoman kaltevuuteen (0,5-3 %) ja veden keskisyvyyteen (0,2, 0,35 ja 0,5 m). Karkeuskertoimenä on käytetty arvoa 0,07. Virtausyhtälön kaava on $\bar{u} = (R^{2/3} \times S^{1/2}) \div n$, missä: $\bar{u}$ = virran keskinopeus; R =hydraulinen säde; S =kaltevuus ja n =pohjan karkeuskerroin



Kuva 5. Palukankosken vesiväylät 13.7.2013 noin 3 m³/s yhteisvirtaamalla. Kosken keskikaltevuus on 2,4 %. Väylät ovat silmämääräisesti sopivia lohien poikastuotantoon, vaikka Manningin virtaamayhtälö antaakin näillä kaltevuuksilla ja keskisyvyyksillä virran keskinopeudeksi noin 1 m/s.

4. SMOLTTITUOTANNON POTENTIAALI

Nykyisille padoille voidaan käytettävien uomien lukumäärästä riippuen luoda 5, 10 ja 20 m³/s virtaamalla vastaavasti noin 3-3.7, 4.3-5.3 ja 6.1-7.5 hehtaarin vesittyvät koskipinta-alat (taulukko 2). Pinta-alat ovat noin 22, 18 ja 14 % Orellin ym (2016) entisöintivaihtoehdossa arvioiduista 17, 30 ja 52 hehtaarista. Mikäli jyrkimmät padot loivennetaan enintään 1,5 % kaltevuuteen, kasvaa yhteispinta-ala vastaavasti noin 1-1,5 ha virtaamasta riippuen.

Smolttituotannon potentiaali 5, 10 ja 20 m³/s virtaamalla nykyisillä pohjapadoilla on vastaavasti 1200-1500, 1700-2100 ja 2400-2900 smoltia (taulukko 2), mikä on 12-19 % Orellin ym. (2016) esittämistä entisöintivaihtoehdon luvuista. Patojen loivennuksilla saataisiin tuotantoon noin 1000-1500 kappaleen lisäys jolloin määrä on 19-29 % Orellin ym. esittämistä. Mikäli loivennus tehdään vain padon alaosaan korottamalla, on lisäys vähäinen suhteessa loivennusten vaatimiin suuriin (muualta tuotaviin) lisämassoihin ja vaihtoehto lieneekin lähinnä teoreettinen. Karkeasti arvioiden lisämassoja tarvittaisiin viiteen patoon yhteensä 50 000 m³. Toinen vaihtoehto olisi laskea patojen harjakorkeutta ja käyttää leikattava materiaali vastaavasti alaosan täyttöön. Vähintään 1,5 % loivuuteen pääseminen tarkoittaisi tällöin esimerkiksi kolmella ylimmällä padolla karkeasti noin 0,4...0,6 m padotuskorkeuden laskua.

Pelkästään uomien kohdalla tehtävä harjakorkeuden lasku ei tule kysymykseen, koska tällöin syvistä uomista tulisi kaloille erittäin vaikeita elinympäristöjä ohijuoksutustilanteiden suurissa virtaamisissa ja todennäköisyys kalojen siirtymiseen välisuvanteisiin ja lisäkuolevuuteen kasvaisi. Vastaavasti vain uomien kohdalla tehtävä alaosan pohjan nosto olisi sekä toimivuudeltaan että kestävyydeltäänkin kyseenalaista.

Taulukko 2. Laskennallinen pohjapatojen smolttituotannon määrä kahden ja kolmen uoman vaihtoehdoilla ja eri virtaamilla sekä nykykaltevuuksilla ja loivennettuna max 1.5 % kaltevuuteen.

	koskiuomien yhteis-		nykykaltevuus		loivennettu kaltevuus	
	-virtaama m ³ /s	-leveys m	koskipinta-ala ha	smolttituotanto kpl	koskipinta-ala ha	smolttituotanto kpl
kaksi uomaa	3,5	26	2,4	931	3,1	1430
	5	31	3,1	1203	4,0	1850
	10	43	4,3	1701	5,7	2610
	20	61	6,1	2405	8,0	3700
kolme uomaa	3,5	31	3,1	1232	4,1	1890
	5	38	3,7	1474	4,9	2270
	10	53	5,3	2082	7,0	3200
	20	75	7,5	2946	9,8	4530

