



RAKENTAMINEN

Lasse Järvenpää

Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa

-esimerkkinä Nuuksion Myllypuro



Lasse Järvenpää

Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa

- esimerkkinä Nuuksion Myllypuro

HELSINKI 2004



Painotuote

Julkaisu on saatavana myös Internetissä
www.ymparisto.fi/julkaisut

ISBN 952-11-1891-1 (nid.)
ISBN 952-11-1892-X (PDF)
ISSN 1238-7312

Taitto: Sinari Oy
Kansikuvat: Lasse Järvenpää

Nuuksion Myllypuron kunnostuksen lähtökohtana oli ennallistaa
suoristettu ja perattu uoma (vasen kuva alhaalla).
Kunnostettavan osuuden esikuvana toimi saman puron
luonnontilainen osuus (iso kuva).
Uusi uoma kaivettiin esikuvan mukaan voimakkaasti mutkittelevaksi
ja sinne lisättiin kookasta puuainesta (oikea kuva alhaalla).

Paino: Edita Prima Oy
Helsinki 2004

Sisällys

ALKUSANAT

I	Johdanto	6
1.1	Tausta ja tutkimusongelma	6
1.2	Tavoitteet ja rajaukset.....	6
1.3	Työn rakenne	7
2	Virtavesisysteemin rakenne ja toimintaperiaatteet	9
2.1	Vesistön rajausta	9
2.2	Virtavesikokonaisuuteen liittyviä periaatteita	10
2.2.1	Jokisysteemissä vaikuttavat mittakaavalliset tekijät	10
2.2.2	Hierarkkinen tarkastelu	11
2.2.3	Uomaston rakenne – Strahlerin ja Hortonin uomaluokitukset ..	12
2.2.4	Jokijatkumo	15
2.3	Jokiuomaan ja sen toimintaan liittyviä periaatteita	18
2.3.1	Uoman dynaamiset prosessit	18
2.3.2	Dynaaminen tasapaino	20
2.3.3	Määrävän virtaaman käsite	20
2.3.4	Täyden uoman vedenkorkeus ja virtaama	21
3	Virtavesisysteemin ominaispiirteiden ja muutosten tarkastelu osatekijöittäin	22
3.1	Virtaveden tyyppikohtaiset tekijät.....	22
3.1.1	Hydrologiset ominaisuudet	23
3.1.2	Morfologiset ominaisuudet	24
3.1.3	Vedenlaadulliset ominaisuudet	32
3.1.4	Biologiset ominaisuudet	35
3.2	Vesistöissä tapahtuneet muutokset	36
3.2.1	Hydrologiset muutokset	38
3.2.2	Morfologiset muutokset	39
3.2.3	Vedenlaadulliset muutokset	39
3.2.4	Biologiset muutokset	40
4	Vesipolitiikan puitedirektiivi	41
4.1	Direktiivin toimeenpano Suomessa	43
5	Kunnostussuunnittelu	46
5.1	Keskieurooppalainen kunnostussuunnittelun toimintamalli	47
5.1.1	Tavoitekuvatarkastelu vesistön kunnostuksen lähtökohtana	47
5.1.2	Tavoitekuvatarkastelun kaksi näkökulmaa	48
5.1.3	Tavoitekuvan jako rakenneosiin	51
5.2	Yhdysvaltalainen suunnittelun ohjeistus	54
5.2.1	Toivottu tulevaisuuden tila kunnostuksen lähtökohtana	54
5.2.2	Mittakaavalliset tekijät	54
5.2.3	Rajoitteet ja keskeiset tekijät	55
5.2.4	Päämäärät ja yksilöidyt tavoitteet	55
5.2.5	Hyväksyttävästi toimivan rantavyöhykkeen rakenne	56
5.3	Kunnostuksen seuranta	57

5.4 Kunnostussuunnittelun toimintamallit ja vesipolitiikan puitedirektiivi	58
6 Esimerkkitapaus - Nuuksion Myllypuron kunnostus	59
6.1 Johdanto	59
6.2 Taustaa	60
6.3 Kohdekuvaus - tila ennen kunnostusta	62
6.4 Visionaarinen tavoitekuva – tyyppikohtaisten ominaispiirteiden hierarkkinen tarkastelu	63
6.4.1 Geomorfologia	64
6.4.2 Valuma-alue	65
6.4.3 Jokilaakso	66
6.4.4 Uomaosuudet	67
6.4.5 Uomarakenne ja habitaatit	69
6.5 Epäkohtien tunnistaminen	72
6.6 Kunnostuksen reunaehdot	73
6.7 Toiminnallinen tavoitekuva ja kunnostussuunnittelu	73
6.7.1 Uomadynamiikan palauttaminen, vaihtoehto A)	73
6.7.2 Luontaisen kaltaisen uoman ja tulvan palauttaminen, vaihtoehto B)	74
6.7.3 Tavoitteet	75
6.7.4 Mallityöskentely	76
6.7.5 Kunnostus	77
6.7.6 Seuranta	80
7 Yhteenveto ja päätelmät	83
Lähteet	85
Sanasto	90
Liitteet	92
Liite 1	92
Liite 2	93
Kuvailulehti	94
Presentationsblad	95
Dokumentation page	96

Alkusanat

Vesistöjen hoidon tavoitteiden täsmentäminen on tullut ajankohtaiseksi osana EU:n vesipolitiikan suuntaviivojen määrittelyä. Pyrkiminen kohti vesistöjen hyvää ekologista tilaa vaatii vesistökohtaista tarkastelua, jossa otetaan huomioon paikalliset luonnonolosuhteet, mutta myös vesistöjen käyttötarpeet. Alueellisten vesienhoitosuunnitelmien laatimismenetelmien ja menettelyiden selvittäminen on vasta alkamassa vesienhoidon järjestämisestä annettavan lain perusteella. On kuitenkin ilmeistä, että lain mukainen tavoitteenasettelu on sellaisenaan riittämätön vesistöjen kunnostuksen yksityiskohtaista suunnittelua varten. Tässä työssä esitetty näkökulma - tavoitetilän määrittäminen virtavesikunnostuksissa – voi toimia eräänä merkittävänä lähtökohtana virtavesien ekologista tilaa monipuolisesti parantavaan kunnostusten suunnitteluun. Työ voi myös yleisemmältä kannalta antaa virikkeitä vesienhoitosuunnitelmien laadintaan.

Työssä kootaan yhteen virtavesien ominaispiirteisiin ja virtavesien kunnostukseen liittyvää kansainvälistä tietoa ja esitetään perusteltuja näkökulmia tiedon soveltamiseen Suomen olosuhteisiin. Työssä on tarkasteltu vesistöjen luokittelutapoja ja morfologiaa nimenomaan kunnostuksen kannalta, mikä helpottaa niiden soveltamista käytännön tavoitteenasetteluun ja suunnitteluun. Työn merkittävänä osana on ollut pienen purovesistön, Nuuksion Myllypuron ennallistushankkeen suunnittelu ja toteutus Nuuksion kansallispuiston alueella. Hanketta voidaan kaikkine vaiheineen pitää merkittävänä esimerkkikohteena Suomessa tehtävälle virtavesikunnostukselle ja ennallistukselle. Hanke on laajentanut näkökulmaa virtavesikunnostuksiin ja luonnonmukaisen vesirakentamisen muuhun tehtäväkenttään. Siinä on voitu testata työssä kuvattua suunnittelumetodiikkaa ja saada hyödyllisiä kokemuksia yleisempääkin soveltamista varten.

Julkaisun on kirjoittanut tekniikan ylioppilas, sittemmin diplomi-insinööri Lasse Järvenpää Suomen ympäristökeskuksen vesivarayksikössä. Julkaisun pohjana olevaa diplomityötä ovat ohjanneet maisema-arkkitehti Jukka Jormola Suomen ympäristökeskuksesta ja professori Pertti Vakkilainen Teknillisestä korkeakoulusta. Myllypuron kunnostussuunnittelua ohjasi myös erikoissuunnittelija Hannu Ormio metsähallituksesta. Lisäksi työtä ovat kommentoineet tekniikan tohtori Juha Järvelä Teknillisestä korkeakoulusta, professori Matti Tikkanen Helsingin yliopiston maantieteen laitoksesta, vesiylitarkastaja Minna Hanski maa- ja metsätalousministeriöstä sekä yli-insinööri Antti Lehtinen ja tutkija Auri Sarvilinna Suomen ympäristökeskuksesta.

Helsingissä 15.12.2004

Antti Lehtinen
Jukka Jormola

Johdanto

1.1 Tausta ja tutkimusongelma

Suomessa vesirakentamisen painopiste on siirtynyt kunnostuksiin. Vesien hyväksikäyttöön liittyvää uudisrakentamista tehdään enää harvoin luonnontilaisilla kohteilla. Sitä vastoin vanhoja jo hyödyttömiksi käyneitä rakenteita poistetaan vesistöistä. Jokivesistöissä kunnostustoimintaa ja sen menetelmien kehittelyä ovat vie-neet eteenpäin pääsääntöisesti kalatalousintressit. Toiminta on keskittynyt kalataloudellisesti arvokkaille alueille, kuten koskiin. Uittoperattujen koskien ennallistamiset onkin aloitettu jo 70-luvulla ja vuosituhanen vaihteessa niitä oli kunnos-tettu 1700 kappaletta (Turunen & Äystö 2000, Yrjänä 2003).

Parhailtaan Euroopan yhteisö pyrkii yhtenäistämään jäsenvaltioiden vesien-suojelun periaatteita ja vuonna 2000 voimaan tulleen EY:n vesipolitiikan puitedi-rektiivin (vpd) toimeenpano on käynnissä. Jatkossa vpd edellyttää Euroopan yh-teisön jäsenvaltiolta vesiluonnon kokonaisvaltaista tarkastelua sekä asettaa aika-tavoitteet, joiden puitteissa jäsenvaltioiden vesimuodostumien tulee olla hyvässä ekologisessa tilassa (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY).

Direktiivi muuttaa keskeisesti vesiemme tilan arviointia. Sen mukaan vesien tilaa tulee verrata "luonnontilaan". Nykyiset seurantajärjestelmät lähtevät veden tilan arvioimisesta ihmisen käytön kannalta. Ongelmana on kuinka määritellä tämä "luonnontila", jossa tapahtuneisiin muutoksiin vesien tilan luokituksen tulisi pe-rustua. Myös kunnostustoiminnan kannalta on oleellista tietää mihin tulisi pyr-kiä, jotta hyvä ekologinen tila saavutettaisiin.

Direktiivin asettamat velvoitteet korostavat vesistöjen kunnostustarpeita. Sen lisäksi kunnostuksia tulee tarkastella entistä laaja-alaisemmin. Nykyiset kunnos-tushankkeet ovat kohdistuneet ihmisen käytön kannalta merkittäviin kohteisiin, kuten kalataloudellisesti arvokkaisiin koskiin tai maisema- ja virkistäytymisaluei-siin. Vpd edellyttää sitä vastoin kaikilta vesiltä hyvää ekologista tilaa riippumatta niiden merkityksestä ihmiselle. Tämän voisi olettaa tuovan esille aivan uudenlai-sia kunnostuskohteita, joissa menetelmät ja tavoitteet poikkeavat nykyisestä käy-tännöstä.

Keski-Euroopassa on ollut käytössä jo pidempään kunnostusten suunnitte-lussa toimintamalli, jolla on yhtäläisyyksiä vpd:n kanssa. Tavoitekuviin (Leitbild) perustuvassa toimintamallissa otetaan lähtökohdaksi veden alkuperäinen luon-nontila, ennen ihmisen aiheuttamia muutoksia. Myös Yhdysvalloissa on sovellet-tu vastaavanlaista käytäntöä, jossa kunnostussuunnittelun pohjaksi määritellään toivottu tulevaisuuden tila (desired future conditions). Tämä tulevaisuuden tila ei ole lopullinen kunnostustavoite vaan pikemminkin kunnianhimoinen ekologinen tavoite.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työn päätavoitteena on tutkia virtavesien kunnostusten tavoitteiden asettelua ja suunnittelukäytäntöjä luonnon huomioon ottamisen näkökulmasta sekä kokeilla niiden käyttökelpoisuutta käytännön suunnittelukohteessa.

Koska virtaveden ekologinen toiminta on hyvin tyyppikohtaista, työssä pyritään selvittämään tyyppikohtaisiin ominaispiirteisiin vaikuttavia tekijöitä. Suomessa uomamorfologian tarkastelu on ollut varsin suurpiirteistä kunnostusten yhteydessä. Morfologisten ominaispiirteiden tarkastelussa on tarkoitus tukeutua maailmalla jo käytössä oleviin morfologiaa kuvaaviin malleihin ja tyyppittelyihin sekä käydä läpi yleisiä periaatteita uoman muotoutumisesta.

Kunnostustoiminta on usein mielletty uoman fyysisten olosuhteiden parantamiseksi, mutta on havaittu, että pelkkä fyysisten olosuhteiden parantelu ei aina tuo toivottua tulosta. Työssä käydään läpi virtavesien ominaispiirteitä kokonaisvaltaisesti ottaen huomioon myös hydrologiset, vedenlaadulliset ja biologiset tekijät. Vesistöjen välistä hydrologista ja vedenlaadullista vaihtelua tarkastellaan pääasiassa kotimaisen lähdeaineiston perusteella.

Suomalainen kunnostustutkimus on keskittynyt koskien kalataloudellisiin kunnostuksiin. Jokisysteemeissä on kuitenkin iso joukko morfologisesti erilaisia uomaosuuksia, joissa kunnostukselliset lähtökohdat ovat erilaiset. Tästä syystä kunnostusnäkökulmaa pyritään tässä työssä laajentamaan uomatyyppeihin, joissa nykyisin vallitsevilla virtaamilla on selkeä merkitys uoman muotoutumiseen ja siellä esiintyviin habitaatteihin.

Työssä painotetaan puroluokan vesiä, jotka ovat vesistön osina jääneet selkeästi toisarvoiseen asemaan. Muut käyttöintressit ovat perinteisesti asettuneet puroluonnon edelle. Vesistöjen kannalta purojen lukumäärä tekee niistä merkittävän. Niiden kautta tulee suurin osa vesistöissämme virtaavasta vedestä. Puroilla on myös oma ekologinen asema ja merkitys vesisysteemissä. Pienet virtavedet poikkeavat kookkaammista joista myös siinä mielessä, että niissä esiintyy runsaammin luontaista vaihtelua.

Kunnostuksen esimerkkikohteeksi on valittu koheesiomaalla virtaava puroosuus Nuuksion kansallispuistosta. Esimerkillä pyritään havainnollistamaan työssä aiemmin esitettyjen teorioiden ja mallien soveltamista käytännön kunnostussuunnitteluun. Kansallispuistossa sijaitseva Myllypuro luo hyvät lähtökohdat kokeilla ja kehittää luontolähtöistä kunnostamista, joskaan kunnostamiselle asetetut rajoitteet eivät tule kovin voimakkaasti esille. Savimaalla virtaavan puron kunnostaminen eroaa myös selkeästi koskien kunnostamisesta, josta on kertynyt Suomessa jo paljon kokemusta.

1.3 Työn rakenne

Työssä käydään aluksi läpi yleisiä virtavesiin liittyviä määritelmiä ja teorioita. Kappaleessa 2 tarkastellaan vesistöä kokonaisuutena ja pohditaan millaisista uomista virtavesisysteemi koostuu ja mitkä ovat niiden merkitykset kokonaisuuden kannalta. Tämän jälkeen käsitellään periaatteita ja käsitteitä, jotka yleisesti liitetään uomasysteemiin.

Kappale 3 keskittyy virtavesisysteemin tyyppikohtaisiin ominaispiirteisiin. Ominaispiirteiden tunteminen on tärkeää, koska ekologisen tilan tai epäkohtien arvio tapahtuu vertaamalla luonnontilaisia ominaispiirteitä nykytilaan. Myös kunnostussuunnittelun toimintamallit suosittelvat käyttämään vertailuvesiä. Tällöin vertailuvedeksi on osattava valita kunnostettavan kohteen kanssa luontaisesti saman tyyppinen osuus. Lisäksi ominaispiirteet voivat jo sellaisenaan ohjata kunnostuksen tavoitteiden asettelua, kunnostusmenetelmien valintaa ja kunnostustoimien sijoittumista.

Kappaleessa 4 on esitelty vpd:n periaatteita, tosin vain kursorisesti. Tässä työssä on keskitytty valottamaan sitä toimintamallia, joka johtaa tavoitteiden asetteluun. Tämän hetkistä tilannetta ja tulevia aikatauluja on käsitelty vain pintapuol-

lisesti eikä direktiivityön keskeneräisyyden vuoksi ole pyritty ennustamaan direktiivin toimintamallia, vaan työssä on pikemminkin tutkittu kunnostuksen tavoitteiden asettelua direktiivin hengessä.

Kappale 5 käsittelee kunnostussuunnittelun toimintamalleja, joissa kunnostussuunnittelun lähtökohdaksi otetaan virtaveden luontainen toiminta ja olosuhteet. Tarkastelu käsittää Keski-Euroopassa käytössä olleen tavoitekuviin perustuvan kunnostussuunnittelun lisäksi Yhdysvalloissa sovellettuja toimintamalleja.

Kappale 6 esittelee tapaustutkimuksena Nuuksion Myllypuron kunnostuksen suunnittelua. Samalla käydään läpi edellä esitettyjen toimintamallien ja teorioiden soveltamista käytäntöön.

Virtavesisysteemin rakenne ja toimintaperiaatteet

2

2.1 Vesistön rajaus

Vesistöt ovat osa veden hydrologista kiertoa, jossa vesi sataa taivaalta, imeytyy maaperään ja kulkeutuu uomiin. Osa vedestä haihtuu ja jäljelle jäävä osa virtaa purojen, jokien ja järvien kautta mereen. Vesistö onkin jatkumo, jonka läpi vesi virtaa. Siinä eri osaset vaikuttavat veden latuun ja toimivat osana vesistökokonaisuutta. Vesistöä ei tule kuitenkaan mieltää systeemiksi, joka saa alkunsa jostain tietyistä pisteistä, vaan koko sen valuma-alue toimii veden kertymisen lähteenä.

Virtavesikunnostusten kannalta on oleellista ymmärtää, uoman yhteys valuma-alueeseen. Metrin tai parin levyistä puroa saatetaan pitää pienenä, mutta jo tämänkin kokoisella uomalla on varsin laaja valuma-alue ja uomasto yläpuolellaan. Edes puro ei ole kunnostuksen tai siihen liittyvien asioiden hallinnan kannalta pieni.

Vesien tarkastelussa on ongelmallista kuinka rajata valuma-alueella olevasta uomastosta varsinainen vesistö, eli mistä lähtien uoma voidaan katsoa kuuluvaksi vesistöön. Latvoiltaan uomastoa on usein muutettu eikä alkuperäisestä uomarakenteesta ole tietoa. Uusia kuivatusojia on kaivettu luonnon uomaverkoston jatkeeksi, eivätkä kaikki luonnonuomataan täytä vesilain vesistömääritelmää. Hallinnollisesti selkeä rajanveto on kuitenkin vesien hoidon kannalta tarpeen, sillä vesistöä ja sen ulkopuolisia uomia koskevat eri määräykset ja lainpykälät.

Vesilain mukaan vesistöjä ovat avopintaiset sisävesialueet luonnollisine ja keinotekoisine osineen. Vesistönä ei kuitenkaan pidetä: ojaa, noroa ja sellaista vesiuomaa, jossa ei jatkuvasti virtaa vettä eikä runsasvetisimpänkään aikana ole riittävästi vettä veneellä kulkea tai uiton toimittamista varten ja jota kalakaan ei voi sanottavassa määrin kulkea, eikä lähettä sekä kaivoa ja muuta vedenottamoa, vesisäiliötä ja tekolammikkoa (VL 1:1,1:2). Vesilain määritelmä on ongelmallinen. Sen tulkitseminen on subjektiivista ja käytännössä usein vaikeaa.

Vesilaissa vesistön virtaavat osat on jaoteltu joiksi ja puroiksi. Joen minimiteikijäksi on määritetty soutu-kelpoisuus karikkoja ja koskia lukuun ottamatta. Jos keskivirtaama on vähintään kaksi kuutiometriä, katsotaan virtavesi aina joeksi. Jälkimmäinen määräävä tekijä on osoittautunut käyttökelpoisemmaksi kuin soutu-kelpoisuusmääritelmä. Jokea pienemmät virtaavat vesistön osat ovat puroja.

Se, minkä kokoisia vesistön osia käsitellään direktiivin mukaisessa tarkastelussa, on vielä avoinna, mutta mm. kansallisen tyypittelyehdotuksen (Koskenniemi 2002) mukaan pienimmän virtavesimuodostumatyyppin kokorajat ovat 10-100 km². Yleisesti direktiivin voidaan kuitenkin katsoa velvoittavan tarkastelemaan vesistöä kokonaisuudessaan (ks. luku 4).

Maailmalla uomia on luokiteltu myös niiden virtauksen ajoittumisen mukaan (esim. USDA 1998):

- **Ephemeral stream** on uoma, jossa virtaa vettä vain sateiden ja sulannan aikaan tai hetkellisesti niiden jälkeen. Virtausta esiintyy yleisesti harvemmin kuin 30 vuorokautena vuodessa.
- **Intermittent stream** on uoma, jossa virtaa vettä vain ajoittain. Virtaus on kuitenkin pysyvämpää kuin edellisessä, mutta virtaus voi aika-ajoin tyrehtyä.
- **Perennial stream** on uoma, jossa on pysyvä virtaus läpi vuoden.

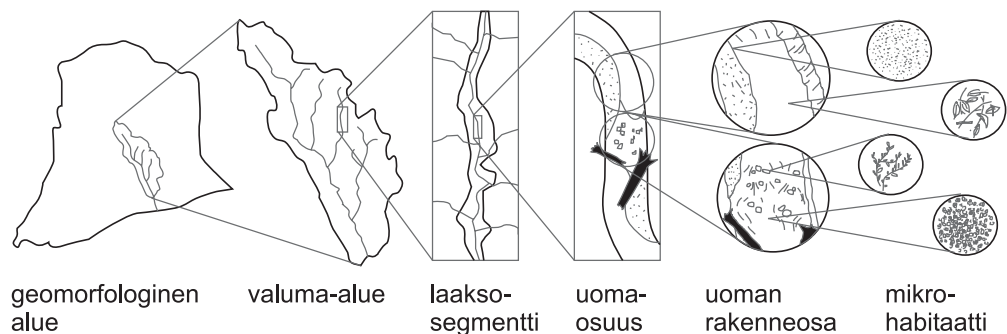
Suomessa ei ole vastaavaa jaottelua. Ympäristösanakirjassa EnDic2000 (Maastik et al. 2000) on kahdelle ensimmäiselle termille sama vastine, ajoittaispuro/joki ja perennial stream on suomennettu kokovuotiseksi joeksi. Nämä käsitteet eivät ole ainakaan sellaisinaan laajassa käytössä. Vesilakimme kannalta termi perennial stream vastaa hyvin vesistömääritelmää, sillä siinä virtaa jatkuvasti vettä. Vesilakimme tunnistaa myös puroa vähäisemmät luonnon uomat, norot. Toimenpiteiden tarkastelu voi joskus olla tarpeen myös näissä vesistön ulkopuolisissa uomissa.

2.2 Virtavesikokonaisuuteen liittyviä periaatteita

2.2.1 Jokisysteemissä vaikuttavat mittakaavalliset tekijät

Virtavesisysteemi on monitasoinen. Siihen vaikuttavat luonnonprosessit ja -olosuhteet vaihtelevat ajan ja paikan suhteen. Hierarkkinen erittely on tarpeen kun halutaan tarkastella virtavesiin liittyviä prosesseja. Hydrologiset ja vedenlaadulliset tekijät riippuvat pitkälti valuma-alueen mittakaavallisista olosuhteista (ks. kappale 3.1). Habitaattitasolla vaikuttavat voimakkaimmin paikalliset tekijät. Myös vesiin kohdistuneet muutokset ja niiden vaikutukset vaihtelevat eri mittakaavoissa. Uomissa tapahtuvat prosessit toimivat myös eri aikajänteillä. Tiettyihin kehityskulkuihin tarvittava aika riippuu pitkälti olosuhteista. Tämä tulisi ottaa huomioon myös vesistöjä kunnostettaessa. Uoman pohjaan kohdistuneet muutokset saattavat tasoittaa jo seuraavan tulvan aikana, kun taas uoman mutkittelevan linjauksen palautuminen kestää vuosikymmeniä.

Hierarkkisia lähestymistapoja on esitetty useissa julkaisuissa (Frissell et al. 1986, Montgomery & Buffington 1998 ja USDA 1998) ja ne muistuttavat suuresti toisiaan. Niissä on vain pientä vaihtelua tasojen nimeämisessä ja hierarkkisten tasojen ylä- ja alapäissä. Montgomery ja Buffington (1998) aloittavat hierarkkisen tarkastelun geomorfologisista alueista ja siirtyvät niistä valuma-alueen kautta laaksotasolle. Laaksossa voi taas olla erityyppisiä omaosuuksia ja uomaosuudella monenlaisia rakennneosia, kuten syvänteitä, särkkiä ja matalikkoja. Frissell et al. (1986) jatkavat tarkemmalle tasolle, mikrohabitaatteihin (Kuva 1).



Kuva 1. Uomien hierarkkiset, eri mittakaavaiset tasot (mukailtu Montgomery & Frissell et al. 1986, Buffington 1998).

2.2.2 Hierarkkinen tarkastelu

Geologia ja topografia antavat ominaispiirteitä vesistöillemme. Suomen geomorfologia on varsin pienipiirteistä maamme geologisen kehityshistorian vuoksi. Suomen kartastossa (Alalammi 1986) Suomi on jaettu kahdeksikymmeneksikahdeksi geomorfologiseksi alueeksi. Siinä geomorfologisia alueita ovat muun muassa Suomenlahden rannikko, Salpausselän vyöhyke, Järvi-Suomen vaihtelevan kallioperäreliefin alue ja Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan laakio.

Valuma-alue on yleisesti hyvä perusyksikkö vesistöjen tarkastelussa, vaikka kookkaat valuma-alueet voivat ulottua useammalle erilaiselle geomorfologiselle alueelle. Vedenjakajat erottavat vesistöt toisistaan, mutta valuma-alueen sisällä tapahtuneet muutokset vaikuttavat sekä ylävirran että alavirran suuntaan. Joki-suulle asetettu pato estää kalojen nousun merestä koko jokisysteemiin ja vesistön latvoilla aiheutettu kuormitus kulkeutuu veden mukana alavirtaan. Myös lajistollisesti ja lajien geneettisen monimuotoisuuden kannalta valuma-alue tai osavaluma-alue muodostavat omia yksiköitä. Kaksi maantieteellisesti läheistä valuma-alueita voivat vesieliöstön kannalta olla eristäytyneitä ja kaukana toisistaan (Wishart 2003).

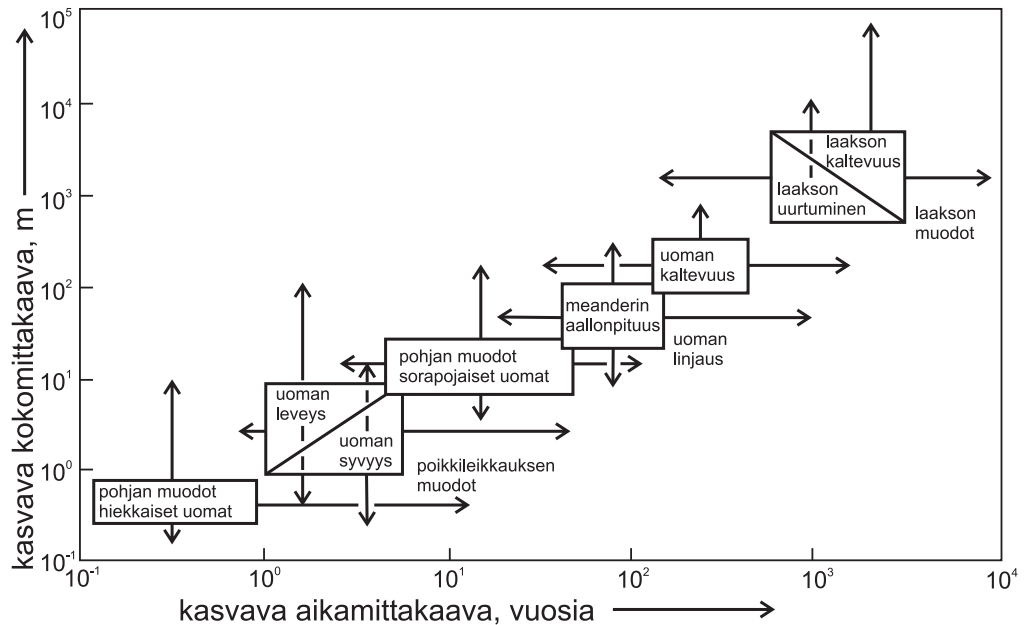
Valuma-aluetta tarkempi tarkastelun taso on laaksotyyppi. Montgomery ja Buffington (1998) jaottelevat laaksot kolluviaalisiin, alluviaalisiin tai kalliopohjaisiin. Kolluviaalilaaksot ovat muodostuneet jyrkiltä rinteiltä pintavalunnan ja massaliikuntojen tuomista sedimenteistä. Nämä laaksot sijaitsevat yleensä vuoristossa, vesistön latvoilla. Näihin jyrkkiin laaksoihin vesi voi kuluttaa uomia ja ne toimivatkin uomassa kulkevan sedimentin lähteenä. Alluviaalilaaksot taas ovat muodostuneet veden kuljettaman sedimentin kerrostuessa. Kalliopohjaisessa laaksossa sedimentti kulkeutuu sen läpi ja muodot ovat kallion määräämät. Suomessa laakson muotoihin on vaikuttanut voimakkaasti jääkausi. Esimerkiksi rannikon laakeat laaksotasangot ovat muodostuneet jääkauden jälkeisten Itämeren vaiheiden aikana eivätkä virtaavan veden aikaansaamat fluviaaliprosessit ole vielä tällöin ehtineet niitä paljoakaan muovata. Toisaalta laaksot saattavat mukailla ennen jääkautta muodostuneita preglasiaalisia laaksoja. Suomessa laaksoja voidaan jaotella niiden geomorfologisen muotoutumisprosessin mukaan, esimerkiksi fluvi-aali- tai glasiaalimuotoutuneisiin (ks. kappale 3.1.2).

Uomaosuudet rajataan morfologian perusteella yhtenäisiksi jaksoiksi. Vesirakennushankkeissa toimenpiteet rajautuvat tyypillisesti myös tietyille uomaosuuksille. Uittoperkauksissa on raivattu kivikkoisia koskia ja maatalouden tulvasuojelutyöt ovat kohdistuneet hienosedimenttisillä mailla virtaaviin ja tulvaherkkiin jokityyppeihin. Syvään uurtuneissa jokiuomissa tai viljelykelvottomilla alueilla ei tulvasuojelu ole ollut tarpeellista. Hankkeissa, joissa uomia on jouduttu mitoittamaan uudelleen, on vääjäämättä jouduttu puuttumaan uoman morfologiaan ja sitä muovaaviin prosesseihin. Kunnostuksen kannalta onkin tärkeää tunnistaa uoman luontainen morfologia ja sen toiminta. Morfologista tyypittelyä on käsitelty tarkemmin kappaleessa 3.1.2.

Uomatyyppin voidaan katsoa rakentuvan erilaisista rakenteellisista osista, kuten syvänteistä, särkistä ja matalikoista. Nämä rakenteelliset piirteet eivät vain kuvaa uoman muotoja vaan kertovat myös paljon uoman toiminnasta. Niillä on usein tärkeitä yksilöityjä merkityksiä eliöstön kannalta, esimerkkinä poikasalue tai talvehtimissyväne.

Mikrohabitaatti määrittelee yksilöityjä, pienialaisia, homogeenisia elinympäristöjä, kuten sammalmätäs, lehtikarike tai soralaikku. Monimuotoisen mikrohabitaattien jakauman muodostumisen kannalta on oleellista virtaveden toiminta. Habitaatit saattavat olla lyhytikäisiä, mutta alati muuttuvassa jokisysteemissä uusia habitaatteja syntyy vanhojen tilalle. Dynaamisessa joessa ekologinen toiminta perustuu siihen, että siellä on jatkuvasti eri kehitysvaiheita (Clarke et al. 2003).