5. RIITTÄVIEN KUTUSORAIKOIDEN RAKENTAMIS- MAHDOLLISUUS

Seuraavat laskelmat tehdään taulukon 2 pyöristetyn maksimin eli 10 hehtaarin ja 4600 smoltin pohjalta. Pohjois-Suomen jokien tarkennetun lohimallin (Orell ym. 2016) mukaan tähän tuot-
toon/hehtaarimäärään vaadittava kutuparien määrä voidaan laskea seuraavilla lähtötiedoilla ja las-
kelmilla:

Kutevien naaraiden:			
ikä (merivuotta)	1	2	3
osuus nousijoista	0,09	0,46	0,44
keskikoko kg	1,5	6	11
	↓		
Naaraan:			
keskipaino	7,7 kg		
mätituotto per paino	1395 kpl/kg		
naaraan keskituotto mätia	10790 kpl		
kuolevuus mätijyvistä smoltiksi	98,7 %		
yksi kutupari tuottaa smoltteja	140 kpl		
koskihehtaari smoltituotto potentiaali	460 kpl		
yhdelle hehtaarille tarvitaan kutupareja	3-4 kpl		
toteutuva koskipinta-ala	10 ha		
toteutuva smolttimäärä	4600 kpl		
tarvittava kutuparien määrä	33 kpl		
kutuparien määrä per patouoma	2-3 kpl		

Jokaiseen koskiuomaan olisi siis rakennettava vähintään kaksi tai kolme toimivaa erillistä ku-
tusoraikkaa, mielellään tietysti enemmänkin.

Patokoskiin muodostunee pienialaisia sisäisiä soraikkoja ($\pm 1 \text{ m}^2$) luontaisesti sopiviin kohtiin. Näitä laajempien sorakoiden pysyvyys 1-3 % kaltevuuden patokoskissa on epätodennäköistä suurimmilla juoksutuksilla, joilla virran nopeus nousee merkittävästi suuremmaksi kuin Ø 10-100 mm soran eroosionopeus 1-1,2 m/s (kuva 6). Kriittisin huuhtoutumisvaara on juoksutuksen alkuvaiheessa, jolloin vesipintojen erot padoilla ovat vielä merkittävät. Juoksutuksen voimistamista voitaisiin teo-
riassa vaiheistaa pitkällekin aikajaksolle, jolloin virran huippunopeuksia saataisiin laskettua. Käy-
tännössä kuitenkin ohijuoksutuksen on oltava nopeaa esimerkiksi jos Raasakan voimala on suljetta-
va tulvan nousun aikana.

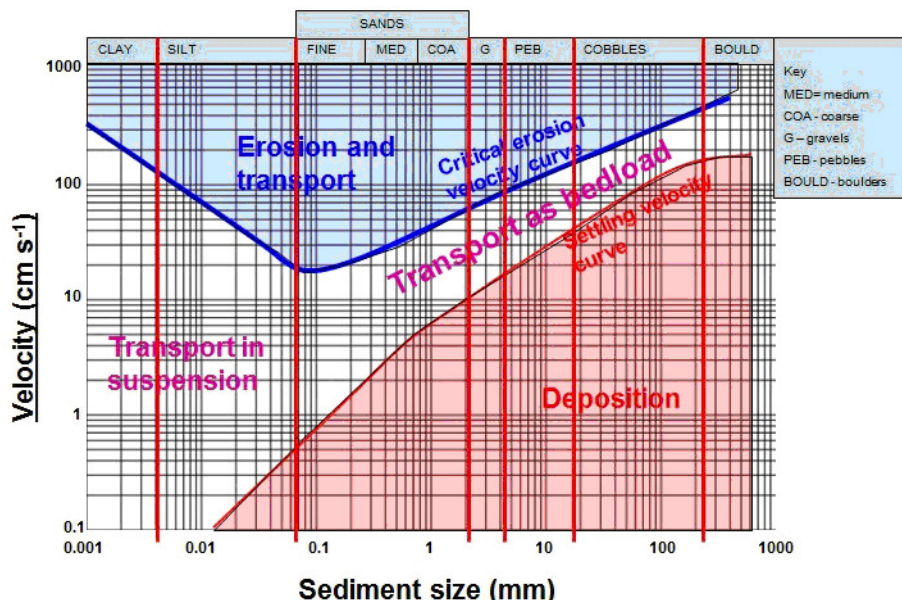
Pysyviä soraikkoja voitaneen kuitenkin sijoittaa ainakin Illinhaaran kynnyksiin sekä kaikkien pato-
kynnysten yläpuolelle. Patouomien edustoille voidaan rakentaa "nivoja", joiden virtaaman nopeus ja
syvyys säädetään kutuun sopivaksi nivan leveyden ja alueen sisältämien poikaskivisärkkien mitoi-
tuksella sekä estämällä reunoilta tapahtuva ohivirtaus (kuva 7). Mikäli kullekin kutuparille varataan
reviiriksi vähintään 40 m^2 (Keeley ja Slaney 1996), johon sisältyy myös $10-20 \text{ m}^2$ soraikko, on ni-
van minimi pinta-ala kolmelle kutuparille noin 120 m^2 . Alue on kuitenkin syytä rakentaa monimuo-
toiseksi, jolloin kalat voivat valita sorakoista ja/tai kutupareja voi olla enemmänkin. Tällöin sopiva
nivan koko voisi olla $200-300 \text{ m}^2$. Osalla nykyomien edustoista tällainen alue löytyy jo valmiina
ilman täyttöjä, mutta pääosalla padoista keskimääräinen täyttötarve lienee noin $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ eli yh-
teensä noin 150 m^3 soraa d 10-100 mm tai pohjakiveä d 100-200 mm. Pohjamateriaalin lisäksi tarvi-
taan noin 50 m^3 poikaskiveä d 200-500 mm särkkämateriaaliksi.

Soran eroosiolle kriittisiä virrannopeuksia em. nivoissa tarkasteltiin Hec-Ras- virtausmallilla. Taulukon 2 mukaan virtaamalla $20 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaama uomiin on noin $0,3 \text{ m}^3/\text{jm}$. Virtausnopeuden tulee olla $>0,1 \text{ m/s}$. Virtausnopeus tiivisteseinän kohdalla on tällöin 1 m/s ja seinästä 20 m ylöspäin $0,8 \text{ m/s}$, jos pohja on tiivisteseinän tasolla ja vaakasuora (ja alueella ei ole poikaskivisärkkiä). Suuren tulvan nousuvaiheessa virtausnopeus ei saa ylittää arvoa $1,2 \text{ m/s}$. Virtaamalla $600 \text{ m}^3/\text{s}$ vastaavat virtausnopeudet ovat $2,7 \text{ m/s}$ ja 2 m/s eli kutusora huuhtoutuu pois. Virtaamalla $150 \text{ m}^3/\text{s}$ kutusora vielä pysyy vaakasuoralla pinnalla.

Jos tiivisteseinän ylävirran puoli luiskataan 10 m matkalla $0,5 \text{ m}$ harjaa alemmaksi ja kutusoraikko rakennetaan siitä vaakasuoraan ylävirtaan, virtaamalla $20 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeus on $0,4 \text{ m/s}$ ja virtaamalla $600 \text{ m}^3/\text{s}$ $1,7 \text{ m/s}$. Virtaamalla $330 \text{ m}^3/\text{s}$ kutusora vielä pysyy vaakasuoralla pinnalla. Tällöin virtaamalla $20 \text{ m}^3/\text{s}$ vesisyvyys kutusoraikolla on $1,0 \text{ m}$, joka on kutusyvyyyden ylärajoilla.