Hierarkkisten tasojen välissä vallitsee mittakaavallisia eroja. Mikrohabitaatit ovat kooltaan suuruusluokkaa 0,1 m kuten sammalmätäs. Uoma rakentuu yksiköistä kuten särkät ja syvänteet. Niitä voidaan kuvata metreissä. Uomatyyppien, esimerkiksi koskien, pituus on ilmaistavissa kymmenissä metreissä jne. Usein onkin esitetty, että skaalatasot kasvavat kymmenen potensseina. (Frissell 1986, Montgomery & Buffington 1998)



Kuva 2. Jokisysteemissä vaikuttavat ajalliset ja alueelliset mittakaavat (mukaan Knighton 1998)

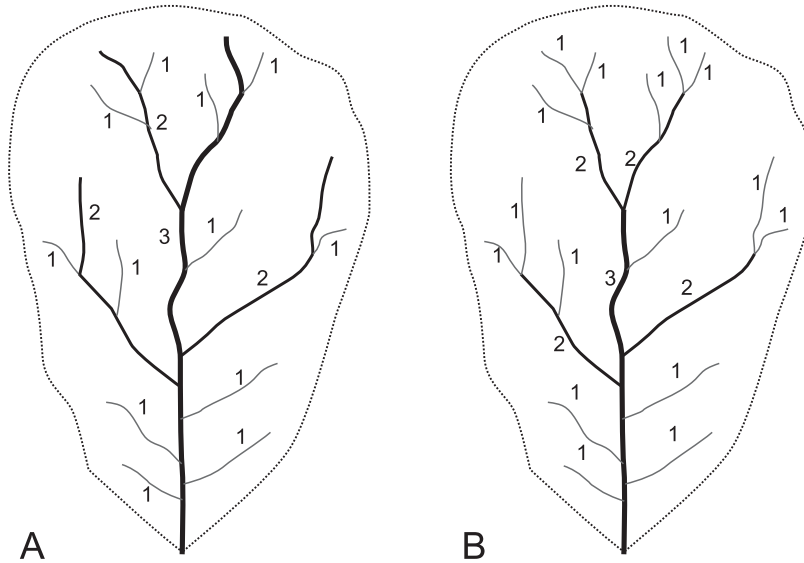
Muutokset eri mittakaavaisissa tekijöissä tapahtuvat eri aikajänteillä. Mikrohabitaateissa muutoksia voi tapahtua vuosittain tai jopa useamman kerran vuodessa. Särkkien ja muiden uoman rakenteiden muotoutumiseen kuluu kuitenkin vuosia. Uomaosuuksien muutokset, kuten uoman siirtyminen, tapahtuvat taas kymmenien - satojen vuosien kuluessa. Laaksojen muotoutuminen esimerkiksi tulvien ja niihin liittyvän sedimentaation kautta kestää tuhansista vuosista kymmeneen tuhansiin vuosiin. Valuma-aluemuutokset vaativat suuria mullistuksia kuten jääkausia tai katastrofaalisia tulivuorten purkauksia. Niitä tapahtuu satojen tuhansien tai miljoonien vuosien aikajaksoissa. (Frissell et al. 1986)

2.2.3 Uomaston rakenne – Strahlerin ja Hortonin uomaluokitukset

Uomien hierarkkista luokittelua on tehty monella tapaa. Idean uomien luokittelusta niiden haaroittumisen perusteella esitti Robert E. Horton (1945). Hän myös esitti uomaluokkien lukumäärien, pituuksien ja valuma-alueiden välille riippuvuuksia. Hortonin uomaluokittelussa ensimmäisen asteen uomia ovat ne, joissa ei ole sivuhaaroja. Toisen asteen uomia ovat ne, jossa on vain ensimmäisen asteen sivuhaaroja. Hortonin järjestelmän mukaan toisen asteen uomaan liitetään myös pisin ensimmäisen asteen haara. Kolmannen asteen uoma alkaa kun kaksi toisen asteen uomaa yhtyy. Yleisesti uoman asteluku kasvaa yhdellä aina kun kaksi sa-

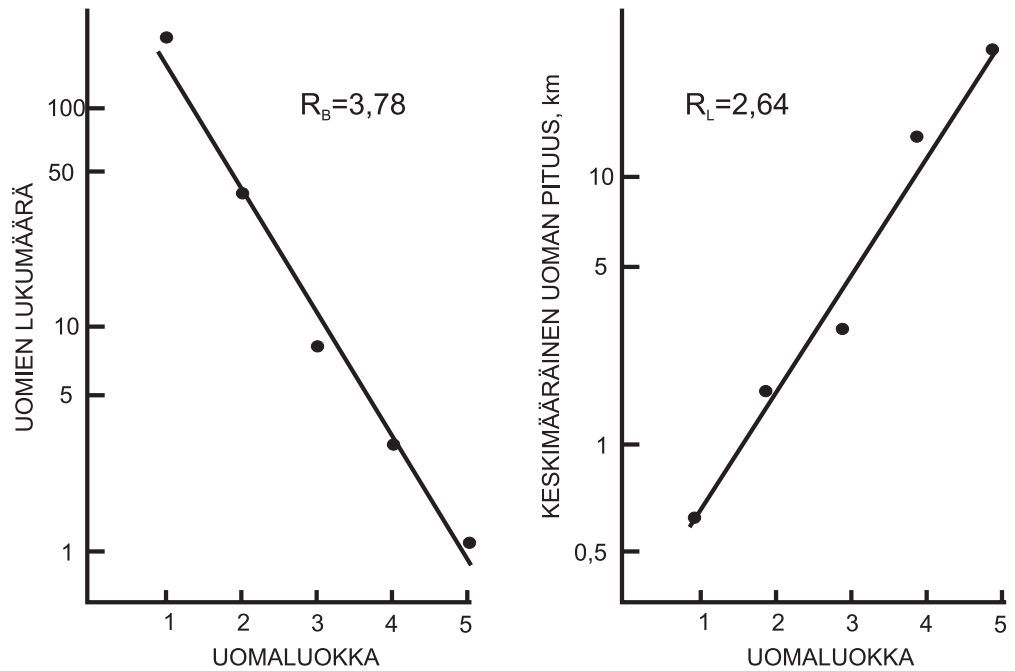
man asteista uomaa yhtyy. Uoman asteluku ei kasva, jos siihen yhtyy alemman asteen uoma. Myös kolmannen ja korkeamman asteen uoman katsotaan jatkuvan pisimmän sivuhaaran latvalle asti (Kuva 3).

Arthur Strahler (1957) kehitti Hortonin luokittelusta muunnelman, jossa uoman luokittelua käsitellään segmentteinä, eli uomaluokka ei jatku latvalle asti. Strahlerin luokittelu on yksinkertaisempi. Siinä yksihaaraiset uomat ovat ensimmäisen luokan uomia ja uomaluokka kasvaa aina kun kaksi saman luokan uomaa yhtyy. Uomaluokka ei kasva kun ylemmän luokan uomaan yhtyy alemman luokan uoma (Kuva 3). Strahlerin luokitus on osoittautunut käyttökelpoisemmaksi ja on siten muuttunut yleisimmin käytetyksi luokitteluksi.



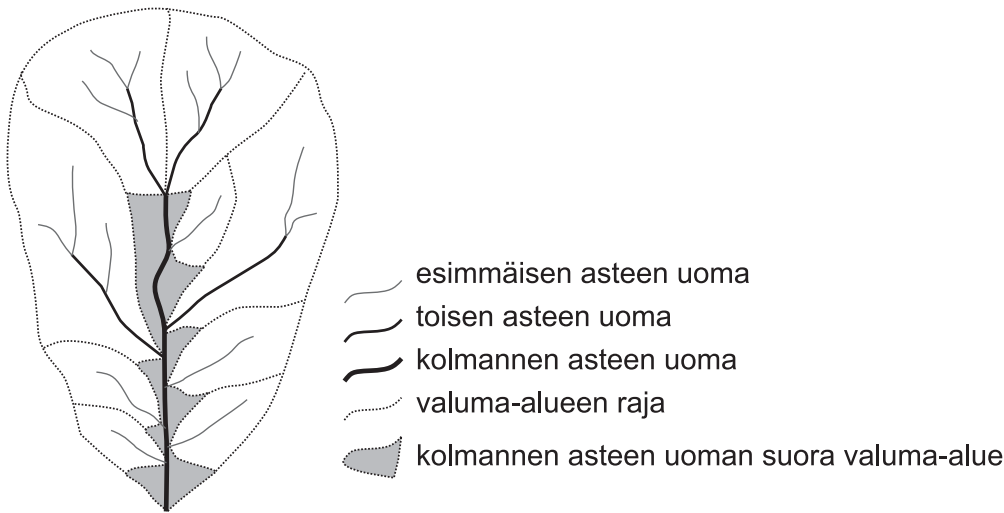
Kuva 3. Hortonin (A) ja Strahlerin (B) mukainen uomaluokitus. Hortonin luokittelussa uoman aste jatkuu aina vesistön latvoille asti.

Uomaluokkien määrittelyssä on ongelmana se, mistä ensimmäisen luokan katsotaan alkavan. Strahlerin luokittelussa ensimmäisen luokan uomiksi katsotaan kokovuotiset uomat (perennial stream), joissa virtaa vettä läpi vuoden. Hortonin luokittelussa on otettu huomioon myös pienemmät uomat, joissa vettä virtaa vain ajoittain. Tämä johtaa eroavaisuuksiin myös uomaluokan keskimääräisissä pituuksissa ja lukumäärissä. Hortonin luokat eivät siis suoraan vastaa Strahlerin luokkia. Strahlerin mukainen luokitus on hyvä, koska se määrittelee luokiteltavan uomaston samalla periaatteella kuin Suomessa on määritetty vesistö.



Kuva 4. Hortonin lakien mukaiset riippuvuudet eri uoma-asteiden välillä. R_B ilmaisee alemman uoma-asteen uomien määrää suhteessa yhtä ylempiasteisten määrään ja R_L kuvaa vastaavasti uomapituuden muuttumista uomaluokkien välillä (esimerkki Bollin-Deanin uomasto, Knighton 1998).

Horton tutki myös uomaston jakautumista eri uomaluokkien kesken. Hortonin laki uomien määrästä (Horton's law of stream number) kuvaa uomien haaroittumista haaroittumissuhteella (the bifurcation ratio, tai branching ratio). Siinä alemman luokan uomien määrä jaetaan luokkaa ylempien uomien määrällä. Tämä suhdeluku pysyy uomaluokista riippumatta lähes vakiona. Hortonin lakeja on sovellettu myös Strahlerin luokittelun kanssa. Tällöin haaroittumisen suhde on välillä 3-4 ja yleensä 3,5 (Leopold 1994). Toisin sanoen ensimmäisen asteen uomia on 3,5-kertainen määrä suhteessa toisen asteen uomiin ja 12,25-kertainen määrä suhteessa kolmannen asteen uomiin jne. Horton määrittä myös vastaavat lait eri asteisten uomien valuma-alueiden suhteelle ja pituuksille. Myös niissä kumulatiiviset keskimääräiset pituudet ja keskimääräiset valuma-alueiden koot asettuvat lineaarisesti logaritmiseen asteikkoon (Kuva 4). Vesistöjen puumainen rakenne johtaakin siihen, että suurin osa valuma-alueelle satavasta vedestä tulee vesistöön purojen kautta. Vain 10-20 prosenttia koko vesistön virtaamasta tulee valuma-alueelta suoraan kolmannen tai sitä suuremman uomaluokan uomaan (Leopold 1994). Tähän tulisi erityisesti kiinnittää huomiota kun mietitään vesiensuojelutoimenpiteiden kohdentamista valuma-alueella.



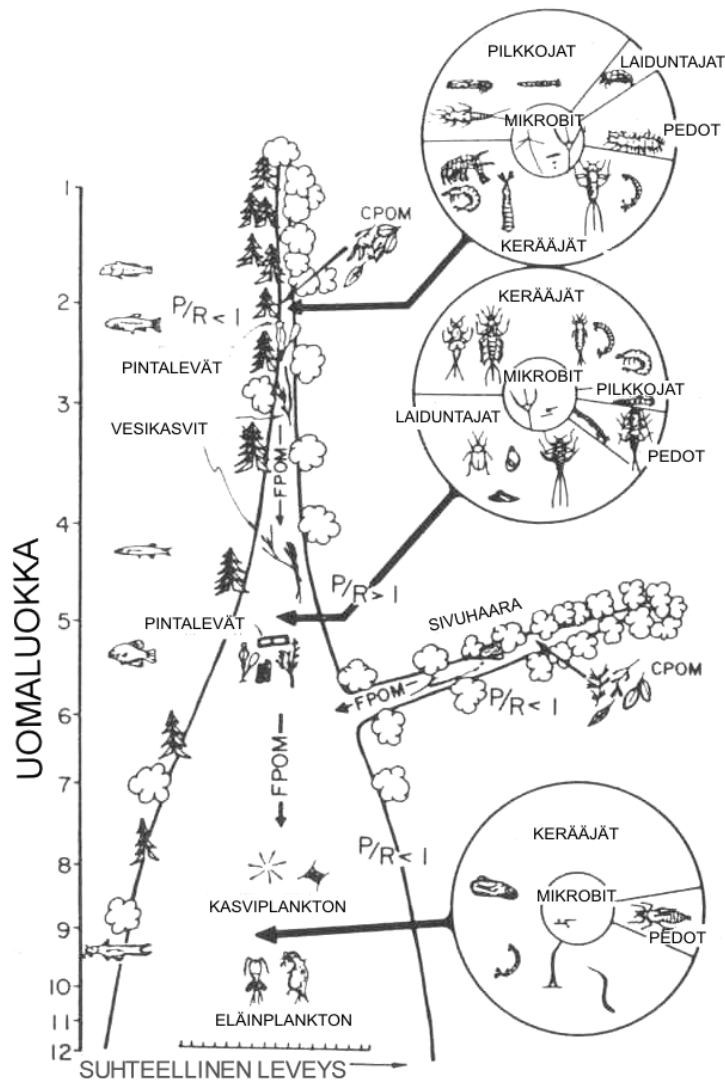
Kuva 5. Hypoteettinen vesistö osoittaa 1. ja 2. asteen uomien suoran valuma-alueen merkityksen suhteessa korkeampiasteisiin uomiin (mukaan Leopold & et al. 1964).

2.2.4 Jokijatkumo

Jokisysteemin fyysisissä ominaisuuksissa tapahtuu vaihteittaisia muutoksia siirryttäessä latvoilta jokisuulle. Muuttujat, kuten leveys, syvyys, kaltevuus, virtausnopeus, virtaaman määrä ja lämpötila, noudattelevat tiettyä säännönmukaisuutta. Esimerkiksi leveys ja virtaama kasvavat ja uoman kaltevuus vähenee alavirtaan päin. Vannote et al. (1980) toivat esiin käsitteen jokijatkumosta (the river continuum concept, RCC), jolla he pyrkivät selittämään fyysisten muutosten vaikutusta ekologiin muutoksiin jokisysteemissä. Jokisysteemin ekologisen toiminnan kannalta on yksi keskeinen tekijä, kuinka eliöstölle tärkeä orgaaninen aines tulee tai tuotetaan, kulkeutuu, varastoituu ja käytetään jokisysteemissä.

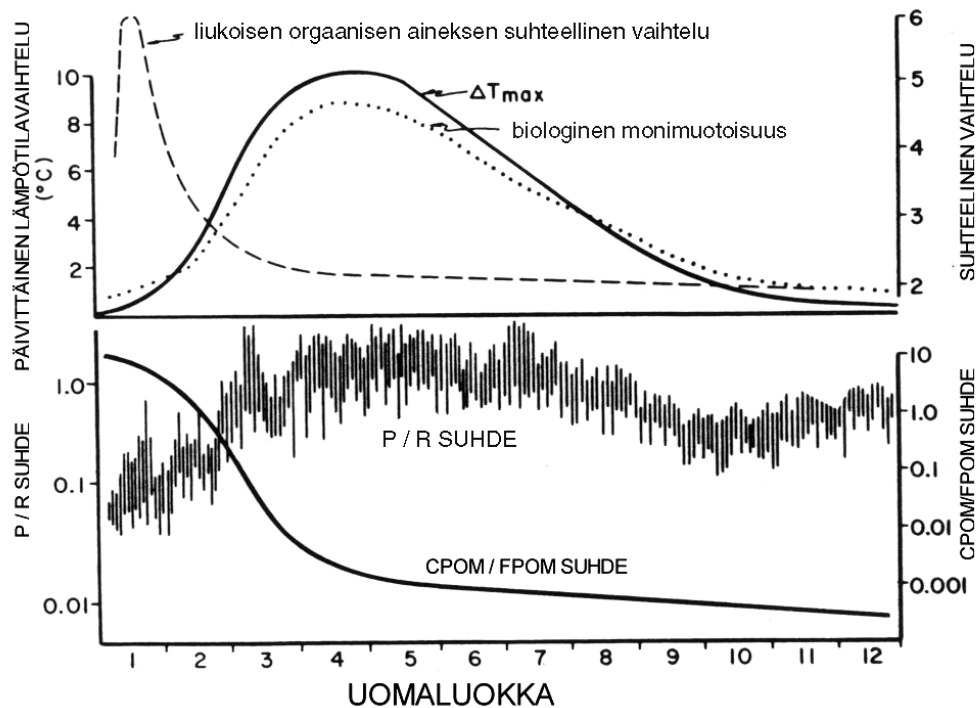
Jokijatkumon ajatus on, että eliöstö mukautuu ja hakeutuu sille edullisiin paikkoihin ja käyttää olemassa olevia energiavaroja mahdollisimman tehokkaasti. Jokiosuuksilla tuottaja ja kuluttajayhteisöt asettuvat järjestykseen fyysisten ja dynaamisten olosuhteiden mukaisesti. Jokiosuuden ravintovarot voivat olla peräisin maaekosysteemistä, niitä on tuotettu kyseisellä virtavesiosuudella tai niitä voi kulkeutua osuudelle ylävirrasta. Fyysinen ympäristö määrää pitkälti, minkälaista ravintoa on tarjolla.

Teorian mukaan jokisysteemi voidaan karkeasti jakaa ryhmiin latvavedet (1.-3. asteen uomat), keskikokoiset joet (4.-6. asteen uomat) ja suuret joet (> 6. asteen uomat) (Kuva 6). Moniin latvavesiin vaikuttaa voimakkaasti ympäröivä kasvillisuus. Se varjostaa uomia ja vähentää näin uomassa tapahtuvaa, autoktonista ravinnon tuotantoa. Uomaan joutuu kuitenkin runsaasti vesisysteemin ulkopuolista, ympäröivän kasvillisuuden tuottamaa alloktionista materiaalia kuten puiden lehtiä. Uoman koon kasvaessa vähenee maaekosysteemistä suoraan uomaan tulevan alloktionisen aineen merkitys. Samalla alkaa korostua uomassa tapahtuva autoktoninen primaarituotanto ja ylävirrasta virran mukana kulkeutuva orgaaninen aines.



Kuva 6. Jokijatkumomalli, jossa virtaveden eliöyhteisöt muuttuvat uomakoon suhteessa. Pienissä uomissa, joihin kertyy runsaasti karkeaa orgaanista ainesta (CPOM), on runsaasti pilkkokojia, kun taas alajuoksulla kerääjäyhteisöt ovat voimakkaita, koska sinne kulkeutuu runsaasti hienoa orgaanista ainesta (FPOM). Keskisuurissa uomissa on myös laiduntajia, mikä ilmentää uomassa tapahtuvaa tuotantoa. Pedot eivät ole riippuvaisia orgaanisen aineksen kulkeutumisesta ja siksi niitä on tasaisesti kaiken kokoisissa uomissa (lähde Vannote et al. 1980).

Keskikokoisissa uomissa tuottajina toimivat levät ja juurelliset putkilokasvit. Voimistunut tuotanto on havaittavissa myös primaarituotannon ja eliöiden hengityksen suhteen (P/R) kasvuna (Kuva 7). Vaihuttuminen alloktonisesta autoktoniseen tuotantoon johtuu käytännössä varjostuksen loppumisesta. Jos varjostavaa kasvillisuutta ei ole, voi autoktoninen tuotanto alkaa jo pienemmissä uomissa.



Kuva 7. Hypoteettiset jakaumat jokijatkumossa. Eliöstön elinot vaihtelevat eri asteisissa uomissa. Päivittäinen lämpötilan (T) vaihtelu on suurinta keskikokoisissa 4.-6. asteen uomissa (ylempi kuva). Myös orgaaninen aines esiintyy eri muodoissa vesistön latvoilla 1.-3.-asteen kuin kookkaammissa alajuoksun uomissa (alempi kuva). P/R suhde kuvaa eliöstön fotosynteesin (P) ja eliöstöhengityksen (R) suhdetta (lähde Vannote et al. 1980).

Suuriin jokiin kulkeutuu ylävirran osuuksilta huomattavasti hienoa orgaanista ainesta, joka on jäännettä kasvien lehtien ja kuolleen puuaineksen hajottamisprosessista. Suurissa joissa rantakasvustolla ei ole enää suurta merkitystä ja primaarituotantoa rajoittaa usein suuri vesisyvyys ja veden sameus. Tämä on havaittavissa myös primaarituotannon ja eliöstön hengityksen suhteessa. Pienet uomat, jotka yhtyvät suoraan suuriin uomiin, aiheuttavat paikallista vaihtelua, joka riippuu pienen uoman tuoman aineen määrästä ja laadusta. (Vannote et al. 1980)

Tämä ravintotarjonnan vaihtelu näkyy myös selkärangattomien yhteisöissä. Ruokailukäyttäytymisen perusteella jaettujen ryhmien osuudet vaihtelevat jokijatkumossa. Esimerkiksi alajuoksulla on runsaat kerääjäyhteisöt, koska ylävirrasta kulkeutuvaa orgaanista ainesta on paljon tarjolla. Vastaavasti pienissä latvapuroissa on runsaasti pilkkokkia, jotka hajottavat maaekosysteemistä tullutta orgaanista ainesta yhdessä mikrobien kanssa.

Kalastosta latvavesillä viihtyvät kylmää suosivat lajit kuten lohikalat ja alajuoksulla lämmintä suosivat särkikalat. Latvavesien kalasto käyttää ravinnokseen pääasiassa selkärangattomia, mutta keskikokoisten uomien kalasto tyypillisesti sekä kaloja että selkärangattomia. Suurissa joissa voi olla myös planktonsyöjiä, mikä ilmentää jokiosuuksien hidasvirtaisuutta.

Olosuhteet joissa muuttuvat jatkuvasti ja muutokset vaikuttavat lajien viihtymiseen. Jos olosuhteet ovat vakiot, ne suosivat lajeja, joille kyseiset olosuhteet ovat optimaaliset. Lajimäärä onkin tasaisissa olosuhteissa pienempi kuin vaihtelevissa. Jokisysteemissä tämä on havaittavissa selkärangattomien lajimäärissä. Jokijatkumossa lämpötilat vaihtelevat eri osuuksilla. Latvavedet ovat usein kylmempiä ja pohjavesien purkautumisen vaikutuksesta lämpötilaolot pysyvät myös ta-

saisina. Uoman kapeus ja runsas kasvillisuus varjostavat uomaa eikä pienissä puroissa esiinny suurta päivittäistä vaihtelua. Keskikokoisissa uomissa auringonpaiste pääsee päivisin lämmittämään vettä ja yöllä vesi jäähtyy. Suurissa joissa lämpötila pysyy tasaisena, koska suuret vesimassat varaavat lämpöä eikä nopeita lämpötilamuutoksia tapahdu. Selkärangattomien lajimäärä onkin runsain keskikokoisissa uomissa.

Jokijatkumo on yleismalli jokisysteemin toiminnasta. Toisaalta jokisysteemejä on hyvin monenlaisia eikä jokijatkumo ole aina suoraan sovellettavissa. Jokisysteemeissä on usein myös poikkeuksia ja epäjatkuvuuskohtia. Esimerkiksi suomalaisissa jokisysteemeissä on koskien ja suvantomaisten osuuksien vuorottelua. Orgaanisen aineen pidättyminen ja muut olosuhteet vaihtelevat suuresti eivätkä osuudet vastaa siten täysin jokiluokalle asetettuja oletuksia. Toinen ominaisuus, joka muuttaa jokijatkumoa, on vesistöjemme suuri järvisyys. Järvet tasaavat virtaamia ja lämpötiloja sekä pidättävät veden mukana kulkeutuvia ainesvirtoja. Järvien vaikutus on samanlainen kuin patoaltaiden, mitä kuvataan epäjatkuvuuskohtien sarjana (the serial discontinuity concept) (Ward & Stanford 1983). Järvet luovat jokivesistöihin luontaisia epäjatkuvuuskohtia.

Jokijatkumosta on tehty muunnelmia, jotka kuvaavat paremmin erityyppisiä systeemejä. Petersen et al. (1995) ovat määritelleet neljä perusjokijatkumotyyppiä pohjoismaalaisille joille. Niissä kuvataan erikseen etelän lehtimetsävyöhykkeen ja sekametsävyöhykkeen joet, boreaaliset joet sekä arktisten ja vuoristoaluiden joet. Näistä ovat Suomessa vallitsevina jokityypeinä etelän sekametsävyöhykkeen ja boreaalisen tyyppin joet. Boreaalisen vyöhykkeen joet sijoittuvat Pohjanmaalta Lappiin ja sekametsävyöhykkeen joet Järvi -Suomeen ja sen eteläpuolelle. Sekametsävyöhykkeen jokien toimintaan vaikuttavatkin suuresti järvissä tapahtuvat prosessit.

Jokijatkumo antaa hyvän peruskäsityksen jokisysteemin toiminnasta, mutta ei ole yleistettävissä koskemaan sellaisenaan kaikkia jokia. Joilla onkin oman luonteensa mukainen jokijatkumo omine poikkeuksineen. Jatkumo selventää jokisysteemin eri osien merkitystä kokonaisuuden kannalta ja sitä, etteivät jokiosuudet toimi itsenäisesti, vaan ovat riippuvaisia aina myös ylävirran puoleisesta toiminnasta ja maaekosysteemistä.

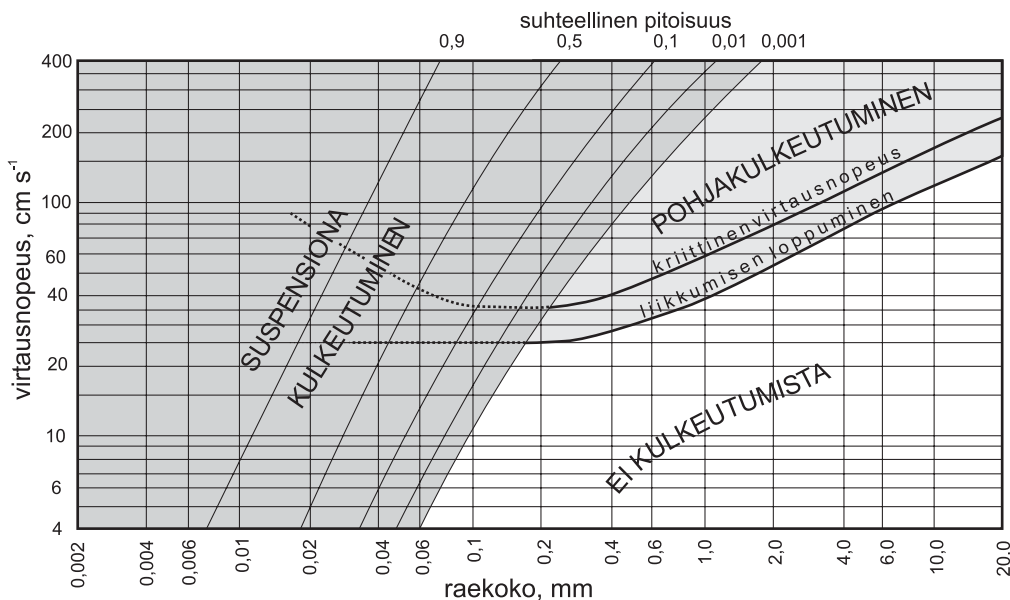
2.3 Jokiuomaan ja sen toimintaan liittyviä periaatteita

2.3.1 Uoman dynaamiset prosessit

Vesi liikuttaa maapartikkeleja ja asettelee niitä uuteen järjestykseen. Uoman muodot riippuvatkin virtauksista ja maaperän ominaisuuksista. Veden virtaus kohdistaa partikkeliin leikkausjännityksen, joka saattaa sen liikkeelle. Leikkausjännitykseen vaikuttaa virtausteho (stream power), jota voidaan arvioida potentiaalienergian alenemalla pituusyksikköä kohti. Virtausteho voidaan ilmoittaa myös pinta-alan suhteen jakamalla se uoman leveydellä (unit stream power), jolloin yksiköksi tulee Wm^{-2} . Virtaustehoa on käytetty uoman morfologisen muotoutumisen arviointiin. Muun muassa Simons & Richardson (1966) ovat esittäneet uoman pohjan muotojen määräytyvän pohjaan kohdistuvan virtaustehon ja vallitsevan partikkelikoon mukaan.

Virtaustehon käyttäminen morfologisten muutosten arvioinnissa soveltuu paremmin kitkamaalajeille. Niillä leikkausjännitystä vastustava voima riippuu pitkälti partikkelin koosta, kun taas koheesiomailla koheesivoimat vastustavat partikkelin liikkeellelähtöä. Koheesivoimiin vaikuttaa myös maan konsolidaatioaste

eli se kuinka tiiviisti partikkelit ovat asettuneet. Konsolidoitunut savi kestää hyvin virtausta, mutta löyhä savi ei. Savella partikkelin liikkeellelähden aiheuttava virtausnopeus saattaaakin vaihdella suuresti. Lisäksi ero on suuri liikkeellelähden aiheuttavan, kriittisen virtausnopeuden ja sedimentaation mahdollistavan nopeuden välillä. Tämä johtaakin siihen, että savipartikkeli kulkee kerran liikkeelle lähdettyään suspendoituneena ja laskeutuu vasta kun virtausnopeus hidastuu riittävästi, mahdollisesti tulva-alueella tai vasta järvessä tai meressä. Kitkamaalajien liikkumista on helpompi arvioida, koska se riippuu selkeämmin partikkelin ominaisuuksista (Kuva 8). Oman vaikeutensa sedimentin kulkeutumisen arvioinnille aiheuttavat materiaalit, joissa partikkelikokojakauma on epähomogeeninen. Tällöin saattaa karkeammista rakeista muodostua sedimentin pintaan kilpikerros, joka kestää hyvin virtausta, mutta jonka alla on hienompaa, herkemmin liikkuvaa materiaalia. Tällöin sedimentin liikkeellelähtö vaatii tietyn kynnsnopeuden, joka rikkoo kilpikerroksen. Ilmiötä esiintyy aktiivisissa sorapohjaisissa uomissa. Partikkelikoon ja uoman välisestä riippuvuudesta voi kuitenkin yleistäen sanoa, että jokisysteemeissä uoman materiaali muuttuu karkeammaksi ja kookkaammaksi kun uoman kaltevuus kasvaa.



Kuva 8. Eroosiota aiheuttava kriittinen virtausnopeus vaihtelee partikkelikoon mukaan. Virtausnopeuden arvot vastaavat nopeuksia 1 m pohjasta. Suhteellinen pitoisuus ilmaisee ainespitoisuuden suhdetta puolessa välissä vesipatjaa verrattuna pohjan läheiseen pitoisuuteen (mukaan Sundborg 1967).

Sedimentin kulkeutuminen ja kasaantuminen ovat eroosion ohella tärkeä osa uoman muotoutumista. Kulkeutuminen voidaan karkeasti jakaa pohjakulkeumaksi ja veteen suspendoituneeksi kulkeumaksi. Yleisesti savi ja siltit kulkeutuvat helposti suspensiona kun taas karkeammat materiaalit kulkeutuvat pohjaa pitkin. Raja ei kuitenkaan ole yksiselitteinen, koska kulkeutumismuotoon vaikuttavat myös virtausnopeus ja pyörteisyys. Uoman morfologiaan vaikuttaa voimakkaammin pohjakulkeuma, joka välillä asettuu ja lajittuu luoden uoman muodot ja pohjan rakenteen. Hienoimmat suspendoituneet savipartikkelit vaikuttavat pääasiassa vedenlaatuun.