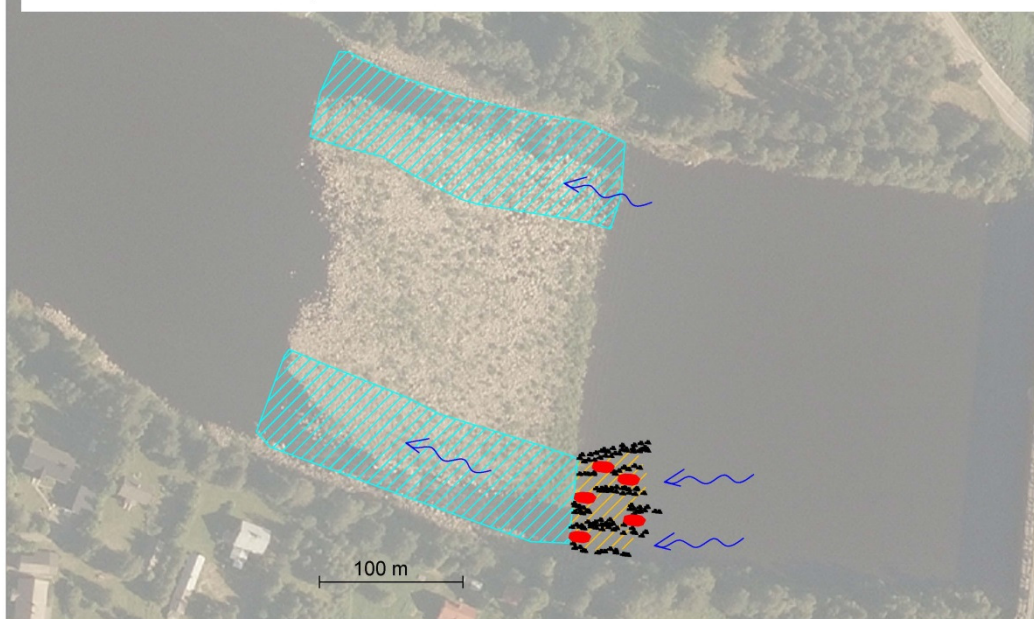
Raasakan alavesi on täydellä koneistovirtaamalla noin $\text{NN}+0,8 \text{ m}$ eikä alaveden vaikutus Uiskarin pohjapadolla suurellakaan tulvalla yllä alaluiskan yläosaan. Myöskään Raasakkalammen pohjapato ei vaikuta Raasakkakosken pohjapadon purkautumiseen suurillakaan tulvilla.

Mallinnuksen perusteella soraikoiden pysyvyys esimerkiksi 20 vuoden tarkasteluvälillä on epävarmaa. Hec-Ras mallin antamat virrannopeudet ovat kuitenkin keskinopeuksia ja uoman reunoilla ja pohjassa virran nopeus on mallin antamaa nopeutta vähäisempi. Maastokäyntien perusteella esimerkiksi Illinhaaran pohjapadon väyläkynnysten yläpuolelta löytyy paikoin hyvälaatuista kutusoraa. On siis todennäköistä, että soran huuhtoutumisvaara nivan pohjan tasolle perustetulla soraikolla on vähäisempi kuin Hec-Ras mallista voisi päätellä. Nivojen kutusorakoiden uusiminen mahdollisten suurtulvien huuhtomisen jäljiltä on myös teknisesti varsin helppo toteuttaa. Lopullisten johtopäätösten teko vaatisi kuitenkin joko koesoraikoiden rakentamisen nykyisten väylien edustalle ja niiden olosuhteiden pidempiaikaisen seuraamisen, tai ohijuoksutusaikaisten virran nopeusjakaumien tutkimisen kynnysten yläpuolella suhteessa Hec-Ras malliin.



Kuva 6. Hjulström-Sandborg käyrät kiviaineen (silikaatin) eroosion, kulkeutumisen ja laskeutumisen kriittisistä virtausnopeuksista eri partikkelikoolle laminaarimaisessa virtauksessa. Kutusoran Ø 10–100 mm eroosion kriittiset arvot ovat noin 1–1,2 m/s virrannopeudessa. Kaaviota voidaan melko soveltaa nivojen ja koskien niskojen yläpuolisiin virtaamiin. Koskien turbulenttivirtauksessa tilanne on monimutkaisempi. Pohjan monimuotoisuus (karkeus; lohkarieet, liekopuut) paikoin edesauttaa ja paikoin heikentää soran säilymistä uomassa (Buffington ja Montgomery 1999).

MERIKOSKEN POHJAPATO, VIRTAAMA 20 m³/s,
KAKSI UOMAA, MOLEMPIEN LEVEYS n. 30 m.



PALUKANKOSKEN POHJAPATO, VIRTAAMA 10 m³/s,
KOLME n. 18 m LEVEÄÄ UOMAA



Kuva 7. Hahmotelmia eri virtaamilla aikaansaataavista koskiuomista sekä niiden edustan nivoista. Nivaesimerkit on piirretty kuviin todellista tarvetta laajemmiksi

6. LISÄVEDEN JOHTAMINEN VOIMALAITOKSEN KAUTTA

Vanhan uoman lisävesittäminen kuluja voidaan leikata rakentamalla säännöstelypadon yhteyteen voimalaitos. Riippuen Pajarinkosken nykyisen voimalaitoksen rakenteiden kunnosta sen rakennusvirtaama voidaan tarvittaessa käyttää uudessa laitoksessa. Jos koko lisävesitysvirtaama $10...20 \text{ m}^3/\text{s}$ menee uuden laitoksen kautta, sen teho on noin $680...1360 \text{ kW}$. Menetys Raasakan voimalaitoksella on $1,14...2,9 \text{ MW}$, kun huomioidaan kesällä vanhan uoman velvoitejuoksutus. Talvella menetys on suurempi.

Jakson 2000-2012 havaintojen mukaan $7,7 \%$ ajasta on ohijuoksutusta ja $7,0 \%$ ajasta ohijuoksutus on yli $20 \text{ m}^3/\text{s}$, jolloin voimalaitoksen ”netto” vuosituotanto on vähintään 772 MWh , jonka arvo sähkön hinnalla $0,05 \text{ e/kWh}$ on $38600 \text{ euroa/vuosi}$.

Uuden pienvesivoimalaitoksen kustannuksia voidaan arvioida karkeasti tehon perusteella. Voimalaitoksen teho on 1360 kW ja tällaisten laitosten kustannukset ovat $2000...3000 \text{ e/kW}$, jolloin kustannusten suuruusluokka on $3...4 \text{ milj. euroa}$.

Virtaamalla $20 \text{ m}^3/\text{s}$ juoksutettava vesimäärä on vuositasolla yli 600 milj.m^3 .

7. VIRTAAAMAN JAKO ILLINHAARAAN JA UISKARIN HAARAAN

Koska nykyisellään Illinhaaran pohjapadon harja on $0,1 \text{ m}$ alempana kuin Uiskarin pohjapadon harja, lisäjuoksutus ohjautuisi pääosin Illinhaaraan.

Koejuoksutustilanteessa 29.6.2016, jolloin virtaama oli $20 \text{ m}^3/\text{s}$, virtaama jakaantui silmämääräisesti varsin tasan molempiin haaroihin. Tämä johtui siitä, ettei Illinhaaran pohjapadon keskiosan yli virrannut vettä ”maatumisen” takia. Tästä huolimatta Illinhaaran vesiväyliin riitti vettä ja ne näyttivät soveltuvan vähäisin toimin poikastuotantoalueiksi. Uiskarin pohjapadon molemmat kalatieaukot olivat auki, jolloin niiden kautta virtasi yli $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Lisäksi vettä virtasi harjan yli lähes koko pituudelta.

Uiskarin pohjapadon luiska on niin jyrkkä, ettei luiskaan voi tehdä kutualueita ja poikastuotantoalueenakin sen toiminta on vaarassa tulvien rajuuden vuoksi.

Kun jatkosuunnittelussa virtaaman jakoa haaroihin mietitään tulee huomioida seuraavat asiat:

- Illinhaaran pohjapadossa on pitkä loiva koski ja runsaasti poikastuotantoaluetta ja Puohinkosken pohjapadossa lähes valmista poikastuotantoaluetta. Illinhaaran lisäjuoksutus parantaa Puohinkosken houkuttelevuutta, sillä esim. $10 \text{ m}^3/\text{s}$ lisävirtaama on kesäaikana lähes puolet ajasta yli 10% kokonaisvirtaamasta.

- Uiskarin pohjapadon luiskan pituudesta ja jyrkkyydestä johtuen sen voisi jättää pelkäksi kalatieksi, johon riittää virtaamaksi $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Tämä virtaama ei kuitenkaan riitä houkuttelemaan nousukaloja alakanavasta vanhaan uomaan. Jos Uiskarin haaraan johdetaan esim. $10 \text{ m}^3/\text{s}$ lisävirtaama on se kesäaikana lähes puolet ajasta yli 10% kokonaisvirtaamasta.