2.3.2 Dynaaminen tasapaino

Virtavesi saavuttaa kehittyessään dynaamisen tasapainon. Kun uoma on tasapainossa, siinä ei tapahdu nettosedimentaatiota eikä nettoeroosiota. Se ei tarkoita, etteikö uomassa tapahtuisi lainkaan eroosiota tai sedimentaatiota vaan, että uoma pitää yllä sille luontaisia mittasuhteita vaikka sen linjaus muuttuisi. Dynaamisessa tasapainossa uoman pituusleikkaus on pysyvä, samoin myös sen morfologinen malli.

Ollakseen tasapainossa uoman täytyy jatkuvasti pystyä kuljettamaan ja uudelleen sijoittamaan sedimenttikeruuta, joka syntyy paikallisista syöpymistä. Uoma ei ole tasapainossa, jos syöpymiset johtavat sen syvenemiseen tai sedimenttikeruuta johtaa uoman täyttymiseen. (Rosgen 1996). Englanninkielisessä kirjallisuudessa dynaamisesta tasapainosta käytetään termejä *dynamic equilibrium* (Knighton 1998) tai *natural stability* (Rosgen 1996).

Ihmisen aiheuttamat häiriöt muuttavat systeemin dynaamista tasapainoa. Muutostenkin jälkeen virtavesisysteemi pyrkii saavuttamaan sille luontaisia mittasuhteita. Jos uoma perataan leveäksi, ei virtaus jaksa kuljettaa sedimenttiä vaan sitä alkaa kasautua ja se täyttää uomaa. Uomaan muodostuva kasvillisuus vahvistaa usein tätä kehitystä. Toisaalta uoman oikaisu hiekkaisessa maaperässä voi johtaa kasvaneisiin virtausnopeuksiin, joita maaperä ei kestä. Tällöin uoma alkaa hakea uutta linjausta syövyttäen penkkoja. Nämä prosessit ovat haitallisia rakenteiden kannalta, mutta ne voidaan nähdä myös uomamorfologian palautumisena muutoksesta. Aina muutokset eivät kuitenkaan ole palautuvia tai palautuminen on hyvin hidasta. Vaikka virtavesien palautumista pidetään yleensä nopeana, ovat Suomen virtavesien muotoutumiseen liittyvät prosessit varsin säyseitä, jopa passiivisia.

2.3.3 Määrävän virtaaman käsite

Joet ovat dynaamisia ja niiden rakenteissa tapahtuu muutoksia. Edellä mainittiin, että jokisysteemi pyrkii dynaamiseen tasapainoon, jolloin sen mittasuhteet pysyvät muuttumattomina. Määrävän virtaaman käsite (the concept of dominant discharge tai channel forming discharge) on kehitetty kuvaamaan virtaamia, jotka voimakkaimmin vaikuttavat uoman mittasuhteiden muotoutumiseen. Alivirtaamien aikana sedimenttiä ei juurikaan kulkeudu. Suurimmat muutokset tapahtuvat tulvavirtaamien aikana, jolloin veden voima on suurin. Toisaalta äärimmäiset tulvatilanteet ovat harvinaisia ja lyhytaikaisia. Tällöin voi tapahtua yksittäisiä suurempia muutoksia, kuten meanderilenkin oikaisu tai isompi rannan sortuma, mutta yleensä äärimmäisten tulvatilanteiden vaikutus uoman mittasuhteisiin on suhteellisen pieni. Uoman muotoutumiseen vaikuttavatkin eniten ne virtaamat, joiden toistuvuus sekä sedimentin kuljetuskyky on suuri. Yksinkertaisuuden vuoksi on tämä virtaamien jakauma pyritty korvaamaan yhdellä kuvaavalla virtaamalla eli määrävällä virtaamalla. Samaa morfologian ja virtaaman riippuvuutta on kuvattu tehokkaalla virtaamalla (effective discharge), joka on määritetty virtaamien ajallisen jakauman ja virtaamia vastaavan sedimentin kulkeutumisen perusteella (Knighton 1998). Virtaama on vaikuttavimmillaan, kun sen toistuvuuden ja kuljettamiskapasiteetin tulo saavuttaa maksiminsa. Määrävän virtaaman käsite on alkuaan kehitetty rakennettuihin uomiin, mutta sitä on menestyksellisesti sovellettu myös luonnon uomiin. Pohjois-Amerikassa kyseinen virtaama toistuu keskimäärin 1,4-1,6 vuoden välein (Rosgen 1996).

2.3.4 Täyden uoman vedenkorkeus ja virtaama

Täyden uoman virtaamalla (bankfull discharge) tarkoitetaan sitä virtaamaa, joka mahtuu kulkemaan uomassa ilman, että uoma tulvii. Tässä tilanteessa virtausteho on korkea suhteessa vesipinnan leveyteen. Tulvimistilanne toistuu luonnonuomissa kuitenkin verrattain usein. Täyden uoman virtaamaa onkin yleisesti käytetty määräävän virtaaman arviona.

Yleisesti täyden uoman vedenkorkeudella (bankfull stage) on tarkoitettu sitä tasoa, jolla vesi nousee luontaisen törmän yli tulvatasanteelle. Luonnon uomissa luontaisia mittasuhteita voidaan kuvata täyden uoman vedenkorkeuden avulla. Uoman leveys ilmoitetaan täyden uoman vesipinnan leveytenä (bankfull width), myös leveys/syvyys-suhde voidaan ilmoittaa vakioidusti kyseisessä virtaamatilassa. Täyden uoman leveyttä käytetään usein kuvaamaan uoman morfologisia piirteitä. Esimerkiksi syvänteiden välinen keskimääräinen etäisyys on seitsemän kertaa täyden uoman leveys.

Luontaisesti syvään uurtuneissa uomissa on vaikeaa määrittää, missä alkaa tulvatasanne. Maastossa täyden uoman vedenkorkeutta ilmentää se raja, jonka yläpuolella kasvaa puuvartista kasvillisuutta. Toinen tapa arvioida täyden uoman vedenkorkeutta on katsoa, mihin särkkien yläreunat päättyvät.

Täyden uoman määritelmä pätee vain luonnontilaisille uomille. Rakennetut tai muutetut uomat eivät ole virtauksen muotoilemia eivätkä siten toteuta luontaisia riippuvuussuhteita. Rakennetut uomat on usein mitoitettu laskennallisille tulvavirtaamille, esimerkiksi kerran kahdessakymmenessä vuodessa esiintyvälle tulvavirtaamalle.

3

Virtavesisysteemin ominaispiirteiden ja muutosten tarkastelu osatekijöittäin

3.1 Virtaveden tyyppikohtaiset tekijät

Kunnostuksen kannalta on oleellista tunnistaa virtaveden luontaiset piirteet. Kuten vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisessa tarkastelussa niin myös kunnostettaessa tyypittely auttaa näiden piirteiden tunnistamisessa. Mittakaavan vain tulee kunnostettaessa olla tarkempi.

Virtavedet ovat luonteeltaan dynaamisia. Tämä on aktiivisissa jokisysteemeissä rakenteiden toimivuuden ja kestävyuden kannalta keskeinen tekijä. Sen vuoksi kunnostuksen olisi syytä tukea virtaveden luontaista dynamiikkaa eikä toimia sen vastaisesti.

Kunnostuksen tavoitteita asetettaessa tulee virtaveden ominaisuuksia tarkastella laajasti. Tanskassa on kiteytetty hyvän virtaveden piirteet kolmeen tekijään; hyvä veden laatu, vaihteleva fyysinen rakenne ja riittävä virtaama (Fyn County 2001). Nämä piirteet voidaan ilmaista myös laajemmin kolmena virtavesisysteemiin vaikuttavana osatekijänä; veden laatu, uomamorfologia ja hydrologia. Jos tarkastellaan virtavesisysteemin ekologista toimintaa, tulee biologiset tekijät ottaa neljänneksi osatekijäksi.

Näillä kaikilla neljällä osatekijällä on vaikutus kunnostustavoitteen saavuttamiseen. Ne voivat myös toimia jaottelun pohjana tarkasteltaessa tyyppikohtaisia olosuhteita. Myös direktiivi oheistaa käyttämään pitkälti samoja tekijöitä vesien ekologisen tilan arvioinnissa. Osatekijöiden ja niihin vaikuttavien ominaisuuksien tarkastelun avulla voidaan löytää sopivat vertailuolot kunnostukselle sekä arvioida paremmin kunnostusmenetelmiä ja niiden vaikutuksia.

Yhden ainoan yleispätevän tyypittelyn kehittäminen on mahdoton tehtävä. Esimerkiksi Rosgenin (1994) uomamorfologisessa tyypittelyssä on jo lähes sata tyyppiä (ks. luku 3.1.2), eikä sekään ole tekijänsä mukaan niin tarkka, että sen tyyppisiä voisi suoraan käyttää kunnostuksen malleina. Jos tyypittelyn pitäisi tunnistaa vielä veden laadulliset, hydrologiset ja biologiset tekijät, kasvaisi tyyppien lukumäärä sitäkin suuremmaksi.

Kunnostushankkeissa tyyppikohtaisia oloja tulee katsoa aina tapauskohtaisesti. Tyypittely voi kuitenkin syventää ymmärrystä eri jokityyppien toiminnasta ja valottaa niiden herkkyyksiä eri häiriötekijöitä kohtaan. Morfologian oppikirjoissa on usein esitetty erilaisia riippuvuuksia muuttujien välille. Kyseiset korrelaatiot toimivat vain niissä olosuhteissa, joissa ne on tehty. Tyypittelyllä voidaan ilmaista, millaisiin olosuhteisiin korrelaatiot soveltuvat. Tyypittely voi myös auttaa oikeiden kunnostusmenetelmien valitsemisessa. Menetelmien vaikutukset ovat erilaisia riippuen jokityypistä. Kunnostusmenetelmien valinnassa onkin tärkeää, että pystytään ennustamaan kuinka menetelmä vaikuttaa jokisysteemiin. Tyypittely on kuitenkin lähinnä ohjaava ja kunnostussuunnittelua tukeva apuväline eikä sitä tulisi käyttää yksinään kunnostuksen tavoitteen määrittelyyn.

Seuraavissa kappaleissa on esitelty osatekijöittäin asioita, joilla on vaikutuksia jokisysteemeihin ja merkitystä tyyppikohtaisten olosuhteiden kannalta. Morfologiakohtaan on liitetty esimerkkejä maailmalla käytetyistä malleista, joilla olosuhteita voisi kuvata.

3.1.1 Hydrologiset ominaisuudet

Virtaamien suuruudet ja vaihtelu vaikuttavat uoman muotoutumiseen tarkasteltavalla jokiosuudella. Virtaamien vaihdellessa myös habitaattien määrä ja sijoittuminen vaihtelevat suuresti. Tällä on merkitystä eliöstön kannalta. Virtaamien pienuus voi johtaa esimerkiksi talvehtimisolosuhteiden heikkenemiseen, äkkinäinen virtausvaihtelu voi rajoittaa joidenkin lajien esiintymistä jne.

Valuma-alueiden hydrologiset ominaisuudet ja niistä riippuva valunta vaihtelevat runsaasti eri vesistöjen ja vesistönosien välillä. Valuntaan vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kolmeen ryhmään: ilmastollisiin, alueellisiin ja ihmisen toiminnosta aiheutuviin (Hyvärinen 1986). Kaksi ensimmäistä ovat luontaisia tyyppikohtaisia ominaisuuksia. Jälkimmäinen voidaan katsoa muutokseksi tyyppikohtaisiin ominaisuuksiin. Ihmistoiminnan vaikutusta valuntaan käsitellään tarkemmin luvussa 3.2.1.

Suomen ilmastossa ei ole jyrkkää alueellista vaihtelua ja sadeolot ovat varsin tasaiset. Etelä- ja Keski-Suomessa vuosisadanta on yleisesti 600-750 mm ja Pohjois-Suomessa 550-700 mm. Valunnan kannalta etelän ja pohjoisen eroa tasoittaa se, että haihdunta on etelässä suurempaa. Valuntakerroin vaihtelee Käsivarren alueen 80 %:sta Järvi-Suomen 30 %:iin (Hyvärinen 1986), joten pienemmästä sademäärästä huolimatta valunta on Pohjois-Suomessa suurempaa. Ilmastollisesti valuntaan vaikuttaa myös se, että talvella sade tulee lumena ja kylmän kauden aikana virtaamat vesistöissä vähenevät. Pohjois-Suomessa talvi on pidempi eikä sen aikana ole suojajaksoja, jotka aiheuttaisivat sulantaa. Siellä alin virtaama esiintyy talvella, kun taas Etelä-Suomessa alivirtaamat ajoittuvat yleisimmin kesän helajaksoille. Pohjoisessa pitkän talvijakson aikana kertyy runsaasti lunta, mikä kasvattaa kevätvirtaamia. Etelässä voi sulajaksoja esiintyä myös keskellä talvea, jolloin virtaus saattaa nousta kevättulvan tasolle.

Alueelliset tekijät voidaan jakaa mm. seuraaviin ryhmiin; valuma-alueen perusominaisuudet, topografia, maa- ja kallioperätekijät, kasvillisuus, maastotyyppi ja uomaston ominaisuudet (Seuna 1978).

Valuma-alueen perusominaisuuksiksi katsotaan sen koko, muoto ja järvisyys. Valuma-alueen koko vaikuttaa suoraan kertyvän veden määrään. Toisaalta suurempi pinta-ala merkitsee valunnan kertymisajan kasvua ja pienempää alusadannan tai sulannan intensiteettiä. Tämän vuoksi valuntahuiput ovat loivempia suurilla valuma-alueilla. Suuret valuma-alueet ovat myös maastoltaan pieniä heterogeenisempiä ja sen vuoksi alivalumat vaihtelevat vähemmän.

Alueen muoto vaikuttaa valunnan kertymiseen. Nopeinta kertyminen on pyöreiltä valuma-alueilta ja hitainta pitkiltä kapeilta alueilta. Järvet pienentävät ylivalumia oleellisesti ja tasoittavat alivalumia. Runsasjärvisillä alueilla järviin varastoituu keväisiä sulamisvesiä, joiden purkautuminen kasvattaa kesäistä valuntaa. Kuivina kesinä voi järvien vaikutus kääntyä päinvastaiseksi. Järvistä haihtuu runsaasti vettä, mikä pienentää valuntaa.

Topografia vaikuttaa valuntaan muun muassa kaltevuuden kautta, suuri kaltevuus edesauttaa valunnan nopeaa kertymistä. Sulannan kannalta kaltevuudella ei ole vastaavaa merkitystä meidän oloissamme, sillä eri suuntiin kaltevat rinneet sulavat eri nopeudella ja siten tasoittavat valunnan kertymistä. Korkeussuhteet vaikuttavat valuntaan välillisesti myös ilmaston kautta.

Maa- ja kallioperätekijät vaikuttavat veden kulkuun ja varastoitumiseen. Karkeiden maalajien imeyntäkyky on korkea ja niihin voi varastoitua runsaasti pohjavettä. Tämä tasaa tehokkaasti ylivalumia. Savikoilla maan imeyntäkyky on heikompi, jolloin pintavaluntaa syntyy helpommin. Vaikka saven huokostilavuus on suuri, sen korkea veden pidätyskyky pitää siitä purkautuvan veden määrän vähäisenä. Karkeiden maaperien pohjavesivarastot voivat puolestaan pitää yllä run-

sasta pohjavaluntaa. Toisin kuin järvistä, pohjavesistä ei tapahdu runsasta haihtumista kesäaikaan. Tämän takia niillä on merkittävä vaikutus valunnan tasaajina. Pohjavalunnan merkitys korostuu pienillä valuma-alueilla.

Kasvillisuuden vaikutus valuntaan on monitahoinen. Kasvillisuus parantaa maaperän imeyntäkykyä ja hidastaa pintavaluntaa, mikä pienentää ylivalumia. Kasvit pidättävät pinnalleen sadevettä, joka haihtuu suoraan. Ne käyttävät myös maaperän vesivarastoja, mikä johtaa valunnan vähenemiseen. Kasvillisuuden merkitys valuntaan vaihtelee kasvuston, kasvupaikan ja sademäärien mukaan.

Maastotyyppin vaikutus valuntaan riippuu pitkälti kasvillisuustekijöistä. Metsien voidaan katsoa tasoittavan valunnan vaihtelua. Huiput pienenevät pintavalunnan jäädessä pieneksi ja alivalunnat kasvavat suurehkon varastoitumisen takia. Vaikutus keskivaluntaan on epäselvempi ja ilmeisesti riippuvainen ilmastosta ja metsätyypistä. Luonnontilaiset suot pienentävät ylivalumia, koska veden purkautuminen soilta on hidasta. Soilta tapahtuu myös runsasta haihduntaa, mikä pienentää kokonaisvaluntaa.

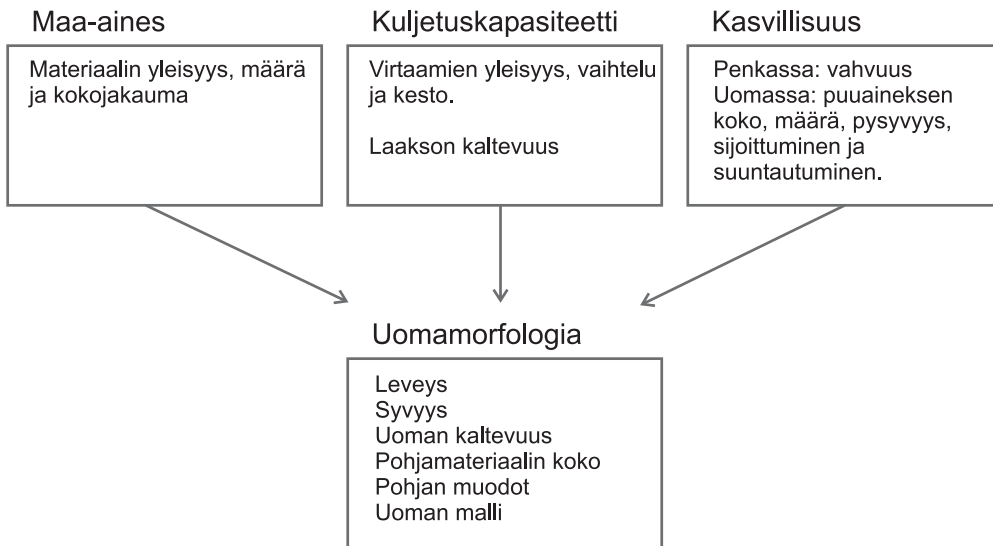
Uomaston ominaisuuksista valuntaan vaikuttaa suuri uomatiheys, joka nopeuttaa veden purkautumista valuma-alueelta. Sama vaikutus on myös uomien hyvällä vedenjohtokyvyllä.

Vaikka valuntaan vaikuttavia tekijöitä pystytään yksilöimään, ei vaikutuksia aina pysty yksiselitteisesti ilmaisemaan, sillä valuma-alue toimii kokonaisuutena ja valunta riippuu eri osasten yhteisvaikutuksesta. Vaikutus saattaa siksi vaihdella myös eri tarkastelupisteissä. Paikallisesti valuntatapahtuma voi olla äkkinäinen, mutta yhdistettynä muuhun valuma-alueella tapahtuvaan valuntaan voi nopeankin valuntatapahtuman merkitys olla eriaikaisuuden johdosta pikemminkin tasottava.

3.1.2 Morfologiset ominaisuudet

Uoman morfologia kuvaa uoman muotoja ja mittasuhteita. Morfologisia piirteitä ilmentävät uoman leveys, syvyys, kaltevuus, materiaali, pohjanmuodot ja linjaus. Luonnontilaisen uoman muodot ovat syntyneet vuosisatojen ja vuosituhansien kuluessa. Morfologiaan vaikuttaa keskeisesti kolme tekijää; maa-aines (sediment supply), sen kulkeutumiskapasiteetti sekä kasvillisuus (Montgomery & Buffington 1998) (Kuva 9).

Maa-aines voi olla paikanpäällä esiintyvää materiaalia tai se voi olla kulkeutunut ylävirrasta. Kulkeutumiskapasiteettiin vaikuttavat virtaamien suuruus, vaihtelu ja virtaamatilanteiden pysyvyys. Kulkeutumiseen vaikuttaa virtausteho, joka riippuu pitkälti kaltevuudesta. Kasvillisuuden merkitys voi olla joko suoraa tai epäsuoraa. Kasvien juuret sitovat uoman rantoja ja maanpäälliset osat hidastavat virtausnopeuksia. Epäsuorana kasvillisuuden vaikutuksena voidaan pitää kuolneiden kasvinosien vaikutuksia kuten sitä, että uomaan kaatuneet puut vastustavat virtausta ja toimivat virtausohjaimina.



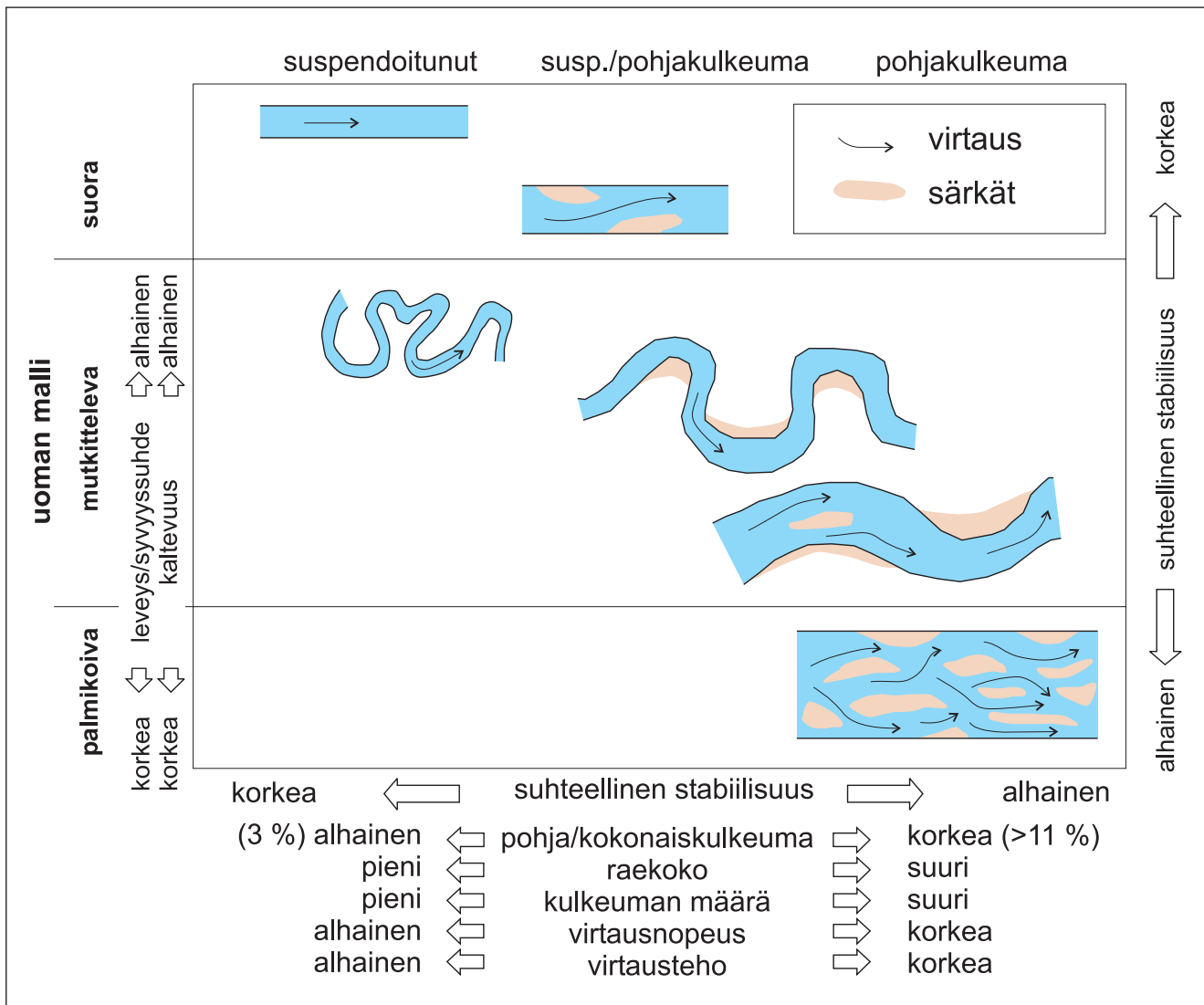
Kuva 9. Uomamorfologiaan vaikuttavat tekijät (mukaan Montgomery & Buffington 1998).

Joen morfologia on merkittävä tekijä uomakunnostusten kannalta. Morfologia kuvaa uoman muotoja ja niitä ominaisuuksia, joita uomaa muokattaessa tulee ottaa huomioon. Rakentamisen kannalta onkin tärkeää tietää, kuinka leveäksi ja syväksi uoma tulee kaivaa, eli minkä muotoinen ja kokoinen uoman tulisi olla, jotta se vastaisi luontaista täyden uoman virtaamaa (ks. kappale 2.3.4). Morfologisiin piirteisiin kuuluvat oleellisesti myös linjauksen tyyppi ja uoman kaltevuus. Morfologiaa ei voi kuvata vain yksillä mittasuhteilla, vaan uoman luontaisessa morfologiassa on tärkeää ominaisuuksien vaihtelu ja uoman rakenteiden rytmi. Uoman morfologia kertoo myös paljon uoman dynaamisesta toiminnasta ja toiminnan aktiivisuudesta.

Jokiosuuksia on tyypitelty morfologian mukaan. Tyypittelyssä joki jaetaan ominaisuuksiltaan yhtenäisiin osuuksiin. Vierekkäisten tyyppien väliseksi rajaksi voidaan katsoa kohta, jossa uoman muotoihin vaikuttava ominaisuus, esimerkiksi kaltevuus tai maaperä, muuttuu. Virtauksen aiheuttamia muotoja kuten matalikkoja tai syvänteitä ei katsota omiksi tyypeikseen, vaan ne katsotaan tyyppille ominaisiksi piirteiksi. Sen sijaan suvantojaksojen ja koskien vuorottelussa on kyse pikemminkin uomamorfologisesti erilaisista jaksoista.

Uomien morfologista tyypittelyä on tehty ainakin Yhdysvalloissa. Tunnetuimpia ovat ehkä Rosgenin (1994) julkaisema tyypittely, jota on pidetty tähänastisista kattavimpana (Hey 2001), Schummin (1977) sekä Montgomeryn ja Buffingtonin (1993) tyypittelyt.

Schummin tyypittely liittyy sedimentin kulkeutumiseen, uoman stabiilisuuteen ja uoman malliin. Schumm jaottelee uomat mallin mukaan suoriin, mutkitteleviin ja palmikoiviin. Jaottelun tyytit vaihtelevat suorasta, suhteellisen stabiilista uomasta palmikoiviin, suhteellisen epästabiileihin uomiin. Suhteellisen stabiileissa uomissa penkat ovat koheesiomaata ja sedimentti kulkeutuu suspendoituneena. Suhteellisen epästabiileissa uomissa pohjakulkeuman osuus on suuri ja penkat ovat hiekkaisia kitkamaalajeja. Näiden kahden ääripään väliin mahtuu usean tyyppisiä mutkittelevia uomia, joissa suspendoituneen sedimentin ja pohjakulkeuman suhteet vaihtelevat.



Kuva 10. Alluviaalisten uomien tyypittely (mukailtu Schumm 1977).

Montgomery ja Buffington (1993) ovat tehneet tyypittelyä Pohjois-Amerikan Tyyntenmeren puoleisella rannikolla. Tyypittely on tehty vuoristoseudulle, jossa on selkeitä alluviaali- ja kolluviaalilaaksoja. Kolluviaalilaaksosta erodoitunut sedimentti ja orgaaninen aines kertyy ja huuhtoutuu ajoittaisten tulvien mukana alavirtaan. Kolluviaaliumat toimivatkin sedimentin lähteenä jokisysteemissä. Ne ovat yleensä jyrkkiä latvavesiä ja sijaitsevat vuoren rinteillä. Alluviaalilaaksot ovat taas syntyneet tulvan tuomasta sedimentistä ja niissä virtaavat uomat kuljettavat ja lajittelevat sedimenttiä. Tyypittelyssä alluviaaliumat muodostavat suurimman ryhmän. Tyypittelyssä katsotaan alluviaali- ja kolluviaaliumien lisäksi omaksi tyypikseen kalliopohjaiset uomat. Niiden muodot perustuvat kallioperän muotoihin.

Tyypittelyssä alluviaaliumat on jaettu kuuteen luokkaan; jyrkät kosket (cascade), porrasmaiset kosket (step-pool), tasaiset kivikko- ja sorapohjat (plane-bed), virtapaikka-syvänevuorottelut (riffle-pool), hiekkapohjaiset (regime) ja palmikoivat (braided) uomat.

Jyrkät kosket ovat muodostuneet suurista kivenlohkareista (boulder), joita veden virtaus ei pysty juurikaan liikuttelemaan. Virtaava vesi kiertele lohkaroiden lomitse ja ylitse.

Porraskoskissa kookkaat kivet ja puuaines muodostavat sarjan kynnyksiä, joiden väliin muodostuu altaita. Nämä uomaosuudet ovat yleensä suorina ja melko jyrkkiä, niiden pohja-aines on kivikkoa ja leveys/syvyys-suhde alhainen.

Tasapohjaiset uomat ovat suhteellisen suorina, pitkiä ja tasasyvyisiä. Niiden kaltevuus jää alhaisemmaksi kuin porraskoskien. Niissä ei ole virtausesteitä tai voimakkaasti ohjailevia penkkoja, jotka aiheuttaisivat syvyysvaihtelua.

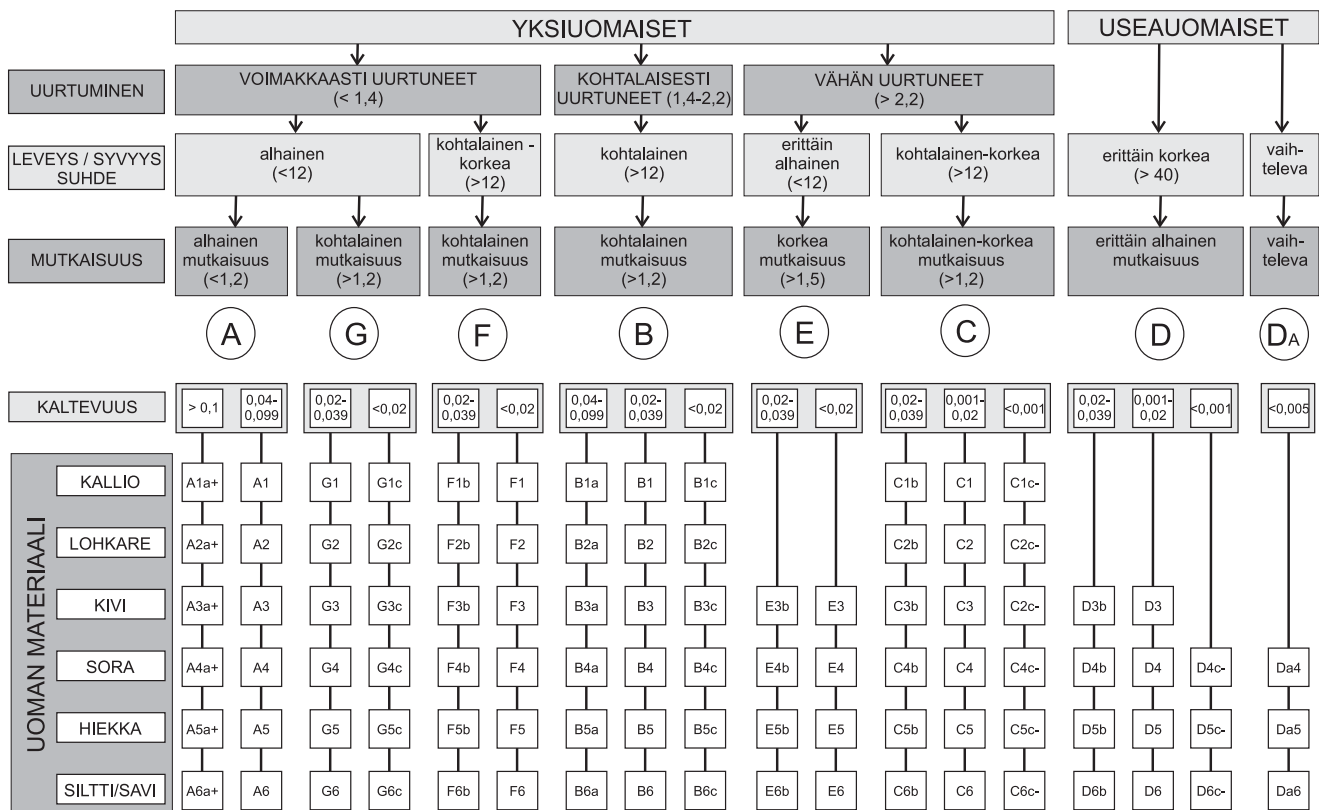
Uomat joissa **syvänteet ja virtapaikat /matalikot** vuorottelevat ovat yleensä pieniä tai keskisuuria. Ne ovat vallitsevia laaksoissa, joiden kaltevuus on kohtalainen tai alhainen. Niiden kumpuileva pohja myötäilee mutkaisuutta ja muodostaa virtapaikkoja ja syvänteitä.