8. KUSTANNUSARVIO

Rakentamiskustannukset muodostuvat nykyisten pohjapatojen muotoiluista, kutusorakoiden ja poikastuotantoalueiden rakentamisesta sekä patokynnysten leikkauksista. Lisäksi tulevat suunnittelukulut ja mahdolliset AVIn luvan hankkimiskulut ja rakennuttamiskulut.

Vanhan uoman ympärivuotisella $20 \text{ m}^3/\text{s}$ juoksutuksella lisäveden arvo vuodessa sähkön hinnalla 0,05 euroa/kWh on 1,3 milj.euroa huomioituna 7 % ajasta ohijuoksutus. Säännöstelypadon yhteyteen mahdollisesti rakennettavan uuden voimalaitoksen vuosituotto on 0,55 milj.euroa, joten vuotuinen lisäjuoksutusveden korvattava arvo on 0,75 milj.euroa, jos säännöstelypadon yhteyteen rakennetaan voimalaitos. Sen vesilain mukainen pääomitettu arvo 1,5-kertaisena on 22,5 milj.euroa.

Muokattavaa pohjapadotopinta-alaa on taulukon 2 mukaan nykyluiskakaltevuuksilla 6...7,5 ha ja loivennetuilla luiskakaltevuuksilla 8...10 ha.

-Patoluiskien muotoilu 6...10 ha x $20 \text{ e}/\text{m}^2$ =	1,2...2 milj.euroa
-Tiivisteseinien leikkaukset ja Raasakkakosken betoniseinän korotus	0,1 milj.euroa
-Kutusorakkojen ja poikastuotantoalueiden rakentaminen	0,3 milj.euroa
-Suunnittelu-, lupa- ja rakennuttamiskulut	<u>0,5 milj.euroa</u>
Yht.	2,1...2,9 milj.euroa+alv

Jos pohjapadot puretaan pois, purettavaa patopinta-alaa on yli 15 ha. Koska kiviaines on pääosin otettu uomasta, niin se myös levitetään sinne. Kustannukset ovat $15 \text{ ha} \times 20 \text{ e}/\text{m}^2 = 3 \text{ milj.euroa}$. Betonisten tiivisteseinien (yhteensä lähes 1,4 km) purku ja hävittäminen $100 \text{ e}/\text{jm} = 1,4 \text{ milj.euroa}$. Kutusorakoiden rakentaminen ja ensimmäisten tulvien jälkien korjailu on arviolta 0,2...0,3 milj.euroa. Suunnittelu-, lupa- ja rakennuttamiskulujen kanssa kokonaiskustannusarvio on suuruusluokkaa 6 milj.euroa+alv.

8. VAIKUTUKSET SÄÄNNÖSTELYPADON KALATIESUUNNITELMIIN

Lisäjuoksutuksen takia vanhan uoman houkuttelevuus paranee, jolloin uomaan nousee nykyistä enemmän kalaa.

Mikäli säännöstelypatoon rakennetaan voimalaitos, kalatien suuaukon sijainti tulee tarkistaa, jotta suuaukko saadaan oikeaan paikkaan.

9. OIKEUDELLISET EDELLYTYKSET

Lisäjuoksutuksen osalta ei tarvita uutta lupaa, koska luvassa mainitut vanhan minimijuoksutukset ovat minimejä.

Jos juoksutus on esim. $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ympäri vuoden, voidaan pohjapatoihin tehtävät lisäaukot mitoittaa siten, ettei suvantojen keskivesi nouse. Vesipeilejä voidaan myös nostaa, jos nosto tapahtuu pääosin tai kokonaan PVO-Vesivoima Oy:n alueella, jos PVO-Vesivoima Oy suostuu hankkeeseen. Nostoon ja patojen muuttamisiin tarvitaan aluehallintoviraston lupa.

Pohjapatojen purkamiset aiheuttavat niin suuret muutokset vedenkorkeuksiin ja maisemaan, että lupakynnys ylittyy.