Hiekkapohjaiset uomat ovat loivia ja voimakkaasti mutkittelevia. Niissä hiekka muodostaa vallitsevana materiaalina erilaisia pohjan muotoja kuten dyynejä (dunes), väreitä (ripples) ja antidyynejä (antidunes). Vallitsevat muodot määräytyvät esiintyvien virtausnopeuksien mukaan (Dingman 1984). Myöhemmin Montgomery & Buffington (1998) ovat käyttäneet uomatyypistä myös nimitystä dune-ripple. Hiekkapohjaiset uomat ovat yleensä uomaluokittelussa (ks. kappale 2.2.3) korkeamman asteen uomia, joille on muodostunut laaja laakso.

Palmikoivia osuuksia esiintyy korkeamman asteen uomissa ja niille on tyypillistä runsas pohjakulkeuma. Palmikoivissa uomissa esiintyy paljon hiekka- ja sorasärkkiä, joita useat rinnakkaiset uomat kiertävät. Aktiivinen palmikoiva uoma on huomattavasti leveämpi kuin vastaava yksihaarainen.

Montgomery ja Buffington (1998) pitävät edellä esitettyjä vapaasti muotoutuneina alluviaaliuomatyyppinä. Näiden lisäksi he käsittelevät omana tapauksenaan **pakotetut alluviaaliuomat** (forced alluvial reaches), joissa ulkopuoliset elementit, kuten kookas puuaines ja kalliopaljastumat muuttavat virtausten kulkua muodostaen syvänteitä, särkkiä ja kynnyksiä. Esimerkiksi kookas puuaines voi pakottaa uomaan syvänteitä ja virtapaikkoja, kun vastaava uoma ilman puuainesta olisi tasapohjainen. Puuaineksen vaikutuksia käsitellään tarkemmin jäljempänä tässä kappaleessa.

Rosgenin tyypittely (1994) perustuu laajaan 450 joesta kerättyyn mittausmateriaaliin. Aineisto on koottu Yhdysvaltojen, Kanadan ja Uuden-Seelannin alueilta. Tyypittelyssä tarkastellaan morfologisesti yhtenäisiä jokiosuuksia. Tyypittely ei tarkastele pelkästään uomaa, vaan huomioi myös laakson muodot. Aineisto, jonka perusteella tyypittely on laadittu, käsittää uomia pienistä latvapuroista alajuoksun kookkasiin uomiin ja hienosedimenttisisistä uomista lohkarikkoisiin ja kalliopohjaisiin uomiin. Tyypittelyn nimeämistekijöinä toimivat uoman malli (yksitai useauomainen), laakson muoto sekä uoman leveys/syvyys-suhde ja mutkaisuus. Näiden perusteella uomat jakautuvat seitsemään päätyyppiin. Päätyypit jaetaan systemaattisesti alatyypeiksi kaltevuuden ja vallitsevan pohjamateriaalin perusteella. Systemaattinen jako on selkeä, mutta johtaa suureen määrään alatyyppejä. Kaikkiaan näitä tyypppejä on 94 ja niitä nimeävä indeksointi koostuu kirjaimista A-D seitsemän päätyypin mukaan ja sekä luvuista 1-6 jotka kuvaavat pohjamateriaalia (Kuva 11). (Rosgen 1994)



Kuva 11. Rosgenin uomatyyppittelyn avain jakaa uomat uurtumisen, leveys/syvyysuhteen ja mutkaisuuden mukaan seitsemään päätyyppiin (A-D), jotka voidaan edelleen jakaa alatyypeiksi kaltevuuden ja maaperän mukaan (mukaan Rosgen 1994).

Keskeisiä uoman tyyppin määrittämiseen käytettäviä suureita ovat täyden uoman leveys ja syvyys, tulva-alttiin alueen leveys sekä uoman mutkaisuus, kaltevuus ja materiaali. Laakson muotoa kuvaa uurtumiskerroin. Se muodostuu tulva-alttiin alueen ja täyden uoman leveyksien suhteesta. Tulva-alttiin alueen leveyden määrittää vedenkorkeus, joka ylittää täyden uoman vedenkorkeuden täyden uoman syvyyden verran, eli sillä vedenkorkeudella maksimivedensyvyys on kaksi kertaa täyden uoman vesisyvyys. Jos jokilaakso on syvään uurtunut ei tulva-alue ole juurikaan täyden uoman leveyttä leveämpi. Kerroin kasvaa suureksi jos laakson pohja on tasainen ja tulva-alue leveä.

Uoman leveys/syvyys-suhde määritellään täyden uoman leveyden ja syvyyden mukaan, jolloin se on sidottu yleisesti tunnettuun määritelmään.

Mutkaisuus antaa selkeän mielikuvan joen luonteesta. Mutkaisuutta kuvataan uoman ja laakson piteuden suhdeluvulla s . Alhaisen mutkaisuuden alueella $s < 1,2$, kohtalaisen mutkaisuuden alueella $1,2 < s < 1,5$ ja voimakkaasti mutkittelevissa uomissa $s > 1,5$.

Uoman kaltevuus on määritetty vesipinnan keskimääräisenä kaltevuutena matkalta, jonka tulee olla 20-30 kertaa täyden uoman leveys. Uomamateriaali tulkitaan vallitsevan raekoon D_{50} mukaan. Tyypittelyssä uomamateriaalia kuvataan numeroin. Siinä 1 tarkoittaa kalliota, 2 lohkareita, 3 kiviä, 4 soraa, 5 hiekkaa ja 6 koheesiomaita kuten silttiä ja savea.

Esimerkiksi E6-uomatyypin on yksiuomainen, leveän tulva-alueen omaava ja sen leveys/syvyys-suhde on alhainen. Uoma mutkittellee voimakkaasti savi – silttialueella. Perusindeksoinnin lisäksi indeksiin voi kuulua vielä kaltevuutta kuvaava lisämäärä kuten esimerkiksi E6b, jolloin uoman kaltevuus rajoittuu alueelle 0,02-0,039 %.

Uomassa on morfologisia rakenneosia tai elementtejä, jotka muodostavat habitaatteja. Syvänteet ja matalikot vuorottelevat. Uomaan muodostuu särkkiä ja saarekkeita, jotka sijoittuvat ja kasvavat virtausolosuhteiden sekä kulkeutuvan sedimentin määrän ja laadun mukaan. Uoman ja penkkojen kasvillisuus hidastaa virtaamia ja sitoo juurillaan maaperää luoden kestäviä rakenteita. Kuollessaan kasvillisuus muuttuu virtavesieliöstön ravinnelähteeksi ja kookkaammat puukappalet toimivat pysyväsiltteinä uomaelementteinä kivien tapaan.

Usein syvät ja matalat osuudet vuorottelevat. Tätä vuorottelua kutsutaan englanniksi yleisesti pools and riffles. Vuorottelu liittyy veden päävirtauksen mutkitteluun. Kaarteissa virtaus keskittyy ulkokaarteeseen, johon muodostuu syvänte. Matalikot muodostuvat kaarteiden väliin. Sanan varsinaisessa merkityksessä riffle on pienten kivien ja soran muodostama matalavetinen virtapaikka. Vaikka hiekkapohjaisissa uomissa ei soramatalikkoja olisikaan, on niissä matala ns. riffle-alue. (USDA 1998) Pools and riffles onkin usein yleisilmaisuu tietyn tyyppiselle syvyysvaihtelulle. Esimerkiksi Rosgen (1994) katsoo, että uomatyypit C, DA, E ja F ovat yleisesti tyyppiä riffle/pool. Suomeksi ko. syvyysvaihtelun voi ilmaista myös virtapaikka – syvänte -vuorotteluna, koska matalikon kohdalla virtaus selkeästi kiihtyy. Syvyysvaihtelu onkin merkittävä tekijä vesitilavuuden säilymistä kannalta. Alivirtaamien aikaan matalikot määräävät vedenpinnan korkeuden ja sitä kautta vesisyvyyden syvänteissä.

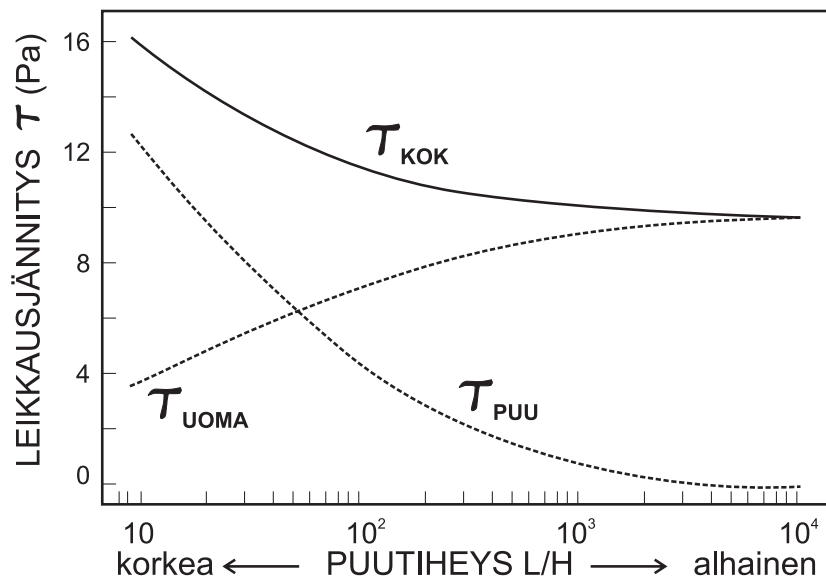
Toinen syvänteiden esiintymismuoto on step-pool. Siinä vesipinta asettuu kynnysten mukaan. Veden virtaus ja jäät asettelevat kivet, joista muodostuu kynnyksiä. Voimien pyöritellessä kiviä eteenpäin liike pysähtyy kivien tukeutuessa toisiinsa. Näin kivet muodostavat luontaisia holvimaisia rakenteita. Muodostuneet kynnykset ovat moninaisia ja harvoin uomaan nähden aivan poikkisuuntaisia. Kynnysten taakse patoutunut vesi purkautuu kohtisuoraan kynnysten yli, mikä hajauttaa tai kohdistaa virtausta. Kynnysten aiheuttamat pudotukset muodostavat ja ylläpitävät kynnysten alapuolisia syvänteitä. Tämän tyyppistä rakennetta esiintyy usein koskissa.

Särkät muodostuvat veden kuljettamasta karkeasta maa-aineksesta. Sitä kasautuu kulkeutuvan aineksen ja veden voiman suhteessa. Savimaiden uomissa savi kulkeutuu suspendoituneena, jolloin se ei muodosta särkkiä. Tällöin uoman penkat ovat usein kauttaaltaan jyrkkiä. Karkeammassa maaperässä aktiivisiin uomiin muodostuu voimakkaita särkkiä sisäkaarteisiin. Äärimmäisenä esimerkkinä voisi mainita palmikoivat uomat, joissa materiaalia on niin runsaasti, että virtausteho muodostuu rajoittavaksi tekijäksi kulkeutumiselle. Palmikoiviin uomiin syntyykin kulkeutuvasta aineksesta alati muuttuvia särkkiä ja saaria, jotka jakavat virtauksen useisiin uomiin. Virtaveden piirteitä on kuvattu varsin kattavasti esimerkiksi teoksessa River Habitat Survey in Britain and Ireland, Field Survey Guidance Manual: 2003 Version (Environment Agency 2003).

Kasvillisuus toimii ravinnon tuottajana ja suojan antajana, mutta sillä on merkitystä myös fyysisen elinympäristön muotoutumisen kannalta. Kasvillisuus yleensä lisää karkeutta ja siten vaimentaa virtausnopeuksia. Kasvillisuus myös sitoo juurillaan maata. Esimerkiksi vesirakennusohjeissa erilaatuisten uomien suurimmaksi sallituksi nopeudeksi on hyvin juurtuneelle nurmelle ilmoitettu 1,8 m/s, kun vastaavat arvot kivikolle, karkealle soramaalle ja hienolle hiekkamaalle ovat vain 1,5 m/s, 0,8 m/s ja 0,35 m/s (Hosia 1982). Nämä ohjeelliset suunnittelun raja-arvot antavat selvän viitteen kasvillisuuden merkityksestä uoman luiskien sitojana.

Uomaan kaatuneilla puilla on erityinen ekologinen merkitys. Suomi on metsäinen maa, joten uomissa pitäisi luontaisesti olla runsaasti kuollutta puuainesta. Siitä huolimatta sen merkitykseen uoman ekologissa ja morfologisessa toiminnassa on kiinnitetty hyvin vähän huomiota. Sitä on pikemminkin pyritty poistamaan kunnostusten yhteydessä. Maailmalla on viime vuosina tutkittu runsaasti kookkaan puuaineksen, large woody debris (LWD) tai coarse woody debris (CWD), merkitystä jokisysteemissä. Esimerkiksi kirjallisuuskartoitus, Annotated Bibliography on the Ecology, Management, and Physical Effects of Large Woody Debris (LWD) in Stream Ecosystems (Lassettre 1999) pitää sisällä 279 artikkelia aiheesta. Kookkaalla puuaineksella tarkoitetaan yleisesti suuria puun runkoja ja juurakoita, joiden pituus on yli 1 m ja halkaisija suurempi kuin 10 cm. Puuaineksella onkin havaittu olevan monia positiivisia vaikutuksia jokiekosysteemiin.

Kookkaan puuaineksen on havaittu lisäävän syvyysvaihtelua (Beechie & Sibley 1997) ja muodostavan suojaisia habitaatteja pohjaeliöstölle ja kaloille. Erityisesti lohikalajien on havaittu hyötyvän kookkaasta puuaineksesta (Flebbe & Dolloff 1995, Zika & Peter 2002). Se myös vähentää sedimentin kulkeutumista jokisysteemissä (Gurnell et al. 1995). Yleisesti ottaen puuaines ottaa vastaan virtauksen aiheuttamaa leikkausjännitystä ja siten stabiloii uomaa (Kuva 12).

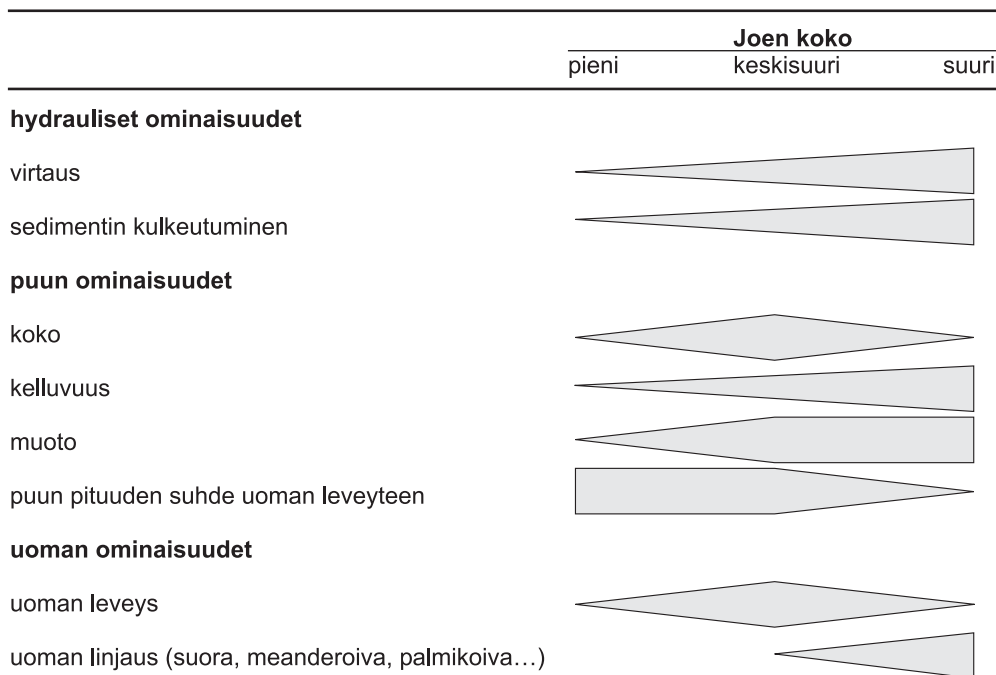


Kuva 12. Puuaineksen vastaanottama leikkausjännitys vähentää uoman pohjaan kohdistuvaa leikkausjännitystä. Puutiheys on ilmoitettu puiden keskimääräisen halkaisijan (L) ja keskimääräisen välimatkan (H) suhteena. Kuvan esimerkki kenttämääritetyistä leikkausjännityksen arvoista uomassa, jonka kaltevuus on 0,35% ja keskisyyvyys 0,36m (mukaan Hygelund & Manga 2003).

Puuaineksen esiintyminen vaihtelee erityyppisissä uomissa. Puuaineksen kierrolla virtavesissä on oma dynamiikkansa. Puita kaatuu uomaan, ne kulkeutuvat alavirtaan tai eliöstö hajottaa ne. Vaikka puu hajoaakin, sitä voi pitää pysyväisluonteisena elementtinä, koska luonnossa uusia puita tulee vanhojen tilalle. Lähtökohtaisesti puun esiintymiseen vaikuttaa se, kuinka paljon sitä uomaan tulee. Puun määrä, koko ja lajit ovat suoraan verrannollisia ympäröivään puustoon. Avomilla alueilla on vähemmän puuainesta kuin metsäisillä. Toiseksi esiintymiseen vaikuttaa se, kuinka puu pysyy paikallaan tai liikkuu. Puun liikkuminen on vä-

häisempää pienissä uomissa. Niissä puu jää yleensä kaatumisen jälkeen paikoilleen. Siksi puuainesta on eniten pienissä uomissa ja samalla sen suhteellinen merkitys on suuri. Lisäksi puuta tavataan runsaammin kookkaampien uomien rantavyöhykkeillä, missä sillä on oma tärkeä ekologinen merkityksensä. Ranta-alueet toimivat muun muassa kalanpoikasten elinalueina.

Puun liikkumiseen eivät vaikuta ainoastaan uoman ominaisuudet, vaan myös puun ominaisuudet kuten tiheys, muoto ja koko. Pienissä uomissa puun liikkumista rajoittaa selvimmin puun pituuden suhde uoman leveyteen, kun taas suurissa joissa merkittävimmi tekijöiksi nousevat uoman hydrauliset ominaisuudet sekä puun kelluvuus ja muoto (Kuva 13). Esimerkiksi puun rungot, joissa on harottava juurakko, pysyvät suorina rungon kappaleita paremmin paikoillaan.



Kuva 13. Hydraulisten piirteiden sekä puun ja uoman ominaisuuksien suhteelliset merkitykset puuaineksen paikallaan pysymiseen (Gurnell et al. 2002).

Nykyisen tehometsätalouden aikana puunkierto on muuttunut siten, että metsissä on lähinnä aktiivisessa kasvuvaiheessa olevia puita, jotka tietyn koon saavuttuaan korjataan pois. Kuolevia ja kaatuilevia puita on vähän. Tämä on osaltaan vaikuttanut puun määrään uomissa. Uomia on myös siistitty ja puita on poistettu maisemallisista syistä. Uomaan kaatuneet puut koetaan usein epämiellyttäväksi hoitamattomuudeksi. Myös vesirakentamistöiden yhteydessä puuaines poistetaan uomasta. Koitajoella on havaittu, että Venäjän puoleisilla luonnontilaisiksi katsottavilla alueilla on puuainesta 10-100 -kertainen määrä suomalaisiin puroihin verrattuna. Siellä puuainesta on keskimäärin 331,6 m³/ha, kun taas Suomen puolella määrä on 16,8 m³/ha (Liljaniemi et al. 2002).

Luonnontilan palauttamisen kannalta on yksinkertaista arvioida puuaineksen palauttamista. Riittää, kun kopioi luontoa ja palauttaa puita vertailuoloja vastaavan määrän. Kalataloudellisten kunnostusten kannalta olisi arvokasta tutkia puuaineksen vaikutusta kalastoon eli sitä, onko puuaineksella Suomen vesistöissä saman suuntaisia myönteisiä vaikutuksia, joita muualla on havaittu.

Suomen ominaispiirteitä

Suomessa maanpinnan muodot eivät ole yhtä selkeästi fluviaalimuotoutuneita kuin eteläisempien alueiden, joissa vedet ovat virranneet samoja reittejä pitkin satojatuhansia vuosia. Täällä geomorfologisten muotojen syntymiseen ovat vaikuttaneet voimakkaasti jääkaudet. Suomen geomorfologialla onkin enemmän yhtäläisyyksiä muiden jäätiköityneiden alueiden kuten Kanadan kilven kanssa (Alalammi 1986).

Suomen korkeuserot johtuvat pitkälti kallion pinnanmuodoista. Niihin on vaikuttanut viimeksi mannerjäätikön kulutustoiminta, jossa on syntynyt kallioperän kulutuskorkokuva. Mannerjäätikkö on myös siirrellyt ja kasannut irtonta maamateriaalia, moreenia, joka muodostaa glasiaalisen kerrostumakorkokuvan. Tämä korkokuva on vallitseva alavilla alueilla.

Mannerjäätikön sulamisvedet virtasivat jäätikköjokina jään päällä, jään sisällä railoissa ja sen alla tunneleissa. Ne kuljettivat ja lajittelivat materiaalia, joka virtausnopeuden hidastuessa kerrostui uomaan tai jäätikköjoen suulle muodostaen harjuja ja reunamuodostumia. Näitä muodostumia kutsutaan glasiofluviaalisiksi korkokuviksi. Niillä on suuri merkitys vesistöjemme luonteeseen. Esimerkiksi Salpausselkä toimii vedenjakajana Järvi-Suomen ja vähäjärvisen rannikon välillä. Jääkauden jälkeisinä järvivaiheen aikoina muodostuivat mariinis-litoraaliset korkokuvat. Muun muassa rannikon saviset tasangot ovat muodostuneet syvään veteen ja paljastuneet maanpinnan kohoamisen myötä. Tuuli taas aikaansaa eolisia korkokuvia, joita Suomessa on varsin vähän ja joista merkittävimmät sijoittuvat Pohjanlahden rannikolle. Virtaava vesi on puolestaan muodostanut fluviaalisen korkokuvan. (Alalammi 1986) Se on kehittynyt pitkän ajan kuluessa niissä prosesseissa, joita tässä työssä käsitellään uomamorfologisena toimintana kuten eroosiossa, ainesten kulkeutumisessa ja kasaantumisessa (ks. kappale 2.3).

Nykyinen jokiverkostomme seurailee vanhaa kallioperän ohjailemaa preglasiaalista laaksosysteemiä. Laaksot ovat kuitenkin suureksi osaksi täyttyneet jääkauteen liittyvien prosessien aikana ja nykyiset uomat ovat uurtuneet näihin kerrostumiin. Monin paikoin nykyisten jokiemme toiminta on vielä nuorta eivätkä jokilaaksot ole ehtineet tai pystyneet juurikaan uurtumaan. Jokiemme pituuskaltevuutta määräävät kallio- ja moreenikynnykset. Näin ollen jokilaakson muodoista ei aina voida puhua fluviaalisena korkokuvana vaan usein laakson muoto on mariinis-litoraalinen tai glasiaalinen. Riippumatta laakson korkokuvasta jokaisen pienenkin puron yhteydessä tavataan fluviaalimorfologisia ilmiöitä (Alalammi 1986).

3.1.3 Vedenlaadulliset ominaisuudet

Vesien laatua on perinteisesti tarkasteltu niiden käytön kannalta, jolloin veden halutaan olevan mm. kirkasta. Siinä ei saisi olla haitallisia aineita ja sen tulisi olla happamuudeltaan lähellä neutraalia. Luonnontilaiset vesistöt eivät kuitenkaan aina ole erinomaisia käytön kannalta. Ne eivät usein ole kirkkaita tai kemiallisesti puhtaita. Luonnonvesissä esiintyy kemikaaleja, joita voidaan pitää haitallisina tai jotka muuttavat veden ulkonäköä. Toisaalta vesissä voi olla puutteita kemikaaleista, joiden olemassaolo on tärkeää eliöstön hyvinvoinnin kannalta. Nämä luonnontilaiset tausta-arvot ovatkin ohjanneet vesiympäristön ekologista toimintaa. Kemialliset ominaisuudet ovat yksi osatekijä vesisysteemin ekologisessa toiminnassa.

Luonnonvesiemme kemiallisiin arvoihin vaikuttaa pitkälti se, minkä tyyppisten maaperäkerrosten läpi vesi kulkee ennen purkautumistaan pintavesiin. Kallioperästä murskautunut ja mannerjään kuljettama moreeni on vesiemme kannalta merkittävin maaperäkerros. Moreenin lähtöpaikaltaan kulkema matka vaih-

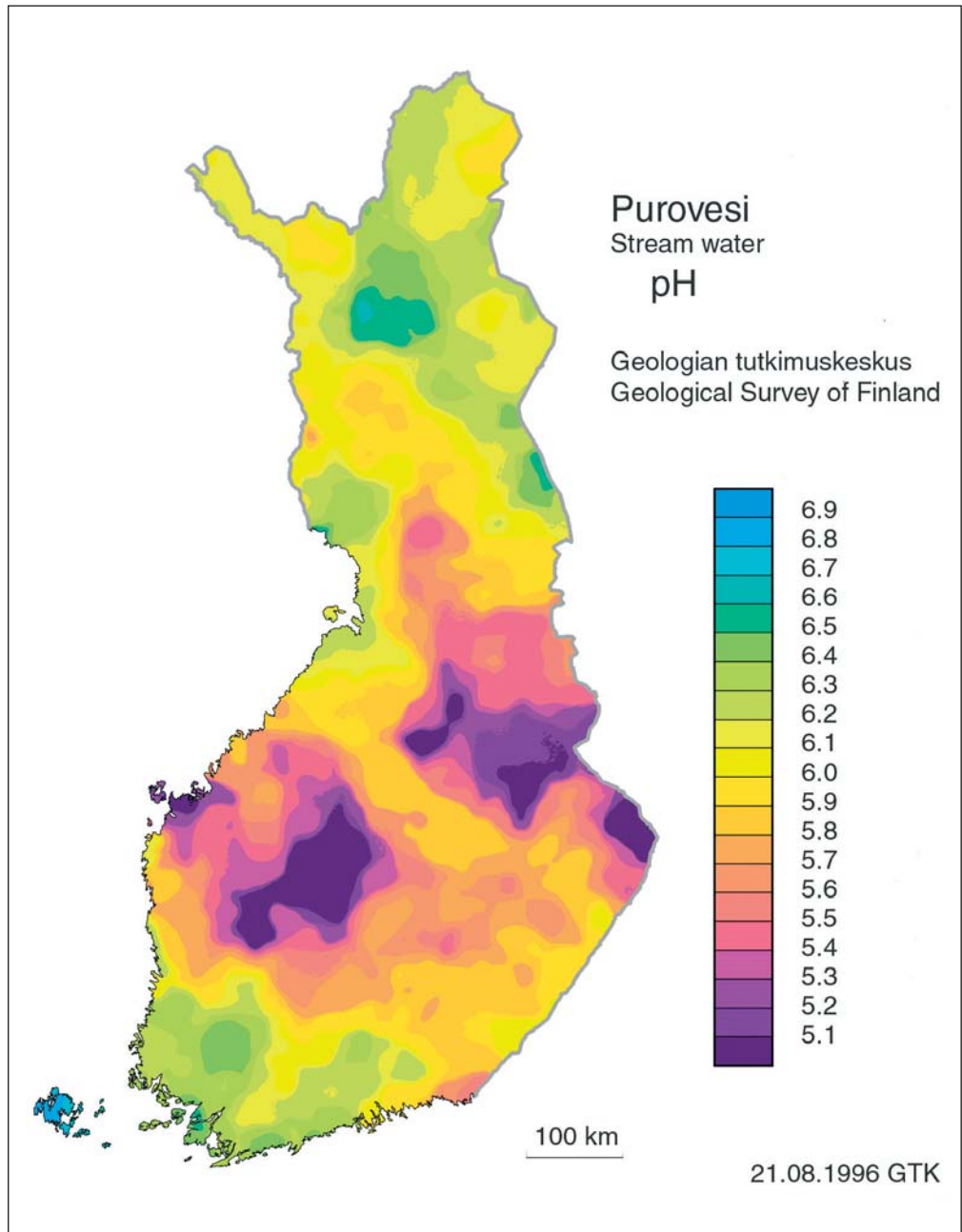
telee kymmenistä metreistä kilometreihin. Pintamoreeni on kulkeutunut kauempaa kuin samalla paikalla syvällä oleva moreeni. Moreenin mineraloginen ja kemiallinen koostumus vastaavat lähes paikallista kallioperää. Pienet määrät kauempaa kulkeutunutta ainesta eivät vaikuta moreenin koostumukseen ja siitä suotautuvaan veden laatuun, kalkkikiveä ja malmimineralisaatioita luukuun ottamatta. (Lahermo et al. 1996)

Maassamme on niin vähän hiekka- ja sorakerrostumia, ettei niillä ole suurta merkitystä yleiseen vesien laatuun. Lajittuneista maalajeista voi kuitenkin purkautua runsaasti laadullisesti stabiilia pohjavettä, jolloin sen paikallinen merkitys saattaa olla suuri.

Meren ja järvien pohjalle kerrostuneita savi- ja silttikerrostumia on eniten rannikkokaistalla, joka on paljastunut maan kohotessa. Siellä ne muodostavat huomattavan osan pienten valuma-alueiden pinta-alasta. Veden ja saven väliset reaktiot ovat nopeampia kuin veden ja karkeamman aineksen, joten savikoilta huuhtoutuu vesistöihin enemmän aineita kuin moreeni- ja turvemailta. (Lahermo et al. 1996)

Turvekerrostumia on runsaasti Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalta aina Keski-Lappiin asti. Turvekerrostumista huuhtoutuu runsaasti liuennutta ja liettynyttä orgaanista ainesta, mikä vaikuttaa veden happamuuteen ja metallien kulkeutumiseen. Alueilta, joiden kallioperä on paljastunut tai maakerros ohut, liukenee pintavesiin vain pieniä ainesmääriä, ja niiltä tulevat vedet ovat alttiita happamoitumiselle.

Maaperän ominaisuudet tulee ottaa huomioon kun vertaillaan vesistöjen ominaisuuksia keskenään. Valuma-alueen geokemialliset ominaisuudet voivat rajoittaa vesistössä esiintyviä lajeja ja toisaalta muodostaa joillekin lajeille erinomaiset olosuhteet. Erityyppiset maaperät reagoivat eri tavoin ihmisen aiheuttamiin muutoksiin. Jotkut voivat olla herkkiä pienemmillekin muutoksille, joillakin on kykyä puskuroida tai pidättää itseensä ihmisen aiheuttamia aineskuormia. Olosuhteiden muutokset saattavat johtaa suuriinkin veden kemiallisiin muutoksiin. Esimerkiksi kuivatusolojen muutokset voivat lisätä raudan pitoisuuksia purkautuvissa vesissä tai aiheuttaa alunamailla veden pH-arvojen heilahtelua. Suomen geokemiallisessa atlaksessa on käsitelty laajasti maaperän kemiallisten ominaisuuksien vaihtelua ja niiden vaikutuksia veden kemialliseen laatuun. Atlaksen kolmas osa (Lahermo et al. 1996) käsittelee purovesien ja niiden sedimenttien kemiallista laatua. Siinä esitetyt pitoisuuksien jakaumat (Kuva 14) antavat suuntaviivoja alueellisista ongelmista tai rajoitteista, mutta myös potentiaalisista mahdollisuuksista.



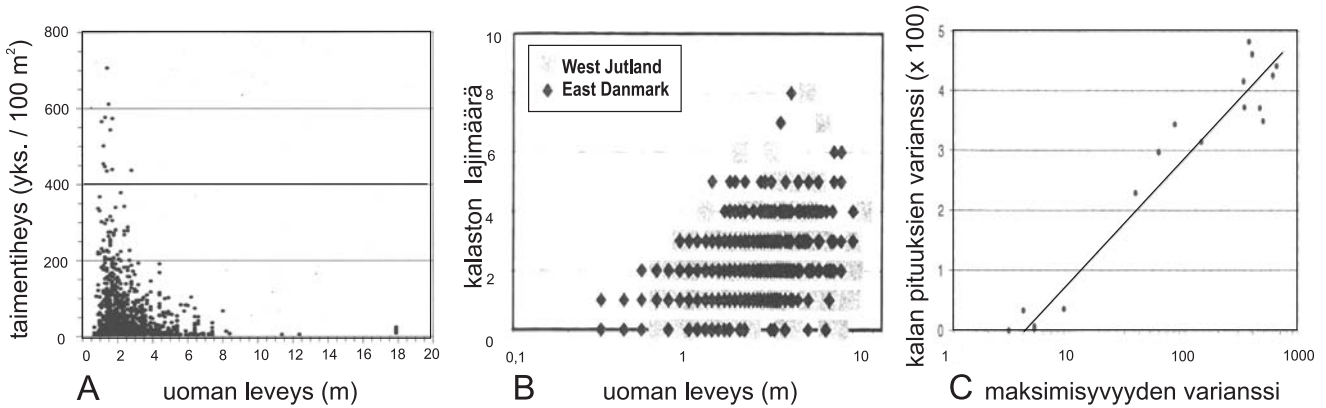
Kuva 14. Happamuus saattaa aiheuttaa rajoitteita eliöstölle, mikä on syytä huomioida asettaessa kunnostuksille tavoitteita. Purovesien pH-arvojen alueellinen jakauma (lähde Suomen geokemian atlas osa 3; Lahermo et al. 1996).

Maaperä vaikuttaa myös maankäyttöön, jolloin se ohjaa välillisesti muutoksia. Savikoita on esim. laajasti raivattu pelloiksi, moreenimaat ovat säilyneet paremmin metsäisinä ja turvealueita on ojitettu metsäkasvun parantamiseksi. Yleisesti onkin suuri ongelma selvittää, mikä on ihmisen aiheuttamaa lisäkuormaa ja mitkä arvot ovat vesistölle luontaisia.

Pienillä valuma-alueilla paikallinen vaihtelu voi olla voimakkaampaa kuin suurilla valuma-alueilla, joilla vedet kertyvät useista sivuhaaroista ja eri alueilta, jolloin pitoisuuksien ääripäät laimenevat ja veden laatu on tasaisempaa. Suurem-

rin uomissa. Alueellista jakaumaa ilmentää myös se, että karkeaan pohjamateriaaliin kutevia taimenia ja nahkiaisia ei tavata luontaisesti täysin hiekkaisella maa-perällä virtaavissa puroissa (Dieperink 2003).

Maksimisyvyyden vaihtelulla on myös havaittu olevan positiivinen korrelaatio kalaston monimuotoisuuden ja kokojakauman kanssa (Jungwirth et al. 1995).



Kuva 15. Kalaston riippuvuuksia uoman ominaisuuksien suhteen. A taimentiheyden suhde uoman leveyteen (Nielsen 1997). B lajimäärän suhde uoman leveyteen (Dieperink 2003). C kalojen pituusvaihtelu suhteessa uoman syyyysvaihteluun (Jungwirth et al. 1995).

Vaikka biologiset tekijät indikoivat luonnontilaisen joen ominaisuuksia, eivät niiden muutokset aina kuvaa muutosta abioottisissa tekijöissä. Biologiin tekijöihin voi kohdistua myös suoria paineita, kuten kalastus tai vieraat lajit (ks. kappale 3.2.4). Tämä on syytä ottaa huomioon asetettaessa kunnostukselle ekologisia tavoitteita. Biologisten tekijöiden kesken on myös voimakasta vuorovaikutusta mikä osaltaan vaikeuttaa niiden tulkintaa.

3.2 Vesistöissä tapahtuneet muutokset

Vesiamme on hyödynnetty monin tavoin. Toisaalta liiallisesta vedestä on haluttu päästä eroon. Muutosten vaikutukset vesiluontoon ovat hyvin moninaiset. Yhdestä toimenpiteestä saattaa aiheutua suoria vaikutuksia, joista edelleen voi seurata hyvin moninainen ja pitkä seurausten ketju. Esimerkiksi säännöstely vaikuttaa suoraan virtaamiin. Virtaamavaihtelusta seuraa vedenkorkeuden vaihtelua, joka puolestaan saattaa aiheuttaa rantaeroosiota. Tästä seuraa veden ja pohjan laadun muutoksia, joilla on edelleen ekologisia vaikutuksia. Toisaalta virtaamien ja vedenkorkeuden vaihtelut voivat jo suoraan aiheuttaa ekologisia muutoksia. Pitkät reaktiketjut ja vaikutusten asteittainen vaimeneminen vaikeuttavat vesistömuutosten arviointia. Kunnostuksen kannalta olisi hyvä kohdistaa toimenpiteet varsinaisiin ongelman aiheuttajiin eikä vain oireiden hoitoon. Tällöin on hyvä tietää, miten erilaiset toimenpiteet vaikuttavat vesiemme toimintaan. Vaikutukset eivät suinkaan riipu vain toimenpiteistä, vaan myös pitkälti vesistön herkkyydestä kyseistä muutosta kohtaan. Vesiä rakennettaessa ja niitä kunnostettaessa olisi tärkeää pystyä ennakoimaan vesijärjestelmien reaktioita muutoksiin. Joen tyyppin tunnistaminen edesauttaa vaikutusten arviointia sekä soveltuvien kunnostusmenetelmien valintaa.

Vesipolitiikan puitedirektiivi edellyttää EU:n jäsenvaltioilta sekä vesien tyyppittelyä että niiden tilan arviointia. Vesien tilan arviointiin kuuluu keskeisesti vesiä kuormittavien ja muuttavien tekijöiden tunnistaminen. Näiden kartoittaminen vesistöistä on tärkeää myös kunnostamisen kannalta. Tarkastelun kannalta on ongelmallista se, että vesiä on muuteltu jo vuosisatoja eikä kaikkia muutoksia ole dokumentoitu. Rakennetuissa vesistöissä on usein tehty myös päällekkäisiä toimenpiteitä. Esimerkiksi aikoinaan perattuja jokia on perattu lisää, jolloin viimeisimmät asiakirjat eivät paljasta todellista muutosta suhteessa alkuperäiseen. Samalle osuudelle saattaa osua myös useita erilaisia toimenpiteitä, kuten perkaus, pengerrys, säännöstely, kuormitus, vedenotto jne. Tällöin haitan aiheuttajia on vaikea yksilöidä. Lisäksi muutosten arviointia vaikeuttaa vesistöissä tapahtuva luontainen elpyminen, joka lieventää toimenpiteiden haitallisia vaikutuksia. Oman ongelmansa aiheuttavat ne toimenpiteet, joilla on pyritty kompensoimaan tai ehkäisemään haittoja. Voidaan kysyä, olisiko esimerkiksi kirjolohi-istutukset tai säännöstelyn haittoja ehkäisemään tehdyt eroosiosuojaukset nähtävä vesien ekologisesti tilaa alentavina muutoksina.

Euroopassa on kehitetty menetelmiä jokien rakenteellisen tilan arviointiin. Britanniassa on käytössä River Habitat Survey (RHS) (Raven et al. 1998). Se perustuu laajaan jokien fyysisiä rakenteita kuvaavaan tietokantaan ja sen avulla voidaan tehdä vertailevia arvioita tarkasteltavan vesistön osan tilasta. RHS-parametrit koostuvat luontaisista piirteistä, kuten morfologiasta ja kasvillisuudesta sekä ihmisen tekemistä rakenteista ja toiminnasta.

Saksassa vesistöjen rakenteellisen tilan tarkastelua valmistelee Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Sen esittämässä arvioinnissa nykytilaa verrataan oletettuun luonnontilaan, niin kuin tehdään myös saksalaisessa kunnostussuunnittelun toimintamallissa, tavoitekuvatarkastelussa (ks. kappale 5.1). LAWAN mallissa arviointi tapahtuu kaksitasoisesti. Siinä on laajempi aluetarkastelu Übersichtsverfahren, joka perustuu karttoihin, ilmakuviin ja kyselyihin. Yksityiskohtaisempi tarkastelu Vort-Ort-Verfahren perustuu paikan päällä tehtyihin havaintoihin. (Hanski 2000)

Itävallan aluehallinnossa on kullakin alueella käytössä oma menetelmä. Menetelmät kuitenkin pohjautuvat vanhempaan Werthin menetelmään. Menetelmässä vertailukohdaksi on otettu luonnontila. (Parthl 2002)

Ranskassa jokien tilan arviointiin on kehitteillä Physical SEQ-menetelmä. Siinä vesistön tilan arviointi tapahtuu tyyppikohtaisten ominaisuuksien perusteella. Arviointi tapahtuu asiantuntija-arviona 29 jokityypin pohjalta. (Stroffe & Fontaine 2002)

Näiden lisäksi Euroopan yhteisön maissa on käynnissä yleiseurooppalaisen standardin tekeminen jokien hydromorfologisten piirteiden arvioimiseksi, Water quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers. (CEN/TC 230 3003)

Hanski (2000) on tutkinut jokien rakenteellisen tilan arviointia EY:n vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpanon taustaksi. Tutkimuksessa on vertailtu muun muassa eurooppalaisten menetelmien soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin. Keskieurooppalaiset menetelmät eivät suoraan sovellu Suomeen. Harvaan asutun, laajan maan kannalta menetelmät ovat työläitä ja arviointikriteerit soveltuvat paremmin keskieurooppalaisiin oloihin ja rakentamisen intensiteettiin. Yhdistelmällä menetelmiä voidaan todennäköisesti saavuttaa Suomeenkin soveltuva ratkaisu. Kriteerit tulisi myös valita siten, että niitä olisi mahdollista tarkastella valmiista laajamittakaavaisesta lähdemateriaalista kuten kartoista ja ilmakuvista.

3.2.1 Hydrologiset muutokset

Hydrologiset muutokset johtuvat joko liiallisen veden pois johtamisesta tai veden hyödyntämisestä. Hyödyntäminen vaatii usein veden säännöstelyä. Säännöstelyä voidaan toteuttaa eri lähtökohdista, kuten voimatalouden, tulvasuojelun, vedenhankinnan tai virkistyskäytön näkökulmasta. Voimatuotannon kannalta on tärkeää, että vettä pystytään varastoimaan ja hyödyntämään tarpeen mukaan. Veden varastointia varten säännöstellään olemassa olevia luonnonjärviä tai rakennetaan tekoaltaita. Kun tuotetaan säätövoimaa sähkönkulutuksen päivittäisiin huippuihin, säännöstely toimii vuorokausirytmillä. Toisaalta valunta ja sähkön kulutus eivät jakaudu tasaisesti koko vuodelle. Tämä luo toisenlaisen säännöstelytarpeen. Altailla voidaankin pyrkiä tasoittamaan vuodenaikaisvaihtelua varastoimalla niihin keväisiä sulamisvesiä ja käyttämällä niitä talvella sähkön tuotantoon. Altailla voidaan pyrkiä tasaamaan eri vuosien välisiä valuntaeroja. Tällöin säännöstely on ylivuotista, kuten Lokan ja Porttipahdan altaiden säännöstely.

Lyhytaikaissäännöstelyä on pidetty jokisysteemin kannalta haitallisimpana. Sen vaikutus on voimakkainta säännöstelykohdan alapuolella. Lyhytaikaissäännöstelyn vaikutukset vaimenevat alavirtaan päin mentäessä. Se, kuinka kauas alavirtaan vaikutus ulottuu, riippuu alapuolisesta vesistöstä, sen kyvystä vaimentaa virtausvaihtelua ja säännöstelyn intensiteetistä. Nopearytmisen säännöstely vaikuttaa voimakkaasti lähietäisyydelle. Pidemmässä jaksossa tapahtuva säännöstely vaikuttaa kauemmaksi alavirtaan, mutta ei ole niin haitallinen lähietäisyydellä jokisysteemin kannalta kuin voimakkaat lyhytaikaiset vaihtelut. Ylävirran puolelle lyhytaikaissäännöstelyn vaikutus on pieni, jos säännösteltävä vesivarasto on laaja.

Säännöstelystä on haittaa virtavesisysteemille ja sen ekologiselle toiminnalle. Voimakkaat virtausvaihtelut aiheuttavat eroosiota. Toisaalta ylivirtaamien leikkaus vaikuttaa myös määrääviin virtaamiin (ks. kappale 2.3.3), jolloin uoman morfologinen toiminta häiriytyy. Ylivirtaamien pienentyminen voi johtaa uoman umpeenkasvuun ja sedimentaation lisääntymiseen.

Maankäytön muutokset vaikuttavat alueiden hydrologisiin ominaisuuksiin. Muutos on voimakkain, jos sadeveden imeytyminen maahan estyy. Näin käy, kun alueita rakennetaan tehokkaasti. Kaupunkialueiden päällystetyille pinnoille kuten tie- ja piha-alueille sekä katoille satanut vesi johdetaan sadevesiviemärin kautta vesistöihin. Tämä aiheuttaa merkittävää kasvua valuntahuipuissa (esim. Melanen & Laukkanen 1981, Kotola & Nurminen 2003). Tämän lisäksi läpäisemättömät pinnat estävät uuden pohjaveden muodostumisen, mikä puolestaan vähentää alivirtaamia. Yhdessä nämä johtavat valuntojen äärevöitymiseen. Jos läpäisemättömät pinnat edustavat huomattavaa osaa valuma-alueesta, aiheutuu myös morfologisia ongelmia. Määräävän virtaaman kasvu voi muuttaa uoman epästabiliiksi ja siitä seuraa eroosiota. Toisaalta alati kasvavassa uomassa riittää yhä vähemmän vettä alivirtaamien aikana (Werritty 1997).

Myös metsäojitusten ja hakkuiden on havaittu vaikuttavan alueen hydrologiaan. Vaikutukset eivät ole kuitenkaan suuruusluokaltaan verrattavissa edellä mainittuihin. Metsänhoitotoilla on useita vaikutusmekanismeja, joista toiset kiihdyttävät valuntaa ja toiset hidastavat (Kenttämies & Saukkonen 1996). Vaikutukset ovat myös riippuvaisia ajasta, joka on kulunut toimenpiteistä, ja siitä, miten alueet sijaitsevat suhteessa muuhun valuma-alueeseen (Seuna 1986, Ahtiainen & Huttunen 1995). Hydrologisten vaikutusten lisäksi metsäojitukset saattavat aiheuttaa huomattavaa kiintoaineskulkeumaa, koska uudet uomat eivät ole luontaisessa tasapainossa. Ojia on saatettu tehdä eroosioherkille alueille, jolloin virtaava vesi saa aikaan voimakkaan kiintoaineen liikkeellelähdon (Ahtiainen & Huttunen 1995). Hiekan ym. kiintoaineen kulkeutuessa vesistöön voivat ojituksen morfologiset, biologiset ja veden laadulliset vaikutukset olla huomattavia (esim. Vuori, Joensuu & Latvala 1995, Jutila et. al. 1995, Virkanen & Tikkanen 1998).

3.2.2 Morfologiset muutokset

Vesirakentaminen on muuttanut virtavesien fyysisiä olosuhteita, jotka muodostavat vesieliöstön elinympäristöjä – habitaatteja. Eliöstön menestyminen on usein riippuvainen näistä habitaateista. Eräillä vaatelialla lajeilla elinympäristövaatimukset voivat olla tiukat, jolloin varsin pienetkin muutokset voivat johtaa lajin häviämiseen alueelta. Muutosten myötä uoma muuttaa tyyppiään ja lajisto vaihtuu.

Morfologiset muutostyöt saattavat olla pienialaisia tai kattaa suuren osan jokiverkosta. Toisaalta yksikin noususte jokisuulla sulkee kulkumahdollisuuden vaelluskaloilta. Muutokset voivat kohdistua tiettyyn morfologiseen jokityyppiin. Uittoperkauksissa on perattu lähinnä koskia ja tulvasuojelu on muuttanut jokia alavissa laaksoissa. Maatalouden kuivatustyöt ovat muuttaneet voimakkaasti pieniä puroja. Tämä on johtanut siihen, että tietyille tehokkaasti rakennetuille jokityypeille on hankala löytää luonnontilaisia vertailukohteita. Esimerkiksi Uudellamaalla todettiin pienvesien inventoinnin yhteydessä, että eri vesityyppien kattava suojelu ei ole enää mahdollista, koska luonnontilaisia pienvesiä on alueella varsin vähän. Inventoinnissa ei löydetty yhtään kokonaisuudessaan luonnontilaista puroa. Luonnontilaisia tai luonnontilaltaan vähän muuttuneita puro-osuuksia löytyi vai 11 kappaletta (Haavisto & Lempinen 1999).

Rakentamisen vaikutusten arvioinnin kannalta tulee muistaa eri tyyppisten uomien herkkyys muutoksia kohtaan. Eräät vesistön osat ovat morfologisesti aktiivisia, mutta dynaamisessa tasapainossa. Tällöin muutokset hydrologiassa tai sedimentin kulkeutumisessa saattavat järkyttää uoman tasapainoa. Passiivisissa uomissa, jotka eivät ole lähellä kriittistä virtaamatilaa, muutokset eivät vaikuta yhtä dramaattisesti. Sekä uudisvesirakentamisessa että kunnostamisessa olisikin tärkeää ottaa huomioon vesistön luonne ja sen herkkyys eri tyyppisille toimenpiteille.

3.2.3 Vedenlaadulliset muutokset

Ihmisen toiminta on kasvattanut ravinteiden ja muiden pilaavien aineiden määrää vesistöissämme. Kemiallinen muutos aiheutuu yleensä kuormituksesta. Kuormittajat on jaettu perinteisesti haja- ja pistekuormittajiin. Pistekuormituksessa päästöjen purkukohta voidaan määrittää tarkasti päinvastoin kuin hajakuormituspäästöjen. Pistekuormittaja on yleensä tuotantolaitos tai yhdyskuntajätevesien puhdistuslaitos. Hajakuormitus liittyy usein maankäyttöön ja kuormitus johtuu veden ”likaantumisesta” hydrologisen kierron aikana. Hajallaan oleviin ja luonnolliseen vedenkiertoon sidottuihin kuormituslähteisiin voidaan vaikuttaa luonnonmukaisin kunnostuskeinoin paremmin kuin pistekuormitukseen. Vaikka yksittäiset hajakuormituslähteet ovat pieniä verrattuna suuriin pistekuormittajiin, tekee niiden määrä ja laajuus niistä merkittäviä. Esimerkiksi 79 % fosforikuormituksesta tulee hajakuormituksena, 14 % pistekuormituksena ja loput 7 % laskeumana (SYKE 3003).

Suurelle osalle hajakuormitusta on tyyppillistä suuri ajallinen hajonta. Kuormitus tulee sateiden aiheuttaman valunnan mukana. Myös pitoisuuksissa on suurta vaihtelua eivätkä ne ole keskimäärin niin korkeita kuin pistekuormituslähteiden pitoisuudet. Tämä muodostaa omanlaisen lähtökohdan kuormitusta vähentävien toimenpiteiden mitoitukselle. Luonnonmukaisissa puhdistusmenetelmissä kuten kosteikoissa tai imeytyskentissä puhdistusteho on riippuvainen mm. viipymästä ja maan läpäisy- ja pidätyskyvystä sekä kuormituspitoisuuksista. Mitä laajemmalla alueella tulevia vesiä pyritään puhdistamaan sitä suurempi tila on puhdistusmenetelmille varattava ja lisäksi mitä laimeampia vesiä pyritään käsittelemään niin sitä alhaisempi on puhdistusaste. Nämä tekijät puoltavat toimenpiteiden sijoittamista mahdollisimman lähelle kuormittajaa, missä pitoisuudet ovat korkeimmat ja käsiteltävät vesimäärät pienimmät.

Pistekuormitusvesien pitoisuudet voivat olla korkeita ja ainesmäärät niin suuria, että niiden poistamiseksi tarvitaan jatkuvaa aktiivista toimintaa. Teollisuuden päästöt voivat myös sisältää haitallisia, luonnossa normaalisti esiintymättömiä ja hitaasti hajoavia yhdisteitä, jolloin niitä ei voi päästää puhdistamattomana luontoon. Vaikka pistekuormittajiin ei pystytä kunnostuksen keinoin juuri vaikuttamaan, on niiden ottaminen huomioon kuitenkin tärkeää. Niistä aiheutuu rajoitteita saavutettavissa olevalle vesistön tilalle. Tällöin ei ole syytä asettaa epärealistisen korkeita odotuksia esimerkiksi morfologisia kunnostuksia kohtaan. Toisaalta kokonaisvaltaisen vesistön hoitosuunnitelman tulisi tähdätä myös pistekuormituksen vähentämiseen ja ohjaamiseen.

Vesistökuormituksen taustalla voivat joissain tapauksissa olla muuttuneet uomaolosuhteet. Muutokset uomamorfologiassa ja virtaamisissa saattavat esimerkiksi kiihdyttää eroosiota ja siten aiheuttaa veden laadun muutoksia. Myös kuivatusolojen muutokset maaperässä muuttavat ainesten liukoisuutta ja aiheuttavat toisinaan niiden liikkeellelähdon. Seuraamusketjut voivat olla pitkiä ja monimutkaisia, jolloin syy-seuraussuhteiden yksiselitteinen osoittaminen on usein vaikeaa, mikä vaikeuttaa haitanaiheuttajien yksilöimistä.

3.2.4 Biologiset muutokset

Biologiset muutokset toimivat usein vesistön tilan indikaattoreina, mutta biologisiin tekijöihin voi kohdistua myös suoria paineita kuten kasvillisuuden poisto tai kalastus. Muutokset voivat johtua myös biologisten tekijöiden keskinäisistä vaikutusmekanismeista. Ihmisen muualta tuomat eläimet ja kasvit saattavat syrjäyttää ja hävittää alkuperäistä lajistoa. Tähän toimintaan on vaikea puuttua kunnostamalla, mutta se on syytä ottaa huomioon tavoitteiden asettelussa.

Hyvä esimerkki vieraan lajin aiheuttamasta muutoksesta on kotimaisen jokiravun (*Astacus astacus*) ja täpläravun (*Pacifastacus leniusculus*) välinen valtataistelu. Jokiravun kannat romahtivat kun Suomeen rantautui rapurutto. Rapuruton aiheuttaa sieni (*Aphanomyces astaci*), joka on peräisin Pohjois-Amerikasta, missä se elää paikallisten rapujen loisena. Alkuperäisille loisen isännille on kehittynyt suoja-mekanismi, jota Euroopan ravuilla ei ole. Täällä rutto tappaa kaikki saastuttamansa jokiravut ja koko järven tai jokiosuuden rapukanta tuhoutuu kerralla. Rapujen kadottua häviää myös niihin loisimaan yrittänyt rutto. Jokirapukannan uusiutuminen voi olla mahdollista, jos jossakin vesistön osassa on säilynyt yksilöitä, joita ruttoitiot eivät ole tavoittaneet. Suomessa on kuitenkin alettu istuttaa pohjoisamerikkalaista alkuperää olevaa ja ruttoa sietävää täpläräpuä tuhoutuneiden jokirapukantojen tilalle. Vaikka täpläräpu ja jokiräpu voivat elää samassa vesistössä, käy ruton tullessa siten, että jokiravut kuolevat ja täpläräpät infektoituvat. Jos vesistössä on tautia kantava täpläräpukanta ei jokirapukanta voi enää elpymään. Vieraiden lajien tulo voi näkyä myös kilpailun kautta. Uudet lajit saattavat olla vahvempia, käyttävät tehokkaammin ravintovaroja tai lisääntyvät runsaammin. Tämä voi johtaa alkuperäisten lajien taantumiseen.

Myös kasvillisuuden puolella tulokaslajit aiheuttavat ongelmia. Puutarhoista luontoon on karannut esimerkiksi punakukkaista jättipalsamia (*Impatiens glandulifera*). Tästä aasialaista alkuperää olevasta kasvista on tullut ongelma muualla Euroopassa (Raven 1998), mutta myös Suomessa voidaan huomata sen valtaavan kosteita purojen ja jokien varsia. Toisena kasvilajina mainittakoon vesirutto (*Elo-dea canadensis*), jota on käytetty akvaariokasvina. Se voi rehevissä ja suojaisissa järvissä muodostaa haitallisia massaesiintymiä (Ahlman & Villa 1999).

Vesipolitiikan puitedirektiivi

Vuoden 2000 lopussa tuli EU:ssa voimaan vesipolitiikan puitedirektiivi (VPD). Sen avulla Euroopan yhteisö kokoaa ja yhtenäistää vesilainsäädäntöä. Direktiivin tarkoituksena on luoda puitteet, joilla suojellaan pinta- ja pohjavesiä. Sen tavoitteena on (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY):

- a) estää vesiekosysteemien edelleen huononeminen sekä suojella ja parantaa niiden tilaa
- b) edistää kestäväää, vesivarojen pitkän ajan suojeluun perustuvaa vedenkäyttöä
- c) tehostaa vesien suojelua vähentämällä haitallisten aineiden päästöjä
- d) estää pohjavesien pilaantuminen
- e) myötävaikuttaa tulvien ja kuivuuden vaikutusten lieventämiseen

Direktiivi velvoittaa jäsenvaltioita suojelemaan, parantamaan ja ennallistamaan kaikkia pintavesiä, jolloin tavoitteena on saavuttaa niissä hyvä tila vuoteen 2015 mennessä. Hyvälle tilalle asetettua määräaika voidaan kuitenkin pidentää, jos tekninen toteutus tai luonnonolot sitä vaativat tai jos paranemisen aikaansaaminen määräajassa olisi suhteettoman kallista. Määräajan pidentäminen on tapauskohtaista. Parantamis- ja ennallistamisvelvoitteen uskotaan yleisesti johtavan entistä aktiivisempaan toimintaan vesien tilan parantamiseksi ja siten myös kunnostustoiminnan lisääntymiseen.

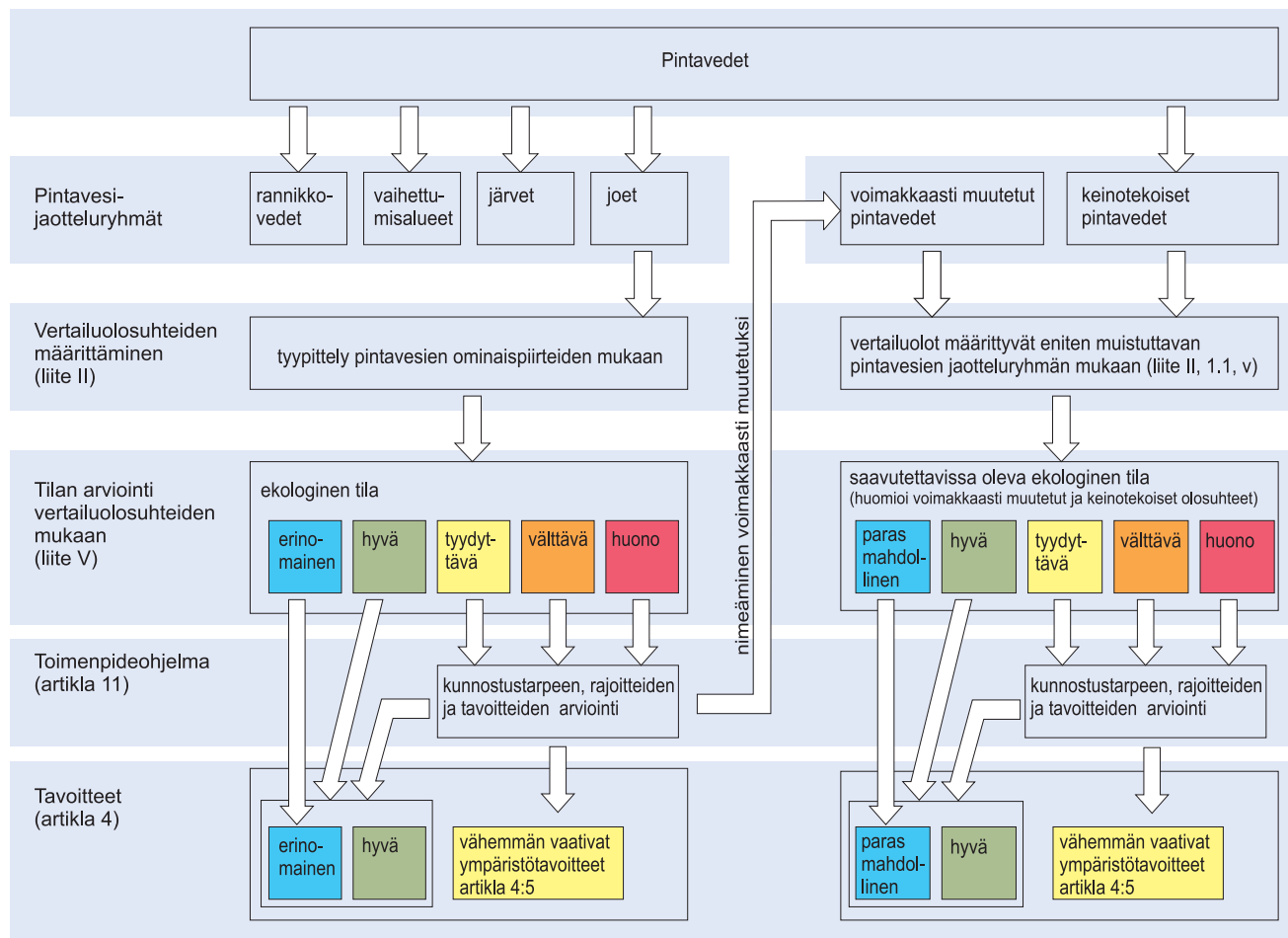
Vuosina 1994-1997 määritellyn vesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen mukaan vain 39 % Suomen joista on hyvässä tai erinomaisessa tilassa. Järvien osalta vastaava luku on 80 %. Tämän perusteella kunnostustarpeen voisi ajatella kohdistuvan voimakkaammin virtavesiin.

Käyttökelpoisuusluokitusta ei kuitenkaan voi suoraan soveltaa kunnostustarpeen arviointiin, sillä siinä tarkastellaan veden laatua käytön kannalta. Direktiivi puolestaan katsoo koskemattoman luonnontilan erinomaiseksi, vaikka se ei olisi sitä yleisen käytön kannalta. Häiriintymätön luonnontila toimii siis direktiivin mukaisen luokittelun kiinnekohtana, johon nykytilaa verrataan. Veden tilan luokitus riippuu ainoastaan siitä, kuinka paljon ihminen on tilaa muuttanut.

Yleisesti direktiivin mukainen pintavesien tila määräytyy ekologisen ja kemiallisen tilan perusteella sen mukaan kumpi näistä on huonompi. Hyvän kemiallisen tilan saavuttamiseksi tiettyjen vaarallisten aineiden tulee alittaa niille asetetut normit. Kunnostusvelvoitteen kannalta hyvän ekologisen tilan saavuttaminen on merkittävämpi tekijä. Ekologisen tilan arvioinnissa keskeisessä osassa ovat biologiset tekijät ja niihin vaikuttavat hydrologis-morfologiset ja fysikaalis-kemialliset muutokset.