10. YHTEENVETO

Tarkastelun perusteella pohjapadoissa aikaansaattava smolttituotanto jää useaa kertaluokkaa vähäisemmäksi kuin samalle virtaamalle entisöitävässä uomassa. Patovaihtoehdossa lisäriskinä on myös smolttivaiheen suurempi kuolevuus hitaasti virtaavissa patoväleissä sekä varsin keinotekoinen ja terävä raja kutualueiden ja yläpuolisten hitaasti virtaavien altaiden välillä. Ei ole varmuutta, miten esimerkiksi aikaisin nousevat emokalot sopeutuisivat elämään hitaasti virtaavan altaan ja "nivan" välillä ennen varsinaista kutuaikaa.

Pohjapatojen purkamisvaihtoehto uoman entisöintineen laskee suvantojen vesipintaa ja aiheuttaa vastustusta vanhan uoman varressa. Entisöintivaihtoehdossa kriteerinä ollut virtausnopeus $>0,1$ m/s ei huomio pohjan laatua, joten pinta-alat ovat ehkä todellisuudessa pienempiä.

Pohjapatojen muokkausta poikastuotantoalueiksi ja kutusoraikoiden rakentamista vaikeuttaa patojen jyrkkyys ja Iijoen suuret tulvat. Luonnontilassa vanhan uoman kosket olivat loivempia, jolloin kosket toimivat kutu- ja poikastuotantoalueina. Vaikka kutusoraikat huuhtoutuvat virtausmallilaskennassa suurilla tulvilla pohjapatojen tiivisteseinien yläpuolelta, niitä tavattiin maastokäynnillä eli ne pysyvät teoreettista laskentaa paremmin paikoillaan. Kutusoraikkojen uusiminen/korjaus poikkeuksellisten tulvien jälkeen on teknisesti helppoa eikä ole kustannuksiltaan erityisen kallista, koska pohjapatopaikoille on tieyhteydet olemassa.

Vanhan uoman entisöintikustannukset ovat karkeasti 6 milj.euroa+alv, jolloin poikashabitaattia on enimmillään 52 ha ja smolttituotanto koko vanhassa uomassa on enimmillään 23920 kpl. Pohjapatojen muokkaus ja kutusoraikkojen rakentaminen maksavat karkeasti 2...3 milj.euroa+alv, jolloin poikashabitaattia pohjapadoissa on 6,1...9,8 ha ja vastaavasti smolttituotantoa 2400...4500 kpl. Virtaavien suvantojen smolttituotantoa ei ole arvioitu.

Lisäveden juoksutukseen Raasakan säännöstelypadon yhteyteen kannattaa rakentaa voimalaitos. Sen karkea kustannus on 3...4 milj.euroa+alv.

Oulussa 18.8.2016

Maveplan Oy
Kiilakiventie 1
90250 Oulu



Hannu Alatalo
dipl.ins



Arto Hautala
biologi



Timo Pohjamo
dipl.ins

LIITE:

Raportti ohijuoksutusaikaisesta maastokatselmuksesta Raasakan vanhassa uomassa 29.6.2016

Kirjallisuus

- Buffington, J.M. and Montgomery, D.R. 2004. Basin-scale availability of salmonid spawning gravel as influenced by channel type and hydraulic roughness in mountain catchments. *Can. J. Aquat. Sci.* 61: 2085-2096.
- Caissie, D. 2006. River discharge and channel width relationships for New Brunswick rivers. - Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2637
- Fisher, K. and Dawson, H. 2003. Reducing Uncertainty in River Flood Conveyance. Roughness Review. -DEFRA, Flood Management Division, W5A-057
- Keeley, E.R. and Slaney, P.A. 1996. Quantitative measures of rearing and spawning habitat characteristics for stream-dwelling salmonids: guidelines for habitat restoration. Province of British Columbia, Ministry of Environment, Lands and Parks, and Ministry of Forests. Watershed Restoration Project Report 4: 31 p.
- Leopold, L. and Maddock, T. 1953. The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications. -Geological survey professional paper 252. United States government printing office, Washington.
- Orell, P., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Jaukkuri, M., Huusko, R., van der Meer, O., Huusko, A., Lahti, M., Erkinaro, J. ja Sutela, T. 2016. Kollaja-hankkeen vaikutukset Iijoen vaelluskalakantojen elvyttämiseen. Lohen elinkierto, populaatiomallinnus ja ympäristövirtaama. -Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2016. Luonnonvarakeskus, Helsinki
- Tennant, D. 1976. Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation, and Related Environmental Resources. *Fisheries* 1(4): 6-10.