Ekologinen tila voidaan luokitella erinomaiseksi, hyväksi, tyydyttäväksi, välttäväksi tai huonoksi. Biologisina laatutekijöinä toimivat vesikasvien, pohjaeläimistön ja kalaston koostumus sekä runsaussuhteet. Kalastossa vaikuttaa edellisten lisäksi myös ikärakenne. Hydrologisia laatutekijöitä ovat virtauksen määrä ja dynamiikka sekä yhteys pohjavesimuodostumiin. Joen syvyyden ja leveyden vaihtelu, pohjan rakenne ja laatu sekä rantavyöhykkeen rakenne ovat morfologisia laatutekijöitä. Näiden lisäksi katsotaan vesieliöstön ja sedimentin esteettömän kulkemisen kuuluvan hydrologis-morfologisiin tekijöihin. Yleisiä fysikaalis-kemiallisia laatutekijöitä ovat lämpöolot, happitilanne, suolaisuus, happamoitumistilan-

ne ja ravinneolot. Lisäksi fysikaalis-kemiallisiksi laatutekijöiksi lasketaan erityisesti pilaavista aineista aiheutuvat vaikutukset. Direktiivi ohjaa tarkastelemaan vettä hyvin monipuolisesti, muttei anna selkeitä raja-arvoja luokitteluun. Toteutuva luokittelu riippuu pitkälti direktiivin kansallisesta soveltamisesta.



Kuva 16. Vpd asettaa pintavesien ekologiselle tilalle tavoitteet. Ne määräytyvät prosessin mukaan, johon kuuluvat mm. tyypittely, nykytilan arviointi sekä kuormittavien ja muuttavien tekijöiden tunnistaminen. Oleellista on arvioida kunnostusmahdollisuudet ja -rajoitteet.

Direktiivin toimeenpanossa pintavedet sijoitetaan aluksi ns. jaotteluryhmiin, joi- ta ovat rannikkovedet, jokisuiden vaihettumisaalueet, järvet ja joet (Kuva 16). Näi- den lisäksi on kaksi ihmisen muovaamaa ryhmää, voimakkaasti muutetut ja kei- notekoiset pintavedet. Perusrühmät, esimerkiksi joet, tulee jakaa ominaispiirtei- den perusteella tyypeihin. Tyypeille on määritettävä vertailuolot, jotka kuva- vat häiriintymättömiä tai lähes luonnontilaisia olosuhteita. Nämä vertailuolot toi- mivat luokittelussa kiinnekohtana, johon nykytilaa verrataan.

Vertailuolosten tulee perustua vertailualueisiin tai mallintamiseen tai näiden yhdistelmään. Jos näitä menetelmiä ei voida käyttää, jäsenvaltiot voivat käyttää asiantuntijoiden arvioita olojen määrittämiseksi. Vertailualueisiin perustuvien, tyyppille ominaisten biologisten vertailuolosten määrittämiseksi jäsenvaltioiden on muodostettava jokaiselle pintavesityypille vertailualueverkko. Verkossa on ol- tava riittävä määrä erinomaista tilaa edustavia paikkoja, jotta vertailuarvojen luo-

tettavuustaso on riittävä. Mallintamiseen perustuvat tyyppille ominaiset biologiset vertailuolot voidaan määrittellä käyttäen ennustavaa mallinnusta tai takautuvia menetelmiä. Menetelmissä käytetään historiallista, paleolimnologista ja muuta saatavilla olevaa tietoa, ja niillä on saavutettava riittävä vertailuarvojen luotettavuustaso.

Direktiivi erittelee keinotekoiset ja voimakkaasti muutetut vedet omiksi ryhmikseen hydrologis-morfologisten muutosten perusteella. Voimakkaasti muutetuksi nimeämisen perusteena on yleistäen, että

- vesialueen tila on hyvää huonompi nimenomaan hydrologis-morfologisten muutosten vuoksi,
- muutoksilla saavutetut hyödyt ovat yleisen edun kannalta merkittäviä ja
- hyötyjä ei saavuteta kohtuullisin kustannuksin muilla toimenpiteillä.

Voimakkaasti muutettuihin ja keinotekoisiin vesimuodostumiin sovelletaan lievempiä tavoitteita.

Voimakkaasti muutettujen vesien vertailuolot määräytyvät niitä parhaiten vastaavan pintavesiryhmän tyyppien mukaan. Vertailuoloja sovelletaan tapauskohtaisesti, jolloin muodostumalle saadaan paras mahdollinen ekologinen potentiaali eli paras mahdollinen saavutettavissa oleva ekologinen tila. Siinä on huomioitu ne rajoitteet, jotka aiheutuvat keinotekoisista olosuhteista tai niistä fyysisistä muutoksista, jotka ovat johtaneet voimakkaasti muutetuksi nimeämiseen. Keinotekoisien ja voimakkaasti muutettujen vesien tulee saavuttaa vähintään hyvä ekologinen potentiaali vuoteen 2015 mennessä.

Jäsenvaltioilla on mahdollisuus asettaa edellisten lisäksi myös muille vesimuodostumille vähemmän vaativia ympäristötavoitteita. Tällöin ihmisen toiminnan aiheuttamat muutokset tai luonnonolot ovat sellaiset, että vaativampien tavoitteiden saavuttaminen on mahdotonta tai suhteettoman kallista ja korvaavia ympäristön kannalta edullisempia vaihtoehtoja ei ole kohtuukustannuksin toteutettavissa. Toisin kuin voimakkaasti muutetuksi nimeäminen, voi vähemmän vaativien tavoitteiden soveltaminen johtua fyysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista. Vaikka ympäristötavoitteet on asetettu lievemiksi, on jäsenvaltion pyrittävä parhaaseen mahdolliseen tilaan, joka voidaan rajoitteet huomioon ottaen saavuttaa. Kyseisen pintaveden tila ei myöskään saa heiketä entisestään. Kaikkien vesien kohdalla tavoitteet on tarkistettava joka kuudes vuosi.

4.1 Direktiivin toimeenpano Suomessa

Suomessa direktiivin toimeenpanon alkuvaiheet ovat käynnissä. Suomessa etsitään perusteita vesien ominaispiirteiden tarkastelulle. Tähän alkuvaiheeseen kuuluvat muun muassa tarkasteluyksiköiden rajaaminen, tyyppityehdotusten tekeminen ja vesiä muuttavien tekijöiden tunnistaminen. Niiden perusteella määritellään vuoden 2004 kuluessa alustavasti ne vedet, joiden tila on tavoitteiden kannalta ongelmallinen. Direktiivin toimeenpanoon sisältyy paljon keskeneräistä valmistelutyötä sekä kansallisella että EU-tasolla, joten sen lopullinen sisältö varmistuu vasta myöhemmin. Toimenpideohjelmien ja eri osatehtävien tuloksia kokoaerien hoitosuunnitelmien valmistelu käynnistyy vuonna 2005, ja niiden tulee olla valmiita viimeistään 2009.

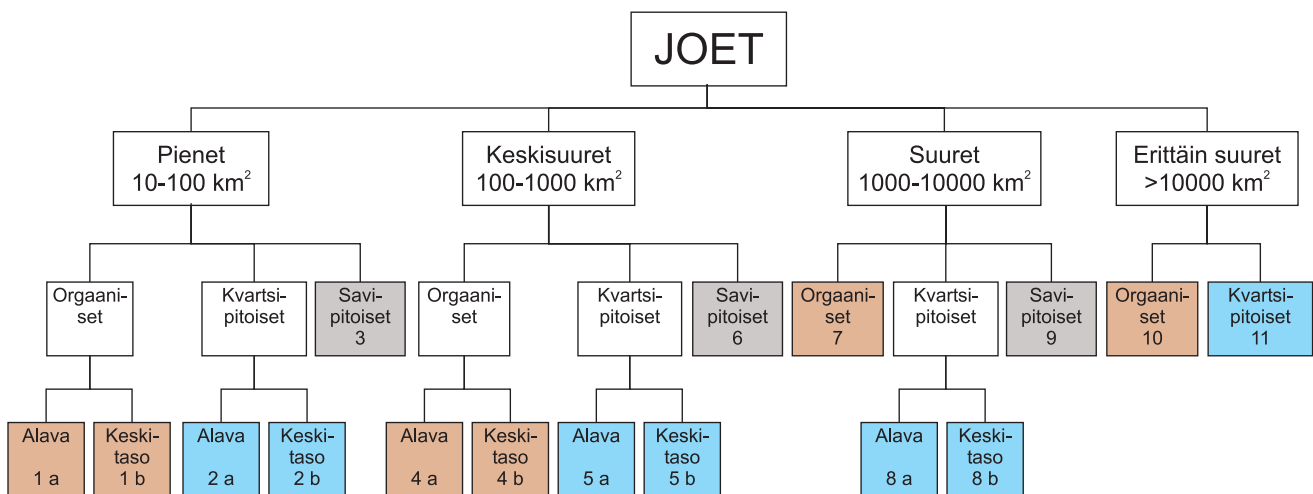
Direktiivi antaa kaksi vaihtoehtoista järjestelmämallia jokivesien tyyppittelyn pohjaksi. A-järjestelmä on yksinkertainen ja siinä on valmiit luokat ja niille asetetut rajat. B-järjestelmä antaa jäsenvaltiolle suuremman vapauden sopeuttaa tyyppittely paikallisiin olosuhteisiin ja käyttää suurempaa määrää muuttujia ryhmien rajaamiseen. Vaikka jäsenvaltio voi B-järjestelmässä itse valita tyyppittelytekijöitä, tulee siinä tyyppittelyn erittelytason olla vähintään A-järjestelmän tasoa. Suomen

alustava ehdotus (Koskenniemi 2002) on B-järjestelmän mukainen, mutta se muokkaa hyvin pitkälle A-järjestelmän mukaista tyypittelyä. Tyypittelyn perustana on käytetty valuma-alueen kokoa, geologiaa ja korkeusasemaa. Siinä joet on jaoteltu valuma-alueen koon mukaan neljään ryhmään: hyvin suuret, suuret, keski-suuret ja pienet joet (Taulukko 1). Nämä neljä ryhmää jakautuvat alaryhmiksi geologisen tarkastelun mukaan. Tyypittelyn geologiset luokat ovat kvartsi-pitoisten, orgaanisten ja savipitoisten valuma-alueiden joet. Korkeusasema erittelee joet ryhmiin alava < 200 m merenpinnasta ja keskitaso 200-800 m. Direktiivin A-järjestelmässä on esitetty myös ryhmä korkea > 800 m merenpinnasta, mutta Suomessa se ei ole tarpeellinen. Lisäksi kaikki erittäin suuret joet, suuret orgaanisten alueiden joet ja savialueet sijaitsevat alemmalla korkeusvyöhykkeellä. Tämä rajoittaa ehdotuksen mukaisten jokityyppien määrän kuuteentoista (Kuva 17).

Taulukko 1. Ehdotus jokien tyypittelyksi koon mukaan (Koskenniemi 2002).

luokka	valuma-alueen koko	määrä/kpl	pituus
hyvin suuret joet	yli 10 000 km ²	9	1 500 km
suuret joet	1 000 - 10 000 km ²	150	4 500 km
keski-suuret joet	100 - 1000 km ²	1520	14 500 km
pienet joet	10 - 100 km ²	3 270	138 500 km

Tyypittely ei ole vielä lopullinen, mutta antaa ennakkokäsityksen sen erottelutarkkuudesta. Tyypittely ei erottele morfologisesti erilaisia jokiosuuksia eikä myöskään tunnista jokiemme toimintaan suuresti vaikuttavaa järvien vaikutusta.



Kuva 17. Suomen jokien tyypittelyehdotus (mukaan Koskenniemi 2002).

Direktiiviyössä käytettävien tarkasteluyksiköiden (vesimuodostumien) koon rajoituksesta käydään edelleen keskustelua eikä selkeää yhtenäistä näkemystä vielä ole. Yleisesti on vallalla näkemys, että joessa vesimuodostumat ovat pidempiä jaksoja eikä muodostumia rajata uomamorfologisiin perustein.

Valmistelutyön keskeneräisyys vaikeuttaa arviointia siitä, minkä mittakaavaisia tekijöitä direktiivin mukainen käsittely tunnistaa tai kuinka osittaiset muutokset huomioidaan. Vesistöjä on usein muutettu osuuksittain ja muutokset liittyvät yleensä morfologisiin ominaisuuksiin. Esimerkiksi koskia on perattu uiton mah-

dollistamiseksi, alavien jokilaaksojen uomia on perattu tulvien ehkäisemiseksi ja maaperältään viljelykelpoisten alueiden pienet uomat ovat kärsineet suoristamisesta ja voimakkaista perkauksista. Eliöiden kannalta mittakaavat voivat vaihdella hyvin paljon. Eräiden lajien elinkierto on riippuvainen vesistön kulkukelpoisuudesta jokisuulta aivan latvoille, kun eräiden muiden lajien elinalue saattaa rajautua mikrohabitaattitasolle.

Vesimuodostumien rajaamisen, tyypittelyn ja luokittelun ongelmia kärjistää se, että Suomen geologia ja topografia on varsin pienipiirteistä. Joidenkin ominaisuuksien kohdalla vaihtelu joen sisällä voi olla suurempaa kuin jokityyppien välillä. Suomi on lisäksi laaja maa ja meillä on runsaasti vesistöjä. Suomen vesien piirteet ja vesien muuttamisen intensiteetti poikkeavat yleiseurooppalaisista oloista, joilla on epäilemättä ollut suuri merkitys direktiivin laadinnassa.

Tarkemman kunnostussuunnittelun kannalta direktiivin mukainen tyypittely on liian väljä. Tyypittely ei anna pohjaa morfologiselle kunnostamiselle, sillä se ei erottele kunnostustöiden kannalta oleellisia uoman muotoja ja mittasuhteita. Direktiivi pikemminkin ohjaa kunnostustarpeen määrittämistä ja antaa yleistason tavoitteita. Kunnostussuunnittelua varten on tarpeen määritellä kunnostettavalle jokiosuudelle tarkemmat vertailuolosuhteet, mutta myös direktiivin mukainen tyypittely vaatii rinnalleen tarkempaa olosuhteiden tarkastelua. Seurantojen ja vertailukelpoisen biologisen aineiston kerääminen edellyttää, että näytteet on otettu luontaisilta ominaisuuksiltaan yhtäläisiltä osuuksilta. Koskikohteiden ja suvanto-osuuksien näytteet eivät ole vertailukelpoisia ekologisen tilan määrittämisessä.

5

Kunnostussuunnittelu

Virtavesien käytön tarpeet ja arvostukset ovat vaihdelleet eri vuosikymmeninä. Osa aikoinaan toteutetuista toimenpiteistä on käynyt tarpeettomiksi tai uudet tarpeet ja arvostukset ovat ajaneet vanhojen vesistöjen käyttö- ja hyödyntämistapojen ohitse. Tämä on johtanut virtavesien rakentamisen painopisteen siirtymiseen uudisrakentamisesta kunnostukseen.

Virtavesien kunnostushankkeiden tavoitteet voidaan luokitella kahteen pääryhmään: käyttäjälähtöisiin tavoitteisiin ja tavoitteisiin, joiden päämääränä on alkuperäisen luonnon tai sen monimuotoisuuden palauttaminen alueelle. Käyttäjälähtöiset tavoitteet määräytyvät lähinnä vesistön hyötykäyttöön liittyvien tarpeiden pohjalta. Luontolähtöiset tavoitteet taas perustuvat alueen alkuperäiseen luontoon. Luontolähtöistä kunnostamista kutsutaan usein myös ennallistamiseksi. Käytännössä kunnostushankkeiden jaottelu ei ole yksiselitteistä, sillä yksi ja sama kunnostushanke voi täyttää useampia tavoitteita. Esimerkiksi koskien ennallistaminen eli koskien alkuperäisen luonnontilan palauttaminen tukee hyvin myös kalataloudellisia ja maisemallisia tavoitteita. Tulvasuojeluhankkeen peruskorjaus voi puolestaan sisältää elinympäristöjä palauttavia toimenpiteitä.

Hankkeista on tullut yhä enenevässä määrin monitavoitteisia ja luontonäkökohdat ovat nousseet niissä entistä selkeämmin esille. Myös vesipolitiikan puite-direktiivi antaa selvän suunnan alkuperäisen vesiluonnon suojelemiseen ja palauttamiseen. Keskieurooppalaisissa kunnostuksissa onkin yhä useammin ryhdytty suosimaan pitkän aikavälin kokonaisvaltaisia jokiekosysteemien kunnostushankkeita lyhyen aikavälin käyttäjälähtöisten hankkeiden sijasta (Boon et al. 1992). Myös Suomessa on pyritty siirtymään ekologisesti perusteltuihin kunnostusratkaisuihin ja kokonaisvaltaisempaan luonnon huomioon ottamiseen.

Jokisysteemien toimintaan on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota myös Yhdysvalloissa. Vesien rakentaminen on johtanut kalakantojen taantumiseen. Toisaalta myös monet ihmisen hyvää tarkoittavat kunnostustoimenpiteet ovat johtaneet päinvastaiseen lopputulokseen, kun ei ole osattu ottaa huomioon jokisysteemin luontaista toimintaa. Esimerkiksi eräässä Yhdysvaltojen länsirannikolla tehdyssä kunnostushankkeessa uomasta poistettiin kookas puuainekalojen elinolojen parantamiseksi. Uoman morfologia olikin riippuvainen näistä kookkaista puista ja niiden poistaminen johti uoman stabiilisuuden pettämiseen ja pohjakulkeuman kasvamiseen. Tämä tuhosi lopullisesti kalaston elinot, joita kunnostuksella oli tarkoitus parantaa. (Rosgen 1996)

Tapahtumien ennakoiminen onkin keskeinen tekijä vesirakentamisen haittojen ehkäisemisen ja kunnostussuunnittelun onnistumisen kannalta. Jokisysteemit reagoivat muutoksiin vaihtelevasti ja Rosgenin (1996) mukaan meidän on opittava menneistä tapahtumista ja tehtävä itsellemme selväksi,

- mikä aiheutti ongelman
- kuinka jokisysteemi reagoi siihen
- mitkä ovat seuraukset joen reagoinnista
- kuinka voimme korjata ongelman
- kuinka voimme estää ongelman toistumisen

Luotettavan arvion tekeminen vaatii tuntemusta jokisysteemin toiminnasta sekä fyysisistä ominaisuuksista, jotka vaikuttavat sen käyttäytymiseen. Virtavesien toiminnan ymmärtämiseksi on tutkittava häiriintyneitä jokiosuuksia ja vertailtava niitä morfologisesti saman tyyppisiin luonnontilaisiin osuuksiin.

Kunnostusmenetelmien toimivuutta ei myöskään voida arvioida irrallaan jokisysteemistä, koska reaktiot voivat olla hyvin erilaisia riippuen jokityypistä. Jokisysteemien hallinnassa tuleekin veden- ja maankäyttö sopeuttaa joen herkkyyteen, sekä arvioida parantavien kunnostustoimien vaikutukset tapauskohtaisesti.

Eräs tapa suunnitella kunnostuksia on tutkia jokisysteemin historiaa ja tunnistaa, millainen joki on ollut. Ennen ihmisen aiheuttamia muutoksia jokisysteemi on toteuttanut luontaisia riippuvuussuhteita. Tutkimalla näistä aiheutuneita ominaispiirteitä voimme paremmin ymmärtää jokisysteemin toimintaa. Tietyn asteisella kopioinnilla voidaan saavuttaa ne mittasuhteet ja ominaisuudet, jotka vastaavat paikallisia olosuhteita.

5.1 Keskieurooppalainen kunnostussuunnittelun toimintamalli

5.1.1 Tavoitekuvatarkastelu vesistön kunnostuksen lähtökohtana

Tavoitekuva on kuvaus virtaveden toivotuista ominaisuuksista ja kehityksestä pitkällä aikavälillä (Järvelä 1998). Tavoitekuvatarkastelulla tarkoitetaan toimintamallia, jossa voidaan selkeästi ja perustellusti sovittaa yhteen alkuperäistä jokiluontoa ja ihmisen tarpeita. Alkujaan Saksassa kehitetty, mutta myöhemmin myös itävaltalaisen käyttöönottama toimintamalli perustuu tavoitekuviin ja lähtee virtavesien kokonaisvaltaisesta tarkastelusta. Siinä virtavesien kunnostushankkeita tulisi tarkastella monialaisesti; geomorfologian, hydrologian, ekologian, maisemasuunnittelun sekä vesirakentamisen näkökulmista (Jungwirth 2002).

Tavoitekuvatarkastelussa kunnostettavaa jokiosuutta ei katsota irrallisena, itsenäisenä systeeminä, vaan osana isompaa jokikokonaisuutta (Muhar 1995). Uoman rakennetta ei myöskään pidetä ainoana tekijänä, joka vaikuttaa virtaveden tilaan, vaan tavoitekuvasa sen toimintaa tarkastellaan kokonaisvaltaisesti. Kunnostuksessa tuleekin pyrkiä luontaisen kaltaiseen virtaamaan, tulvakäyttäytymiseen, uomadynamiikkaan, vedenlaatuun ja eliöstöön.

Tavoitekuvatarkastelussa otetaan suunnittelun lähtökohdaksi alkuperäinen, virtavesityypille ominainen luonnontila. Esimerkiksi uittoperatun kosken kunnostamisessa tavoitekuva voi olla yksinkertaisimmillaan kuva koskesta ennen perkausta. Tällöin oletetaan, ettei vesistöissä ole tehty muita toimenpiteitä, jotka olisivat vaikuttaneet kosken tilaan. Käytännössä tavoitekuvatarkastelu muuttuu sen mukaan, miten tarkasteltavaan kohteeseen on kohdistunut tai kohdistuu paineita, jotka vaikuttavat sen tilaan. Kohteen kunnostamista ohjaavat myös reunaehdot eli vesien ja maankäytöstä aiheutuvat rajoitteet, jotka laajentavat tarkastelun tarvetta ja lisäävät tarvittavan asiantuntemuksen määrää. On eri asia ennallistaa puro kansallispuistossa kuin sopeuttaa puro tiiviiseen kaupunkirakenteeseen. Kaupunkiympäristössä monet tekijät voivat vaikuttaa puron tilaan, esimerkiksi heikentynyt vedenlaatu, muuttuneet virtaamat, uoman luonnoton rakenne jne. Kaikki nämä tekijät tulee ottaa huomioon kunnostusta suunniteltaessa, jos tavoitellaan virtaveden tyyppille ominaista ekologista toimintaa. Toteutuksen kannalta kaupunkirakenne asettaa tiukat reunaehdot, joista ei juurikaan voi tinkiä. Kuivatuksen on toimittava, eikä virran voi antaa elää vapaasti, sillä kaupunkialueilla tilaa on

yleensä rajoitetusti. Ympäristön tulee täyttää myös turvallisuuden ja esteettisyyden vaatimukset. Maatalousalueilla peltoalueiden kuivatustarve asettaa vastavasti reunaehdot vesistön kunnostukselle.

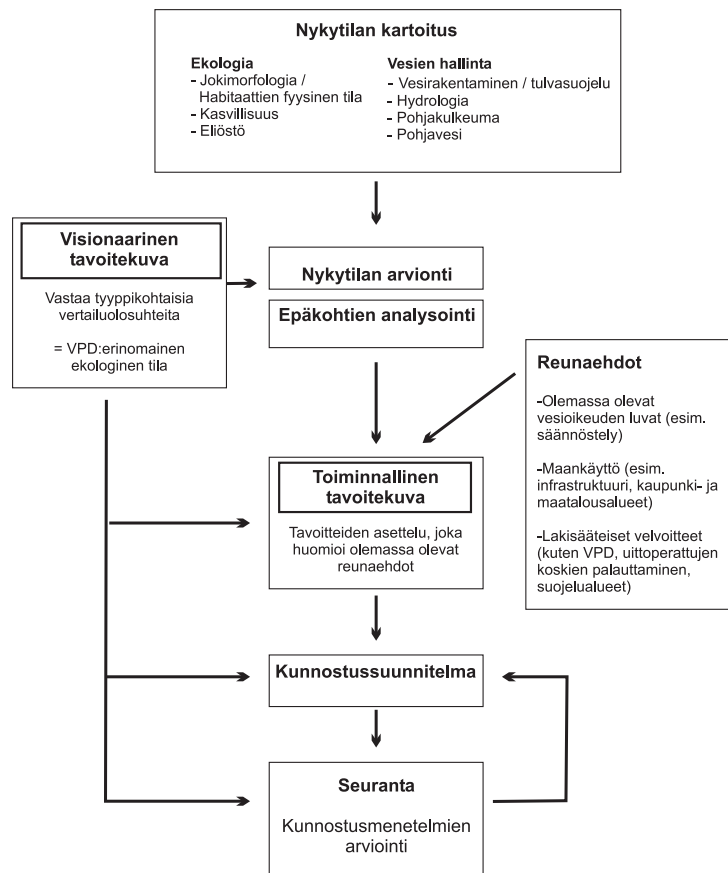
5.1.2 Tavoitekuvatarkastelun kaksi näkökulmaa

Tavoitekuvatarkastelussa tavoitekuva (Leitbild, target vision, guiding view) jakautuu kahteen vaiheeseen (Kuva 18). Näistä ensimmäinen on visionaarinen tavoitekuva (visionary leitbild) (Jungwirth 2002), josta aiemmissa kotimaisissa kirjoituksissa on käytetty termejä kokonaisvaltainen, potentiaalinen, ja osittain utopistinen tavoitekuva (Järvelä 1998 ja Jormola et al. 1998). Jälkimmäinen vaihe on toiminnallinen tavoitekuva (operational leitbild) (Jungwirth 2002), josta on aiemmissa kotimaisissa kirjoituksissa käytetty termiä integroitu tavoitekuva (Järvelä 1998 ja Jormola et al. 1998).

Visionaarinen tavoitekuva kuvaa puhtaasti luonnontilaisen vesistön ominaisuuksia. Kunnostuksen kannalta se ei ole sellaisenaan aina suoraan toteuttamiskelpoinen, mutta antaa kuitenkin objektiivisen lähtökohdan kunnostuksen suunnittelulle.

Toiminnallinen tavoitekuva muodostetaan visionaarisen tavoitekuvan pohjalta ja siinä otetaan huomioon kohteen nykytila sekä veden- ja maankäytöstä aiheutuvat rajoitteet ja velvoitteet. Toiminnallinen tavoitekuva on toteutuksen kannalta realistinen ja sen pohjalta tehdään varsinaiset kunnostussuunnitelmat.

Tavoitekuviin perustuvan suunnittelun vaiheet



Kuva 18. Kuvaus kunnostussuunnittelun toimintamallista, jossa tavoitekuvat ovat keskeisessä asemassa.

Tavoitekuviin perustuva kunnostussuunnittelu etenee yksinkertaistettuna seuraavasti.

- Kartoitetaan alustavasti kohteen tila ja luonne.
- Määritetään kohdevesistön alkuperäiseksi oletettu luonnontila (visionaarinen tavoitekuva).
- Verrataan sitä nykytilaan ihmisen toiminnasta aiheutuneiden epäkohtien havaitsemiseksi.
- Ratkaistaan havaitut epäkohdat olemassa olevia rajoituksia ja velvoitteita huomioiden (toiminnallinen tavoitekuva).
- Tehdään kunnostussuunnittelu toiminnallisen tavoitekuvan mukaan.
- Seurataan kunnostuksen onnistumista ja korjataan puutteet. Samalla otetaan oppia tulevia hankkeita varten.

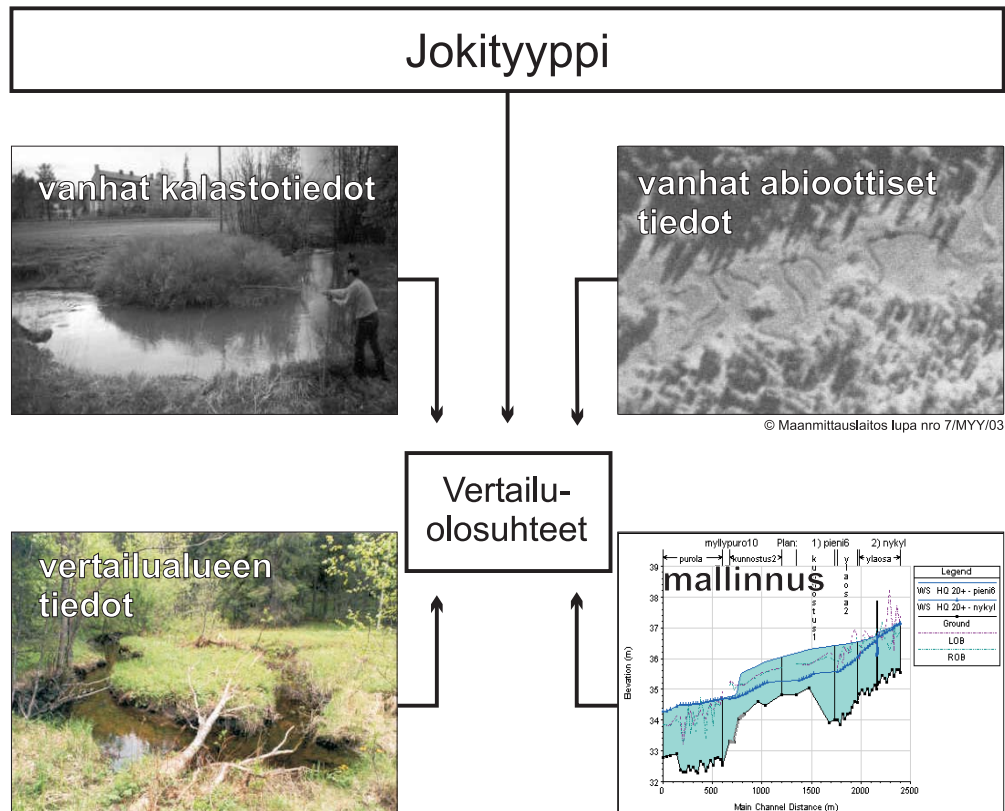
Visionaarinen tavoitekuva

Visionaarinen tavoitekuva kuvaa kullekin virtavesityypille ominaisia piirteitä luonnontilassa. Luonnontilaisten piirteiden selvittämiseksi virtavesille voidaan muodostaa vertailuosuhteet (Kuva 19). Kunnostettavan kohteen esimerkkinä voi toimia kohteen kanssa luonnonoloiltaan yhtenevä jokiosuus, joka on koskematon ja edustaa hyvää ekologista tilaa. Käytännössä tällaisen vertailuosuuden löytäminen on usein mahdotonta. Tällöin tavoitekuva voidaan muodostaa osista, jolloin käytetään rajoittuneesti vain niitä ominaisuuksia, jotka ovat luonnontilassa. On kuitenkin muistettava, että vertailuvesien tulee olla aina samantyyppisiä kunnostuskohteen kanssa (ks. kappale 5.1.3).

Jos sopivaa luonnontilaista vertailuosuutta ei löydy, voi tavoitekuvan muodostaa vanhojen, kunnostettavaa osuutta koskevien aineistojen pohjalta, jotka kuvaavat jokiosuuden tilaa ennen rakentamista. Luonnontilaa vastaavista piirteistä voidaan etsiä suoraan tietoa mm. vanhoista kartoista, ilmakuvista, valokuvista, perkaus-, ym. suunnitelma-asiakirjoista ja historiikeistä.

Virtaveden ominaisuuksia ja niiden muutoksia voidaan myös mallintaa. Biologisen aineiston ja lajien elinpaikkavaatimusten perusteella voidaan laatia habitaattimalleja ja pyrkiä näin selvittämään minkälainen kunnostuksen tulisi olla, jotta se parantaisi alkuperäisen lajiston elinolosuhteita alueella. Toisaalta malleilla voidaan myös tutkia tehtyjen toimenpiteiden, esimerkiksi säännöstelyn, aiheuttamia vaikutuksia vesistöihin. Virtausmalleilla voidaan tutkia uoman vedenjohdotkykyä ja tulvimista. Virtaaman, uomamateriaalin, kaltevuuden, uoman leveyden ym. morfologisten muuttujien välille on kehitetty yhtälöitä, joskin ne soveltuvat lähinnä kitkamaalajeille (Hey 2001, 1997).

Visionaarinen tavoitekuva voi olla myös yhdistelmä historiallisesta tilasta, mallinnuksesta ja vertailuosuuden ominaisuuksista. On kuitenkin muistettava, että vertailuosuuden tai mallin avulla tulisi etsiä juuri kunnostettavalle joelle tai puroille tyypillisiä ominaisuuksia.

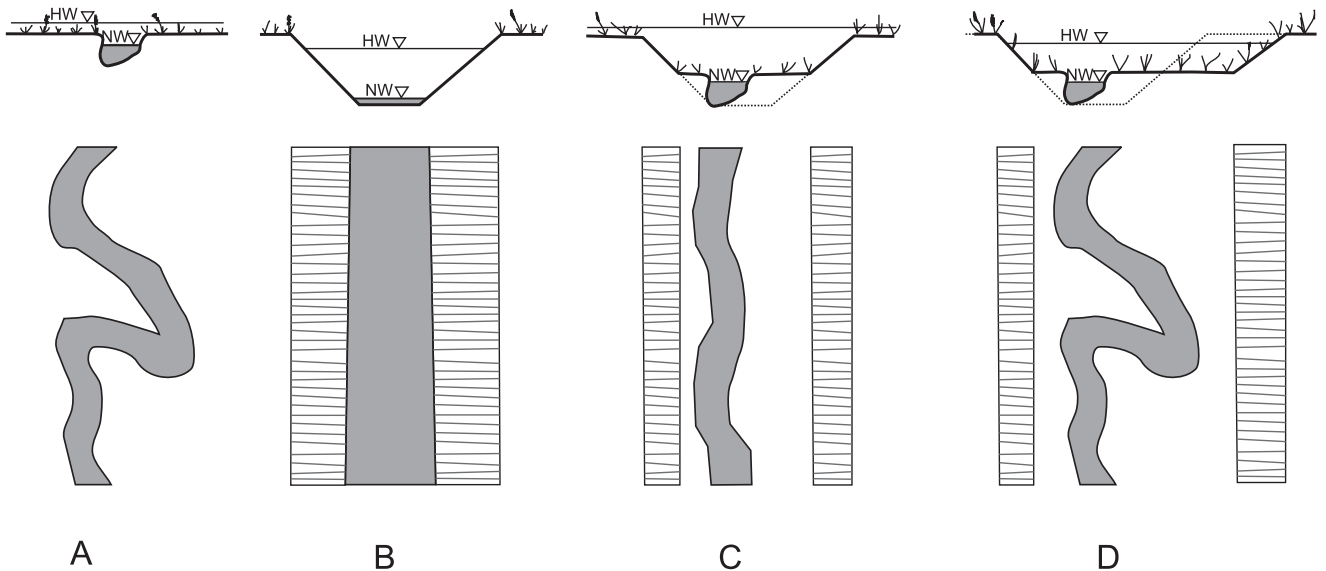


Kuva 19. Visionäärinen tavoitekuva on kokoava lähestymistapa, joka kuvaa tyyppikohtaisia vertailuolosuhteita. Sen muodostamisessa voidaan käyttää vanhoja kalastotietoja, vanhoja tietoja uoman ominaisuuksista, olemassa olevia vertailukohteita ja mallinnusta (mukailtu Schmutz et al. 2000).

Toiminnallinen tavoitekuva

Toiminnallista tavoitekuva muodostettaessa visionaarista tavoitekuva verrataan kunnostettavan alueen nykytilaan. Vertailu tarjoaa objektiivisen tarkastelupohjan epäkohtien löytämiseksi. Vertailussa havaittuja epäkohtia tulee tarkastella monialaisesti ja useista eri näkökulmista. Epäkohtia poistaen ja yhteiskuntakehityksen asettamia reunaehtoja huomioiden muodostetaan toiminnallinen tavoitekuva, joka toimii pohjana kunnostussuunnitelmalle.

Toiminnallinen tavoitekuva perustuu toteuttamiskelpoisiin, realistisiin kunnostustavoitteisiin. Muun muassa voimassa olevat vesioikeuden päätökset voivat asettaa reunaehtoja kunnostukselle ja sen tavoitteiden saavuttamiselle. Usein myös ympäristön rakennettu infrastruktuuri ja yleinen maankäyttö perustuvat vallitseviin, muuttuneisiin olosuhteisiin, eivätkä anna mahdollisuutta palauttaviin toimenpiteisiin. Palauttavat toimenpiteet voisivat vaurioittaa yhdyskuntateknisiä rakenteita, lisätä tulvariskiä tai haitata maankäyttöä, joten kunnostuksen yhteensovittaminen olemassa oleviin rajoitteisiin on välttämätöntä. Kunnostuksessa voidaan tällöin pyrkiä toteuttamaan virtaveden toiminnan kannalta vain oleellisiä elementtejä tai rakentaa ne pienimuotoisempina. Esimerkiksi laajan tulvatasangon tilalle voidaan rakentaa pienimuotoinen tulvatasanne uoman yhteyteen, jolloin on mahdollista mitoittaa varsinainen uoma normaaleille kesävirtaamille (Kuva 20).



Kuva 20. Aikoinaan luonnontilainen pieni mutkitteleva uoma (A) on perattu, jolloin sen poikkileikkausala on kasvanut, normaalin kesäveden aikainen vedenpinta on leventynyt ja vesisyvyys vähentynyt (B). Uomassa esiintyvät virtaamat eivät jaksaa pitää uomaa avoimena ja uoma alkaa helposti kasvaa umpeen. Luontaisen kehityksen kautta muodostuu usein valittsevia virtaamia vastaava pienempi uoma, joka pysyy avoimena (C). Kunnostettaessa umpeenkasvanutta uomaa voidaan sen tulvien aikaista vedenjohtokykyä lisätä leventämällä uomaa pienen uoman yläpuolelta (D). Pieni uoma voi jatkaa kehitystä isomman uoman sisällä, jolloin siitä voi muodostua luontaisen uoman (A) kaltainen uoma. Kookkaaseen uomaan muodostunut tulvatasanne toimii korvaavana habitaattina alkuperäiselle tulvatasanteelle. Tässä tapauksessa A vastaisi visionaarista tavoitekuvaa ja D toiminnallista tavoitekuvaa, joka huomioi kuivatuksen asettamat reunaehdot, kuivatussyvyys säilyy eikä uoma tulvi.

Yhteiskunta voi asettaa kunnostushankkeille myös erilaisia velvoitteita. Vesipolitiikan puitedirektiivi esimerkiksi velvoittaa toimimaan vesien hyvän ekologisen tilan saavuttamiseksi. Myös suojelualueet ja -ohjelmat tulee ottaa huomioon kunnostuksia suunniteltaessa. Toiminnallisessa tavoitekuvassa luontainen vesiympäristö ja ihmisen toiminta tulisi pyrkiä sovittamaan yhteen parhaalla mahdollisella tavalla. Tämä edellyttää usein monialaista osaamista ja yhteistyötä eri osapuolten välillä.

5.1.3 Tavoitekuvan jako rakenneseisiin

Tavoitekuvatarkastelu on tarkoitettu toimintamalliksi monen tyyppisiin kunnostuskohteisiin ja osa siinä asetettavista tavoitteista voi vaatia pitkäjänteisiä kunnostustoimia. Asioiden käsittelyn selkeyttämiseksi tavoitekuva on hyvä jakaa osatavoitteisiin. Saksassa Vils-joen kunnostuksen tavoitekuvaa käsiteltiin viitenä eri rakenneseinä, jotka olivat virtaamadynamiikka, uomadynamiikka, tulvadyamiikka, ainesdynamiikka ja eliöyhteisödynamiikka (Wasserwirtschaftsamt Amberg 1996). Tämä selkeyttää asioiden käsittelyä ja ymmärtämistä. Tavoitekuvatarkastelun yhteydessä on esiintynyt myös toisenlaisia tarkastelujakoja. Esimerkiksi Binder ja Kraier (1999) tarkastelevat erikseen uoman pohjan, rannan ja tulva-alueen dynamiikkaa. Tässä työssä virtaveden ominaispiirteitä ja niissä tapahtuneita muutoksia on tarkasteltu hydrologisten, morfologisten, vedenlaadullisten ja biologisten osatekijöiden avulla (ks. luvut 3 ja 6).

Tyypikohtaisuus tavoitekuvatarkastelussa

Virtavesiä on hyvin eri tyyppisiä. Vesien koko ja virtaamat vaihtelevat, mutta myös maaperä ja alueen topografia vaikuttavat virtaveden muotoutumiseen. Lisäksi ilmasto ja geomorfologinen syntyhistoria antavat joille omat piirteensä. Yhdessä osatekijät muodostavat monimuotoisen vuorovaikutteisen systeemin. Jokia ja puroja voidaan jakaa näiden ominaisuuksien perusteella ryhmiin tyypittelyä varten tai yksittäistapauksessa käyttää asiantuntija-arvioiden perusteella samantyyppistä jokea kunnostuksen esikuvana. Eri maissa virtavesien ominaisuuksista on kerätty laajoja aineistoja, joiden perusteella voidaan tehdä morfologista tyypittelyä. Tällaisia ovat esimerkiksi Britanniassa käytössä olevalla River Habitat Survey (RHS) -menetelmällä kerätty aineisto (Raven et al. 1998) ja Yhdysvalloissa luonnonuomien morfologinen luokitus, A classification of natural rivers (Rosgen 1994).

Tyypikohtaisuus on keskeinen osa tavoitekuvatarkastelua. Tavoitekuvatarkastelussa tulee löytää juuri kyseiselle virtavesityypille ominaiset toiminnot, mitasuhteet ja arvot. Eroosion haitallisuudesta tai hyödyllisyydestä käytävän yleisen keskustelun sijaan tulee tavoitekuvassa miettiä eroosion merkitystä juuri tarkasteltavan vesistön kannalta. Vaikka eroosio on luontainen ilmiö, sen voimakkuus vaihtelee suuresti vesistön luonteesta riippuen. Joskus eroosio ja siihen liittyvät sedimentin kulkeutuminen ja kasautuminen ovat keskeinen osa virtaveden toimintaa. Muutokset eroosioprosesseissa saattavat johtaa suuriin häiriöihin kyseisen virtavesisysteemin toiminnassa. Toisen tyyppisissä vesistöissä runsas eroosio ja siitä johtuva sedimentin kulkeutuminen voi olla myös täysin vieras ilmiö. Tällöin eroosion lisääntyminen voi johtaa merkittäviin häiriöihin.

Tyypikohtaisuus ei tarkoita sitä, että olisi olemassa valmis tyypittely, jota noudattaa. Tyypillisten ominaisuuksien tunnistaminen vaatii vesisysteemien ja niiden toiminnan tuntemista. Tunnistamisessa voidaan käyttää apuna eri osatekijöitä kattavia tyypittelyjä ja tilastotietoja. Muun muassa kappaleessa 3.1 on esitetty virtavesisysteemin tyypikohtaisia piirteitä. Tyypikohtaisia ominaisuuksia voidaan määrittää kokoavasti monenlaisen lähdemateriaalien avulla (Kuva 19). Kunnostettaessa eräs menetelmä ominaisuuksien tarkasteluun on löytää vastaava vertailuosuus, jonka avulla voidaan täydentää ja tarkentaa olemassa olevaa tietoa. Luonnontilaa koskevia ominaisuuksia määritettäessä vertailuosuuksille tulee asettaa tyypikohtaisia vaatimuksia.

- **Vertailuosuuksien ja niiden valuma-alueiden tulee olla luonnontilaisia tai lähellä luonnontilaa.** Alueen tulee edustaa mahdollisimman koskemattomaa vesistöä ilman ihmisen aiheuttamia muutoksia, jotta se voisi toimia objektiivisena kiintopisteenä kunnostuksen suunnittelulle.
- **Jos vertailuosuudelta käytetään vain tiettyjä ominaisuuksia, ei niissä saa olla muuttuneiden ominaisuuksien häiritsevää vaikutusta.** Jos esimerkiksi haetaan uoman linjausta tai uoman pohjan materiaalia, voi kuiville jäänyt uomakin toimia vertailukohtana, vaikka se ei ole mitenkään luonnontilainen. Myöskään veden laadun huononeminen ei vaikuta suuresti uomamorfologiaan. On selvää, etteivät tämän tyyppiset kohteet voi kuitenkaan toimia vertailukohtana biologisille muuttujille.
- **Vertailuosuuden valuma-alueen tulee olla maastotyyppiltään ja järvisyydeltään vastaava.** Yksi virtaamadynamiikan kannalta merkittävimpiä ominaisuuksia on valuma-alueen järvisyys. Järviin varastoituu vettä, mikä tasaa virtaamavaihtelua. Vaikka uoman kaltevuus, maaperä ym. tekijät olisivat yhteneviä, ovat olosuhteet ekologisessa mielessä hyvin erityyppiset. Runsas- ja vähäjärvisissä vesistöissä keskimääräisen alivirtaaman ja ylivirtaaman suhdeluvut poikkeavat toisistaan olennaisesti.

- **Vertailuosuuden tulee olla morfologiselta tyypiltään vastaava.** Uoma kantaa jakaa osuuksiin morfologiaan vaikuttavien tekijöiden, kuten maaperän kaltevuuden ja uoman kokoluokan perusteella. Kullekin osuudelle tulee löytää oma tyyppikohtainen vertailualueensa
- **Vertailtavien alueiden ilmastollisten olosuhteiden tulee olla yhtenevät.** Valuma-alueen sijainti vaikuttaa virtaamiin ja niiden ajoittumiseen. Pohjoisen joissa vuotuinen alivirtaama ajoittuu kevättalveen, kun etelärannikolla alivirtaama ajoittuu todennäköisimmin kesän kuivalle hellejaksolle. Toisaalta Etelä-Suomen joissa saattaa esiintyä tulvajaksuja myös talvella.
- **Vertailuosuuden tulee edustaa samaa sijaintia jokijatkumossa.** Latvapurojen dynaamiset prosessit poikkeavat alajuoksun vastaavista. Tämä vaikuttaa mm. orgaanisen aineksen pidättymiseen ja eliöyhteisöihin. Yläjuoksulla olevia osuuksia ei voi suoraan verrata alajuoksun osuuksiin, eikä järven alapuolista uomaa voi verrata uomaan, jonka yläpuolella on laaja järvetön valuma-alue. Sen lisäksi, että järvillä on suuri merkitys virtaamien tasaajina, ne tasaavat veden laadullista vaihtelua ja pysäyttävät uoman pohjalla kulkeutuvan karkean kiintoaineen liikkumisen.
- **Vertailualueella tulee olla sama syntyhistoria kuin kunnostettavalla osuudella.** Syntyhistoria vaikuttaa jokilaakson ominaisuuksiin. Jääkausi ja sitä seuranneet ilmiöt ovat vaikuttaneet oleellisesti Suomen geomorfologiaan. Maanpinnan kohoamisen myötä on paljastunut laajoja tasaisia alueita, jotka ovat herkkiä tulvimaan. Toisaalta, jos joki on virrannut hienosedimenttiosuudessa maaperässä, eikä veden reitille ole osunut virtausta kestävää moreeni- tai kalliokynnystä, on vesi usein kuluttanut uoman syvälle. Tällöin jokilaaksosta on uurtunut jyrkkäreunainen V-laakso ja tulvaveden peittämä maa-ala jää pieneksi. Aktiivinen joki voi ajan kuluessa muodostaa itselleen tulva-alueen. Kun uoma muuttaa kulkuaan, vähitellen siirtyvät meanderit tasaavat laakson pohjaa muodostaen tulvivaa aluetta.

Tavoitekuva lähtee siitä, että virtavesisysteemillä ja sen toiminnoilla on luontainen tila. Tämä tila tulee huomioida kunnostuksen tavoitteiden asettelussa. Vesistön nykytilan luonne voi esimerkiksi vedenlaadun osalta poiketa luontaisesta. Monien rannikon vesistöjen kohdalla puhutaan usein luontaisesta savisameudesta, mutta samalla jää arvioimatta luontaisen savisamennuksen osuus nykyisestä savisameudesta. Tutkimukset ovat osittaneet, että maatalousvaltaisella valuma-alueella kiintoaineskuormasta jopa 90 % voi olla peräisin peltojen pintamaasta (Pietiläinen & Ekholm 1992). Kun tämän lisäksi otetaan huomioon maataloutta varten tehtyjen ojien eroosio sekä luonnonuomien perkausten aiheuttama lisäkuorma, voidaan todeta, että vesistön todellinen luontainen savisameus on vain murtoosa nykytilan savisameudesta. Tämä luontainen taso olisi ideaalinen tavoitetila, johon kunnostuksessa tulisi pyrkiä.

Uoman luontaiset mittasuhteet eivät ole sattumanvaraisia, irrallisia tekijöitä. Uoman morfologia määräytyy virtaveden valuma-alueen, topografian, ympäröivän maaperän ja kasvillisuuden mukaan. Mittasuhteiden muuttaminen vaikuttaa uoman toimintaan. Kasvatettaessa uoman vesipintaa ja poikkileikkauksen kokoa esimerkiksi kaivamalla tai patoamalla veden virtaus voi hidastua siinä määrin, että virtaveden tyypillinen lajisto alkaa muuttua seisovan veden lajistoksi. Tällöin myös kiintoaineen kulussa ja habitaattirakenteessa tapahtuu muutoksia.

Tyyppikohtaisten erojen tunnistaminen on tärkeää myös kunnostusmenetelmien valinnan kannalta. Toisaalla toimiviksi osoittautuneet menetelmät eivät tuo kaikkialla toivottua tulosta. Olosuhteet voivat vaihdella jo saman vesistön eri haarojen välillä. Suomalaisille virtavesille on tyypillistä pienipiirteisyyttä. Jääkausi ja maanpinnan kohoaminen ovat merkittävässä määrin vaikuttaneet maaston muotoutumiseen. Hydrologiset ja vedenlaadulliset muuttujat ovat erilaisia savisilla alu-

eilla kuin harjualueilla, joissa pohjavesivarastot ovat suuret. Lisäksi valuma-alueen järvisyys vaikuttaa virtaamaoloihin. Suurissa reittivesissä virtaamavaihtelut ovat pienempiä kuin rannikon vähäjärvisissä vesistöissä, joissa keskiylivirtaaman (MHQ) ja keskialivirtaaman (MNQ) suhde voi olla jopa 500-kertainen, kun se reittivesissä jää usein vain noin 2-5 kertaiseksi. Sen vuoksi lähtökohdat esimerkiksi koskien kunnostamiseen ovat täysin erilaiset eri puolilla maata.

5.2 Yhdysvaltalainen suunnittelun ohjeistus

5.2.1 Toivottu tulevaisuuden tila kunnostuksen lähtökohtana

Yhdysvalloissa suunnittelukäytännölle on muodostunut samanlaisia piirteitä kuin Euroopassa. Toivottu tulevaisuuden tila, the desired future conditions (DFC), on asetettu ohjeistukseksi kunnostussuunnittelulle. Ajatus on peräisin presidentti Bill Clintonin Forest ecosystem management teamin projektista. Yhdysvalloissa vedet ja valuma-alue ovat tärkeä osa metsäekologiaa. Myöhemmin toivottua tulevaisuuden tilaa on alettu käyttää myös itsenäisesti vesistö-kunnostuksissa. Sillä tarkoitetaan lähinnä uoman dynaamista tasapainoa, joka voidaan kunnostuksen keinoin saavuttaa, tai pitkän tähtäyksen ekologista potentiaalia (Rosgen 1996). Kaikilla osallisilla tulee olla yhtenevä näkemys toivotusta tulevaisuuden tilasta. Tämä ajatuksellinen kuva tarvitaan pohjaksi tarkemmalle tavoitteiden asettelulle ja suunnannäyttäjäksi toteuttamisstrategioille. Näkemyksen tulee olla johdonmukainen yleisen ekologisen kunnostustavoitteen ohessa. Toivottu tulevaisuuden tila tulisikin nähdä mahdollisuutena ilmaista kunnianhimoinen ekologinen tavoite, koska se joka tapauksessa sovitetaan kunnostussuunnittelun edetessä tärkeisiin sosiaalisiin, poliittisiin, taloudellisiin ja kulttuurillisiin arvoihin.

Toivotun tulevaisuuden tilan määrittäminen on osa kunnostuksen suunnittelua. Stream corridor restoration -käsikirjassa (USDA 1998) on tavoitteiden asettelu kiteytetty seuraavasti:

- Määritä toivottu tulevaisuuden tila
- Tunnista mittakaavalliset tekijät
- Tunnista kunnostuksen rajoitteet ja keskeiset asiat (ydin)
- Määritä päämäärät ja yksilöidyt tavoitteet

5.2.2 Mittakaavalliset tekijät

Yhdysvaltalaisen mallin (USDA 1998) mukaan mittakaavalliset tekijät on tärkeää ottaa huomioon jokikunnostuksissa. Huomioon ottamisen laajuus vaihtelee suuresti riippuen siitä kunnostetaanko lyhyttä jokiosuutta vai tehdäänkö laajaa valuma-alueittakaavan jokikäytäväkunnostusta. On muistettava, että joen töyräs tai osuuden ekosysteemi eivät ole itsenäisiä, vaan joen toiminnot ovat yhteydessä ympäristönsä kanssa. Tarkastelun laajuutena voi olla maisema-alue, jokikäytävä tai omaisuus.

Maisema-alue-tarkasteluun kuuluu keskeisesti alueen talous ja luonnonvarojen hoito. Maankäytöllä on suuret taloudelliset vaikutukset, mutta sillä vaikutaan myös paljolti vesien tilaan. Alueiden tehokas hyödyntäminen johtaa myös veden kiertokulun nopeutumiseen. Rakennetuilta alueilta pintavedet johdetaan nopeasti pois ja maankuivatusta on jouduttu tehostamaan. Tämä aiheuttaa hydrologisten muutosten lisäksi vedenlaadullisia muutoksia. Maankäytöstä aiheutuva hajakuormitus on useilla alueille suurin kuormittaja. Rakentaminen ja muu

tehostunut maankäyttö jakaa alueita. Tämä voi johtaa luontoalueiden pirstoutumiseen ja ekologiseen eristäytymiseen. Jokikäytävät voidaankin nähdä mahdollisuutena pitää yllä yhteyksiä alueiden välillä. Alueellisessa suunnittelussa luodaan yleensä ne mahdollisuudet ja rajoitteet, joiden puitteissa jokia voidaan kunnostaa.

Jokikäytävä tarkastelussa voidaan mennä yksityiskohtaisempaan tarkkuuteen. Joelle ja sen toimintaan läheisesti vaikuttaville alueille sallittava tila voi rajoittaa kunnostamista. Jos tilaa on runsaasti, voidaan jokikäytävän kunnostamiselle asettaa useita ja vaativampia tavoitteita, kuten luontaisen tulvimisen palauttaminen tai monimuotoisen eliöstön liikkumisen mahdollistavan suojavyöhykkeen muodostaminen. Usein ei ole kuitenkaan mahdollisuutta kunnostaa jokikäytävää alkuperäisessä laajuudessa. Tarkastelu saatetaan joutua rajaamaan uoman välittömään ympäristöön. Kapeat käytävät tulevat kysymykseen kaupunki- ja maatalousalueilla, jolloin käytävälle voidaan asettaa vaatimattomampia tavoitteita, kuten esimerkiksi uomaa varjostavan puuston muodostaminen. Kapeatkin jokikäytävät voivat tarjota erinomaiset olosuhteet lajistolle, joka on erikoistunut reuna-alueisiin. Toisaalta metsissä menestyville lajeille kapeat käytävät voivat olla kohtalokkaita. Lajit voivat joutua alttiiksi petojen saalistukselle ja muille häiriötekijöille.

Uomaosuus on keskeinen yksikkö suunniteltaessa kunnostuksia. Uoman omien ominaisuuksien lisäksi kunnostuksissa tulee kuitenkin ottaa huomioon myös jokikäytävä ja laajempi maisema-alue. Nämä vaikuttavat moniin uomaa muokkaaviin asioihin kuten virtaamiin, sedimentin kulkeutumiseen uomaan ja kasvillisuuteen, niin kuolleeseen kuin eläväänkin.

5.2.3 Rajoitteet ja keskeiset tekijät

Kun osalliset ovat päässeet yhteisymmärrykseen toivotusta tulevaisuuden tilasta ja asiaa on tarkasteltu kokonaisvaltaisesti eri mittakaavoissa, tulee tunnistaa kunnostusta rajoittavat tekijät. Tämä tarkastelu on tarpeen ennen kuin asetetaan tarkempia tavoitteita kunnostustoimille. Tietoa tarvitaan, jotta voitaisiin sovittaa yhteen ekologiset, sosiaaliset, poliittiset ja taloudelliset arvot. Rajoitteet voidaan jakaa kahteen päätyyppiin; teknisiin ja ei-teknisiin. Teknisiä rajoitteita aiheuttavat tiedon saatavuus ja kunnostustekniikat. Ei-tekniset rajoitteet voivat olla taloudellisia, poliittisia, institutionaalisia, laki- ja säädöspäisiä ja kulttuurisia. Ei-teknisinä rajoitteina voidaan pitää nykyisiä ja tulevia maan- ja vesienkäytön ristiriitoja. Kaikki rajoitteet voivat aiheuttaa hankkeen muuttumisen, viivästymisen tai peruuntumisen. Siksi on tärkeää, että nämä asiat selvitetään ennen tarkempien tavoitteiden asettamista.

5.2.4 Päämäärät ja yksilöidyt tavoitteet

Yhdysvalloissa tavoitteet on jaettu kahteen tasoon; päämäärät (goals) ja yksilöidyt tavoitteet (objectives). Päämäärät muodostuvat kahdesta tärkeästä tekijäryhmästä :

- Toivottu tulevaisuuden tila (ekologinen vertailutila)
- Sosiaaliset, poliittiset ja taloudelliset arvot

Päämäärät voivat olla ensisijaisia ja toissijaisia. Ensisijaiset päämäärät ovat niitä, jotka panevat hankkeen alulle, kuten kalatalouden, vesiensuojelun, tulvasuojelun, vesi- ja maaelinympäristöjen parantaminen tai maisemalliset näkökohdat. Toissijaisten päämäärien tulee tukea joko suoraan tai epäsuorasti ensisijaisia päämääriä. Toissijaisia päämääriä voivat olla työllistäminen tai aluetalouden piristäminen samalla, kun toteutetaan kunnostuksen ensisijaista päämäärää.

Kunnostuksen tarkemmat yksilöidyt tavoitteet tulee asettaa siten, että ne toteuttavat päämääriä. Tavoitteet tulee esittää kiteytetysti ja niistä tulee käydä ilmi heikentynyt tila ja kuinka sitä kunnostetaan. Yksilöidyt tavoitteet tulee ilmaista sellaisilla suureilla, että ne ovat mitattavissa tai niitä voi selkeästi havainnoida. Tällöin seurannalla voidaan todeta saavutettiin tavoitteet. Esimerkiksi hankkeessa, jossa päämäärä on parantaa kalojen elinoloja, voisivat yksilöidyt tavoitteet olla:

- Alennetaan veden lämpötilaa istuttamalla varjostavaa rantakasvustoa.
- Rakennetaan uomaan syväne, joka toimii hiekan pidättäjänä.
- Työskennellään paikallisten maanomistajien kanssa ja rohkaistaan heitä suojakaistojen perustamiseen.

Jos näitä esimerkkitaavoitteita halutaan käyttää onnistumisen mittareina, tulisi niitä tarkentaa. Ensimmäistä tavoitetta täydentävä virke voisi olla esimerkiksi: Istutettavista lepistä puolet on elossa kolmen kasvukauden jälkeen, jolloin niiden minimikorkeus on 150 cm, mistä seuraa veden keskimääräisen lämpötilan lasku uomassa. (USDA 1998)

5.2.5 Hyväksyttävästi toimivan rantavyöhykkeen rakenne

Yhdysvalloissa on esitetty myös erillisiä kohdistettuja osatavoitteita. Esimerkiksi rantavyöhykkeen tilan arvioimiseen on kehitetty menetelmä, proper functioning condition (PFC) (BLM 1995). Hyväksyttävä toiminnallinen tila ei korvaa toivotun tulevaisuuden tilan määritelmää, vaan on pikemminkin yksi edellytys sen saavuttamiseksi. PFC tarkastelee rantavyöhykkeen fyysisiä ja biologisia ominaisuuksia siinä laajuudessa, jossa ne vaikuttavat rantavyöhykkeen fyysiseen toimintaan. Rantavyöhykkeen toimintaa habitaattina se ei tarkastele. Toimiva rantavyöhyke ilmentää osaltaan dynaamisessa tasapainossa olevaa uomaa, mikä on myös keskeisessä osassa tarkasteltaessa toivottua tulevaisuuden tilaa.

Rantavyöhykkeen kosteikon voidaan katsoa toimivan hyväksyttävästi, kun siinä on riittävästi kasvillisuutta, maanmuotoja tai kookasta puuainesta, jotka:

- Vaimentavat virtausenergiaa ylivirtaamien aikana, samalla vähentävät eroosiota ja parantavat veden laatua.
- Suodattavat maa-ainesta, pidättävät pohjakulkeumaa ja edistävät tulvatasanteen kehittymistä.
- Parantavat tulvavesien pidätystä ja pohjaveden muodostumista.
- Kehittävät juurimassaa, mikä vahvistaa penkkoja syöpymistä vastaan.
- Muodostavat moninaisia piirteitä lammille ja uomille, jolloin muodostuu sopivan syvyisiä, oikean aikaisia ja lämpöisiä habitaatteja, joissa kalat voivat lisääntyä, linnut pesiä ym.
- Kasvattavat luonnon monimuotoisuutta.

Myös tähän menetelmään liittyy potentiaalinen (potential) ja mahdollisuuksien (capability) tarkastelu. Potentiaalilla tarkoitetaan korkeinta ekologista tilaa, jonka rantavyöhykkeen kosteikkoalue voi saavuttaa ilman mitään rajoituksia. Mahdollisuuksilla tarkoitetaan korkeinta ekologista tilaa, jonka rantavyöhykkeen kosteikkoalue voi saavuttaa poliittisten, sosiaalisten ja taloudellisten reunaehtojen rajoissa. Teknisesti tarkastelu on helppo suorittaa. Siihen ei tarvita mittauksia, vaan siinä käydään lävitse 17-kohtainen tarkastuslista, jonka kolme osiota käsittelevät hydrologiaa, kasvillisuutta ja sedimentin kulkeutumiseen liittyviä prosesseja. (BLM 1995)

5.3 Kunnostuksen seuranta

Seuranta kuuluu oleellisena osana kunnostukseen. Hankkeen seuranta tulisi suunnitella siten, että sillä pystytään havainnoimaan asetettujen tavoitteiden toteutumista. Koska seuranta on kallista, se tulee toteuttaa suunnitelmallisesti eikä vain kerätä myöhemmin tulkittavaa aineistoa. Jo ennen seurantaan ryhtymistä on hyvä olla selvillä, minkä tyyppisiä ilmiötä on odotettavissa, ja panostaa seurannan voimavarat mielenkiinnon kohteena ja todentamistarpeessa oleviin. Jos hankkeita ei seurata, ei myöskään huomata tehtyjä virheitä toteutustekniikoissa tai niissä oletamuksissa, joiden perusteella kunnostus on tehty. Tällöin samat virheet ja puutteet saattavat toistua vuodesta toiseen. Valitun seurantamenetelmän tulee tuottaa tehokkaasti tarkkaa tietoa sekä olla kohteeseen soveltuva ja toistettavissa. Menetelmän tulee olla myös oikeassa suhteessa kustannuksiin ja käytettävissä olevaan aikaan (USDA 1998).

Luonnontilasta vertailuosuutta voidaan käyttää hyväksi kunnostuksen seurannassa. Sen lisäksi, että se toimii kunnostussuunnittelun apuna, siihen voidaan verrata kunnostettua osuutta ja arvioida kunnostuksen onnistumista. Kunnostuksen seurannassa on eduksi verrata myös tuloksia myös muutettuihin osuuksiin, joissa lähtökohdat ovat samat kuin kunnostettavalla osuudella, mutta joita ei kunnosteta. Vertailuosuus on hyödyllisimmillään silloin, kun siihen kohdistuvat samat kunnostuksesta riippumattomat ympäristön muutokset kuin kunnostettuun osuuteen. Vertailu ei silloin ole samalla tavalla herkkä esimerkiksi vuotuiselle sääolojen vaihtelulle kuin ennen-jälkeen-vertailu, jossa kunnostuksen vaikutuksia on joskus vaikea erottaa luontaisesta vaihtelusta. Luotettavimman arvion kunnostuksen vaikutuksista saa käyttämällä sekä vertailualueita että ennen-jälkeenmenetelmää.

Kunnostushanke voi tavoitteellisten vaikutusten ohella aiheuttaa myös haitallisia vaikutuksia. Usein seurannalla pyritään varmistamaan, etteivät haitalliset vaikutukset ole suurempia, kuin on ennalta oletettu. Yleensä haitallisista vaikutuksista on jo ennakkokäsitys, joka on muodostettu aiempien kokemusten ja tutkimusten perusteella. Seuranta voikin perustua olettamuksiin, joita havainnoidaan. Seurannassa olisi hyvä, jos käytetyt menetelmät olisivat yksinkertaisia ja helppoja toteuttaa, mutta toisaalta mitattavia ja yksiselitteisesti tulkittavia. Silmämääräinen arvio on usein subjektiivinen ja hankalasti vertailtavissa.

Yhdysvaltalaisessa ohjeistuksessa ja tavoitekuviin perustuvassa kunnostussuunnittelussa pidetään seurantaan tärkeänä. Yhdysvaltalaisessa mallissa kunnostuksen toiminnalliset tavoitteet on asetettu siten, että ne ovat suoraan seurannan kohteena. Tästä syystä niiden tulee olla mahdollisimman pelkistettyjä ja yksiselitteisiä. Myös keskieuropalaisessa mallissa tuodaan selkeästi esiin seurannan merkitys. Seurannalla tulee varmistaa se, että kunnostus toimii niin kuin on suunniteltu. Kunnostuksen riittävä jälkivalvonta on tärkeää, koska joskus korjaustoimenpiteet on syytä toteuttaa nopeasti ennen kuin tilanne muuttuu pahemmaksi ja korjauksesta tulee kallis tai mahdoton toteutettavaksi.

Tietyn kunnostushankkeen tavoitteiden saavuttamisaste tulee pystyä osoittamaan, mutta merkittävästi seuranta edistää myös kunnostusmenetelmien kehitystä sekä oikeiden kunnostusmenetelmien valintaa tulevaisissa projekteissa. Seurannan perusta luodaan ennakkotutkimuksilla, joista saatu havaintomateriaali tukee kunnostuksen suunnittelua. Ennakkotutkimukset ovat vertailukohtana jälkiseurannalle.

5.4 Kunnostussuunnittelun toimintamallit ja vesipolitiikan puitedirektiivi

Kunnostuksen toimintamalleilla ja vpd:n periaatteilla on paljon yhtäläisyyksiä. Kaikissa näissä pyritään ottamaan vesiluonto ja sen toiminta paremmin huomioon. Aivan suoria yhtäläisyysmerkkejä ei menettelyjen välille voi asettaa, mutta kaikissa pyritään ottamaan kunnostuksen ja vertailun pohjaksi tyypille ominaiset luonnonolot, jotka ohjaavat kunnostamista. Sen lisäksi niissä on mahdollisuus ottaa huomioon myös muita tarpeita. Tavoitekuvatarkastelu on toivottua tulevaisuuden tilaa selkeämmin sidottu alkuperäisen luonnon tavoitteluun. Vpd pyrkii lähtökohtaisesti suojelemaan ja palauttamaan häiriintymättömiä tyypikohtaisia ominaisuuksia. Tällä hetkellä on kuitenkin jo selvää, ettei kaikkialla Euroopassa tulla pyrkimään täysin luonnontilaisiin olosuhteisiin, vaan vertailukohdaksi on ehdotettu kiinnekohtia eri aikakausilta. Saksassa vertailutila edustaa aikaa ennen maanviljelyksen aloittamista, kun taas Ranskassa tila sijoittuu viljelyn aikakaudelle ennen teollistumista (CEN workshop 2000). Euroopassa ihminen on muuttanut luontoa jo niin kauan, että kulttuurimaisemat ovat ympäristön osa, josta ei haluta luopua. Esimerkiksi Tanskassa kunnostettuja jokilaaksoja pyritään pitämään avoimina laiduntamalla tai miesvoimin raivaamalla, vaikka laakso luontaisesti kehittyisi metsäiseksi (Järvenpää 2003). Näin ollen kummatkin, visionaarinen tavoitekuva sekä toivottu tulevaisuuden tila, tukevat direktiivin mukaista ajattelua.

Vpd tähtää kohti parempaa ekologista tilaa, ja siinä suhtaudutaan rajoittavasti vesien tilaa heikentävään toimintaan. Jo olemassa olevat vesirakenteet ja käyttömuodot on otettu huomioon vähemmän vaativilla ympäristötavoitteilla. Kunnostussuunnittelun toimintamalleissa on suunta kohti parempaa tilaa, mutta luontotavoitteet pyritään kuitenkin integroimaan muiden tavoitteiden ja rajoitusten kanssa. Kummassakin pyritään parhaaseen mahdolliseen tilaan olemassa olevien rajoitteiden vallitessa.

Tavoitekuvatarkastelu ei tee eroa voimakkaasti muutettujen vesistöjen kohdalla kuten direktiivi, vaan alkuperäinen luonnontila on esitetty aina vertailukohdaksi (Jungwirth et al. 2002). Tavoitekuva on kuitenkin esitetty sovellettavaksi voimakkaasti rakennettuihin vesiin aina muurien välissä virtaaviin kanaviin asti (Mader et al. 2002). Tällöin on tehty pienimuotoisia parannuksia mahdollisuuksien rajoissa. On oikeutettua kysyä, onko alkuperäisen luonnontilan jäljittely enää tarkoituksenmukaista. Voimakkaasti muutettujen vesien kohdalla olisikin usein mielekkäämpää jäljitellä sellaista luontoa, joka vastaa parhaiten muutettuja olosuhteita. Esimerkiksi padotussa suuressa voimalaitosjoessa on usein mahdoton jäljitellä alkuperäistä jokiluontoa, vaan joki on pysyvästi allastettu. Jokisysteemin ekologista tilaa voisi kuitenkin parantaa rakentamalla kalatiet patojen ohitse, jotta kalat voisivat vaeltaa joen rakentamattomiin osiin. Vpd:n velvoitteita täyttää parhaiten luonnonmukainen kalatie, joka mahdollistaa myös muunkin eliöstön kuin tiettyjen kalalajien liikkumisen. Kalatien vertailukohtana voisi olla luonnonpuro pikemminkin kuin alkuperäinen jokiluonto. Luonnonmukaisen kalatien yhteyteen olisi mahdollista rakentaa myös alkuperäistä lohikalastoa tukevia lisääntymishabitaaatteja, joista rakennetuissa joissa on puutetta. Voimakkaasti muutetuissa vesistöissä nämä olisivat osa parasta mahdollista saavutettavissa olevaa ekologista tilaa ns. ekologista potentiaalia.

Esimerkkitapaus - Nuuksion Myllypuron kunnostus

6

6.1 Johdanto

Suomessa on kunnostettu varsin laajasti uiton vuoksi perattuja koskia. Muun tyyppisten uomien luonnontilan kunnostamisesta ei ole kertynyt paljoakaan kokemusta. Muutamissa pilottikohteissa on kokeiltu luonnonmukaista vesirakentamista muun vesirakentamisen yhteydessä. Koskissa on tyypillisesti runsaasti kookkaita kiviä, joita virtaus ei juurikaan liikuttele. Puroissa on monenlaisia osuuksia ja muutkin ominaisuudet voivat vaihdella runsaasti, mikä tekee niistä omanlaisiaan kunnostuskohteita. Ne muodostavat virtavesiemme suurimman ryhmän (ks. Taulukko 1) ja niiden valuma-alueet kattavat merkittävimmän osan maapinta-alastamme. Ne muodostavat spesifejä elinympäristöjä ja toimivat osana vesistökokonaisuutta. (ks. kappale 2.2.4).

Puroissa olosuhteet voivat luonnostaan olla sellaiset, että ne rajoittavat lajien esiintymistä. Veden laadullinen ja määrällinen vaihtelu voi olla purojen välillä runsasta. Vesistön koon kasvaessa laadullinen vaihtelu tasoittuu, kun eri alueilta tulevat vedet sekoittuvat. Yksinkertaistaen voidaan ajatella, että päähaaran veden ainepitoisuudet ovat keskiarvoja purovesien pitoisuuksista, eli valuma-alueelta löytyy puroja, joiden vedenlaatu on heikompi ja niitä, joissa se on parempi kuin päähaaran. Parempilaatuiset purot voivat tarjota mahdollisuuksia vaativampienkin lajien elinympäristöksi, kun taas heikkolaatuiset purot ovat haaste vesien suojelelun kannalta.

Puroluokan vesistöjen suojelelun ja kunnostamista varten tarvitaan selkeät periaatteet. Purojen merkittävyys perustuu niiden suureen määrään. Pieniä vesistöjä on usein hankala hallita ja niiden kunnostaminen on kallista. Niiden tilaa on vaikea saada paranemaan ilman kunnostusta edistäviä säädöksiä ja vesipolitiikkaa. Nykyinen käytäntö on purojen kannalta liian salliva. Puroissa tehtyihin muutoksiin puututaan harvemmin kuin kookkaissa uomissa tehtyihin muutoksiin. Moni puro rinnastetaankin virheellisesti valtaojaan. Pilaantumisen ja ekologisen tilan muutoksen suhteen purot ovat jokia herkempiä. Vedenlaatu heikkenee helposti, koska pilaavat aineet eivät laimene yhtä tehokkaasti kuin kookkaammissa uomissa. Myöskin muutostyöt ovat mittasuhteiltaan suuria uoman kokoon nähden. Pienissä uomissa tyypillinen perkaus kasvattaa poikkileikkauksen koon moninkertaiseksi luonnolliseen kokoon verrattuna tai oikoo mutkaisen puron täysin suoraksi. Suomessa näin suuria muutoksia on harvemmin tehty isoissa joissa.

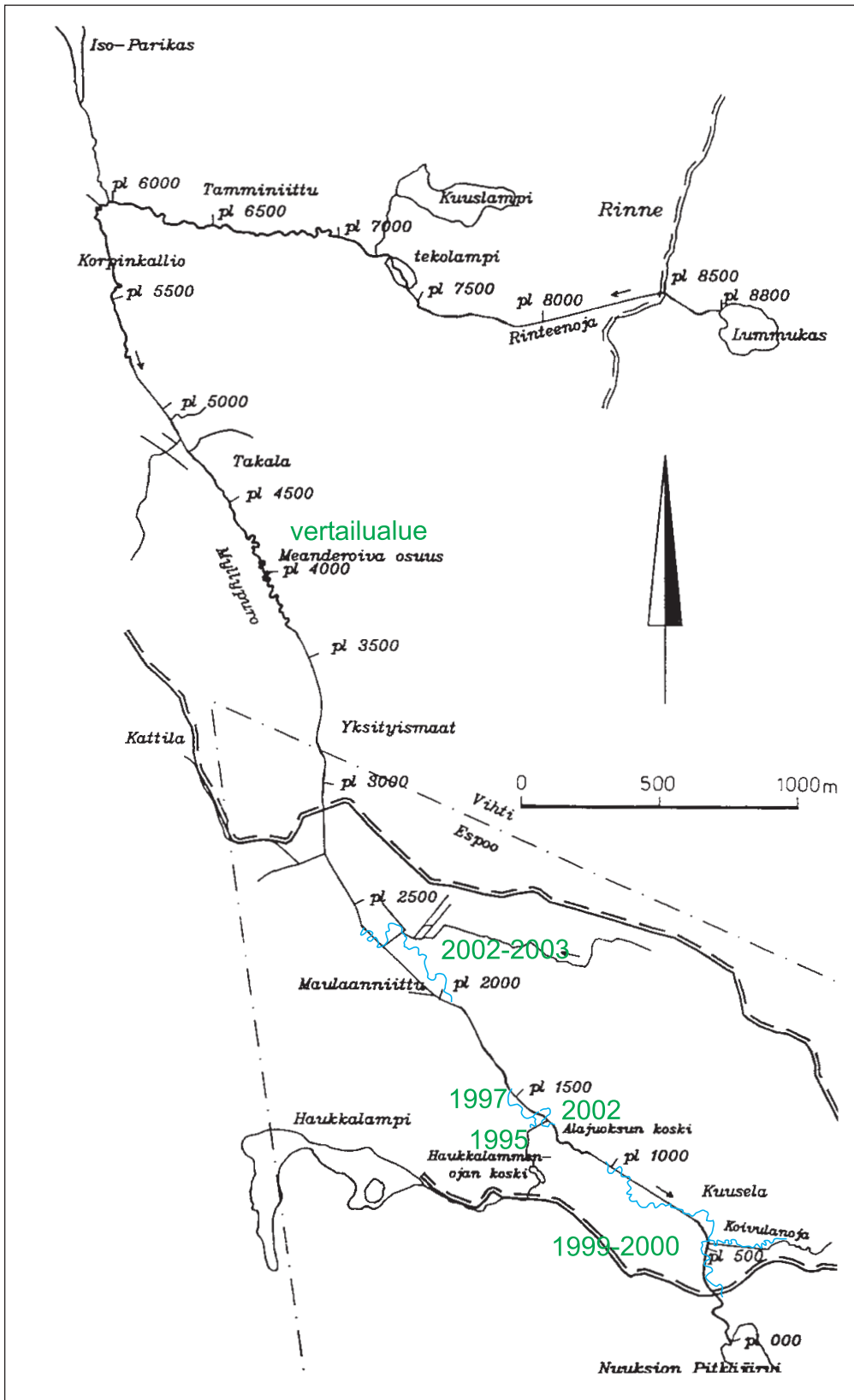
Tämä luku käsittelee esimerkkitapauksena valitun puron kunnostussuunnittelua. Sen avulla pyritään havainnollistamaan työssä aiemmin esitettyjen kunnostussuunnittelun toimintamallien soveltamista käytäntöön. Suunnittelun yhteydessä on pyritty hyödyntämään esitettyjä teorioita jokisysteemin toiminnasta sekä luonnonmaantieteellisiä tietoja puron ominaispiirteiden määrittelyyn. Kunnostussuunnittelussa on pyritty tuomaan esille kaikki ne tekijät, jotka ovat vaikuttaneet kunnostusratkaisuihin. Selkeä tavoitteisiin ja rajoitteisiin tukeutuva kunnostusratkaisuiden perustelu on edellytys sille, että kunnostuksen onnistumista voidaan objektiivisesti arvioida jälkikäteen.

6.2 Taustaa

Kunnostussuunnittelun esimerkkikohde Myllypuro sijaitsee Nuuksion järviylängöllä, joka sijoittuu Espoon, Vihdin ja Kirkkonummen kuntien alueelle. Pääkaupunkiseudun läheisyydestä huolimatta alue on säilynyt varsin luonnontilaisena. Vuonna 1994 ylängön parhaiten säilyneistä osista perustettiin Nuuksion kansallispuisto. Vaikka seutu on yleisesti säilynyt verraten luonnontilaisena on purolaakso raivattu aikoinaan viljelysmaaksi ja pienialaisia painanteita on kuivatettu metsänhoidollisista syistä. Puron uomasto onkin kokenut suurimmat muutokset, joista viimeisin ja voimakkain tehtiin 60-luvun alkupuolella. Tällöin puron alaosa perattiin Nuuksion Pitkäjärvestä ylöspäin 3,6 km matkalta ja samalla perattiin myös puroon laskevia pienempiä uomia.

Kuivatushankkeesta huolimatta peltojen viljely ei ole kannattanut ja se onkin asteittain loppunut. Entisillä pelloilla kasvaa paikoin jo järeää koivumetsää. Kansallispuiston perustamisen myötä heräsi kiinnostus Myllypuron kunnostamiseen. Ensimmäiset ennallistamistoimenpiteet tehtiin Myllypuron sivuhaarassa Haukkalammenpurossa vuonna 1995. Silloin joukko talkoolaisia patosi oikaistun uoman ja ohjasi veden virtaamaan kuiville jääneeseen alkuperäiseen uomaan. Vuonna 1996 vapaaehtoisten kunnostustyöt jatkuivat Myllypuron pääuomassa, joka oli myös tarkoitus palauttaa kulkemaan kuiville jääneeseen vanhaan uomaan. Työ osoittautui kuitenkin liian vaativaksi tehtäväksi ilman konevoimaa. Vuonna 1997 julkaistiin Marja Savolaisen Nuuksion Myllypuron luonnontilan kunnostussuunnitelma (Savolainen 1997). Työ oli perusselvitys ja pohja tuleville kunnostuksille.

Vuonna 1997 Metsähallitus saattoi loppuun yhdessä Uudenmaan ympäristökeskuksen kanssa vapaaehtoistoina aloitetun kunnostuksen. Nyt patoaminen ja peratun uoman täyttö tehtiin konevoimin. Töiden yhteydessä myös alkuperäinen, kuiville jäänyt uoma siistittiin konetyönä, eli käytännössä uoma kaivettiin uudelleen. Kunnostuksen vaikutuksia uoman hydraulikkaan ovat tutkineet Teknillisessä korkeakoulussa Järvelä & Helmiö (2004). Kaivutyön yhteydessä uoman poikkileikkaus kasvoi suureksi ja uoman virtausvastus oli siistin kaivun jäljiltä pieni. Kunnostetusta uomasta keskivirtaamalla mitatut karkeuskertoimen arvot olivat Manningin kertoimena (n) ilmaistuna noin 0,05. Arvot ovat puolta pienempiä kuin vastaavat n. 40 vuotta sitten peratulta, suoralta osuudelta mitatut arvot (Järvelä 1998). Mutkittelu ei lisännyt häviöitä merkittävästi vaan suhteellinen vedenjohtokyky parani kunnostuksen vuoksi vastoin odotuksia.



Kuva 21. Myllypuron luonnontilan parantamiseksi on tehty useita kunnostuksia kansallispuiston perustamisen jälkeen. Palautetut uomat on merkitty sinisellä. Perattu ja suoristettu osuus (pl. 200- 3600) erottuu luonnontilaisena säilyneestä osuudesta (pl. 3600-4500).

Talvella 1999-2000 Metsähallitus jatkoi kunnostuksia Myllypuron alimmalla osuudella. Peratun suoran uoman tilalle kaivettiin vanhojen ilmakuviin perusteella mutkittileva uusi uoma. Uoman rakenne ja mittasuhteet muistuttivat kuitenkin perinteistä vesirakennustapaa. Luiskat olivat tasakaltevat ja uoman linjaus oli jouheva. Sekä vuosien 1997 että 1999-2000 hankkeissa kunnostettujen osuuksien vedenkorkeuksiin vaikuttivat voimakkaasti kunnostusalueen alapuoliset vedenkorkeudet ja niiden vaihtelut. Vuoden 1997 kunnostuksen alapäässä sijaitsee perattu koski, joka purki tulvavedet hyvin kunnostuksesta huolimatta, ja alivirtaamalla vesi karkasi kivien lomitse. Myöhemmin toteutetun kunnostusosuuden alapuolella sijaitsee Nuuksion Pitkäjärvi, jota säännöstellään Espoon Veden raakavesivarastona. Säännöstelyyn liittyy myös keväinen vedenpinnan lasku. Järven säännöstelyllä on voimakas vaikutus vedenkorkeuden käyttäytymiseen puron alajuoksulla. Kummankaan kunnostuksen jälkeen puro ei ole tulvinut.

Metsähallitus halusi jatkaa kunnostuksia Myllypurolla. Uusi kunnostuskohde sijaitsee aikaisemmin kunnostettujen osuuksien yläpuolella (Kuva 21). Kunnostus toteutettiin talvella 2002-2003. Kunnostuksen suunnittelussa sovellettiin uusia käytäntöjä ja se toimi koekohtena suunnittelukäytännön kehittämisessä ja tämän työn esimerkkikohteena. Kunnostusta suunniteltaessa tavoitteita on pyritty katsomaan objektiivisesti ja erittelemään toteutettuihin ratkaisuihin johtaneita osatekijöitä. Suunnittelun esikuvana on toiminut keskieuropalainen tavoitekuviin perustuva toimintamalli. Lisäksi toteutettu tavoitteiden asettelu on saanut vaikutteita myös muualla maailmalla käytetyistä menettelytavoista.

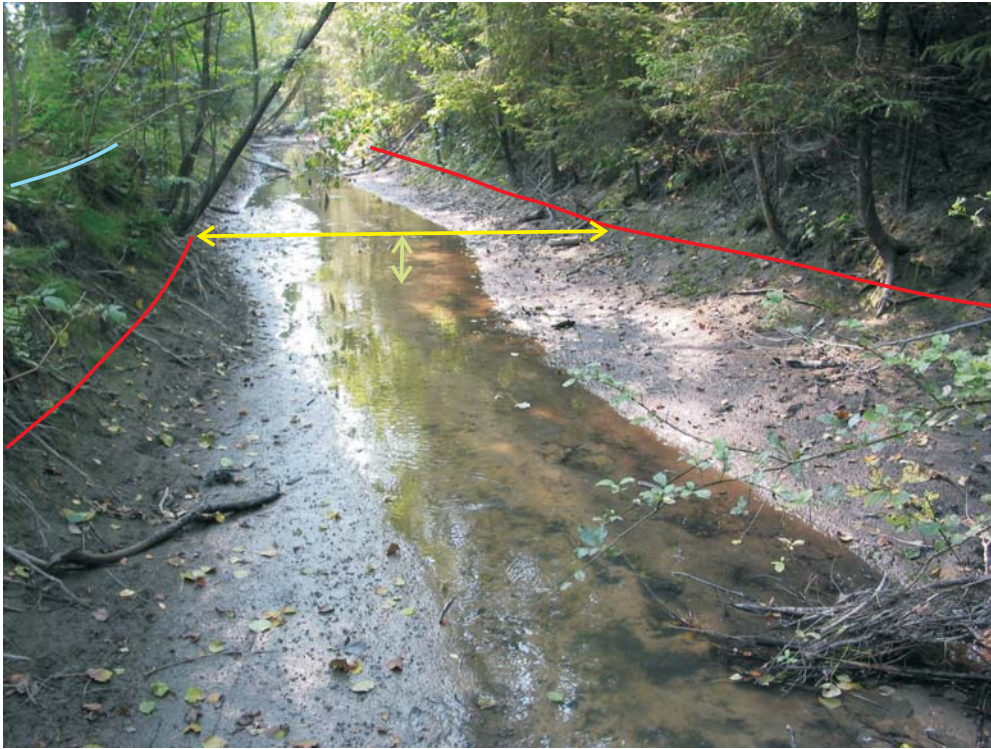
6.3 Kohdekuvaus - tila ennen kunnostusta

Suunnittelualue on rajattu vuonna 1997 kunnostetusta osuudesta ylävirtaan päin aina Kattilantien sillalle asti. Alue käsittää paalujen 1555 ja 2900 välisen osuuden. Alueen maaperä on pääosin hiekkaista savea. Purolan saarekkeen pohjoispään kohdalla pl. 2000 uomassa on lyhyt kivinen matalikko ja Kattilantien kohdalla maaperässä on 10 % kiveä. Muuten karkean aineksen määrä on uomassa vähäinen. Laakson kaltevuus on 0,17 % eli alueella on pudotuskorkeutta 1,7 m/km. Laakson pohjanleveys vaihtelee suunnittelualueella. Kapeimmillaan laakso on noin 20 m Purolan ja suunnittelualueen yläosan kohdalla ja leveimmillään yli 300 m Maulaanniitun ja suunnittelualueen alaosan kohdalla. Laaksonpohja on tasainen ja selkeärajainen. Alue on vesakoituvaa peltoa ja paikoin alueella on jo runsaasti lehtipuuta, pääasiassa koivua. Puusto on keskittynyt uoman penkoille ja sarkaojien varteen. Osa Maulaanniitusta oli metsitetty, mutta viime vuosina sitä on kuitenkin pidetty luonto- ja maisemasyistä avoimena laiduntamalla siellä hevosia ja raivaamalla vesakkoa.

Uoma on perattu 60-luvun alussa koko suunnittelualueen matkalta. Puro oli silloin suunniteltu kaivettavaksi n. 1,8 m syväksi ja sen luiskat kaltevuuteen 1:1,5 tai 1:1. Lisäksi eroosio on myöhemmin syventänyt uomaa, ja sen syvyys on nykyisin keskimäärin 2,2 m. Koska uoma on virtaamiin nähden suuri, ei puro ole enää tulvinut.

Uoman kaltevuus on keskimäärin sama kuin laakson kaltevuus eli 0,17 %, koska uoma on lähes suora ja yhtä syvä osuuden ala- ja yläosassa. Tarkemmin katsottuna uoma on keskiosiltaan hieman muuta osuutta syvempi, mikä näkyy pohjaviiivan koveruutena pituusleikkauksessa paaluvälillä 1555 - 2900 (Kuva 25). Vuonna 1997 tehty veden siirto kuiville jääneeseen uomaan padottaa nykyisin vettä. Puro on allastunut, mikä aiheuttaa kulkeutuvan aineksen kasautumista. Purolan kohdalla on pieni kivinen matalikko, jolla on vain vähäinen vaikutus ali-

veden aikaisiin vedenpinnan korkeuksiin. Uoman pohja erodoituu kaltevimmalla yläosalla. Pääosin kunnostusosuus on kuitenkin kookasta matalavetistä uoma, jonka pohja on kulkeutuvan aineksen peittämä (Kuva 22).



Kuva 22. Myllypuron perattu osuus on ylilevää ja tasasyvä. Puuvartinen kasvillisuus ilmentää luontaista täyden uoman virtaamaa vastaavaa vedenkorkeutta (punainen). Törmän fyysinen reuna on huomattavasti ylempänä (sininen). Uoman leveys/syvyys-suhde on huomattavasti suurempi kuin luonnontilaisella osuudella (vrt. Kuva 28).

Vaikka perkauksesta on kulunut 40 vuotta, ei uomaan ole vielä kertynyt paljoakaan kookasta puuainesta. Uoman reunat ovat paikoin tiheän nuoren puuston peitossa. Sen varjostava vaikutus on yleensä hyvä purolle, mutta osittain luonnottoman tiiviiksi kasvanut puurivistö haittaa aluskasvillisuuden kehittymistä uoman luiskiin.

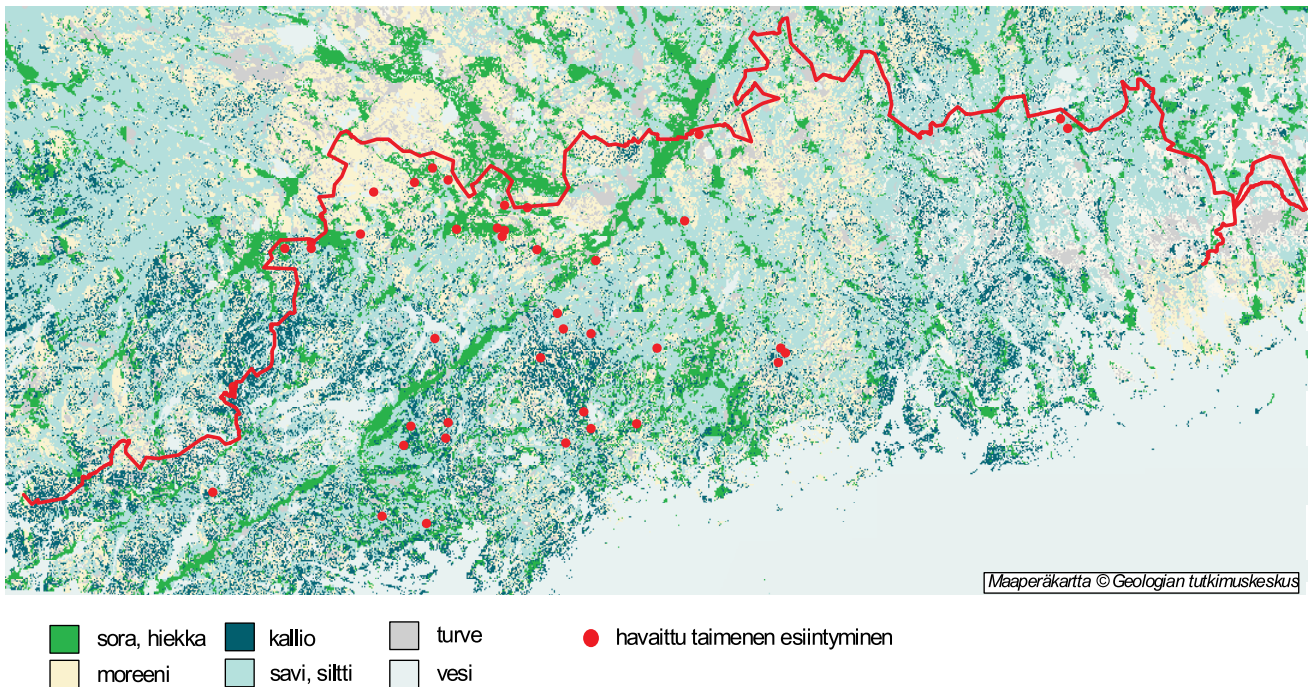
6.4 Visionaarinen tavoitekuva – tyyppikohtaisten ominaispiirteiden hierarkkinen tarkastelu

Luontolähtöisessä kunnostamisessa on keskeinen tehtävä muodostaa kuva siitä, millainen virtavesisysteemi olisi luonnontilassa. Tätä oletettua luonnontilaa kutsutaan tavoitekuvatarkastelussa visionaariseksi tavoitekuvaksi (ks. kappale 5.1.2). Se toimii myös kunnostettaville olosuhteille vertailukohtana. Vertailuolosuhteiden ominaispiirteiden tarkastelun voi suorittaa monitasoisesti.

6.4.1 Geomorfologia

Suomen kartaston geomorfologisen aluejaon mukaan Nuuksion alue kuuluu Suomenlahden rannikkoalueeseen. Myllypuron valuma-alue on kuitenkin pieni ja paikalliset olot vaikuttavat suuresti sen ominaispiirteisiin. Koska pienten vesistönsien välillä voi olla suurtakin vaihtelua, kannattaa geomorfologinen tarkastelu tehdä suppeammalla alueella. Nuuksion alue on poikkeava saareke Uudellamaalla. Se on kallioista vedenjakaja-alueita, maasto on pienipiirteistä ja siellä on runsaasti lampia ja järviä. Aluetta kutsutaankin järviylängöksi.

Vertailtaessa Uudenmaan vesiä voidaan havaita alueellisia ominaispiirteitä, joilla on vaikutusta vesiekologiaan. Esimerkiksi voidaan ottaa taimenen esiintyminen. Uudenmaan vesistöt on kartoitettu varsin tarkkaan puroja myöten ja taimenen esiintyminen tunnetaan hyvin. Muun muassa Myllypurosta löytyy luontaisesti lisääntyvä taimenkanta. Taimenen esiintymisen voidaan Uudellamaalla havaita keskittyvän tietyille alueille (Kuva 23).



Kuva 23. Taimenen esiintyminen on keskittynyt Uudellamaalla alueille, missä on runsaammin karkeita mineraalimaita. Savisilla alueilla taimenta tavataan harvemmin (Sijaintitiedot Lempinen 2003).

Nuuskion alueelta vedet virtaavat neljään vesistöön: Vantaan-, Siuntion-, Espoon- ja Mankinjokiin. Nuuskion alueella ainakin kolmessa näistä joista esiintyy taimenta. Sen sijaan savisilla alueilla, kuten Itä-Uudellamaalla, on taimenvesiä vähän. Länsi-Uudellamaalla taimenta on muun muassa Karkkilan ja Pusulan seuduilla, joilla maaperä on karkeampaa. Alueellisen jakautumisen lisäksi voidaan todeta, että Uudellamaalla taimen esiintyy ja lisääntyy useammin puroissa kuin joissa. Tähän viittaavat myös vanhat havainnot (Segerstrole 1937 & 1939 ref. Marttinen 1989).

Alueellisen tarkastelun perusteella voisi asettaa kunnostuksen kannalta mielenkiintoisia tutkimuksellisia hypoteeseja, kuten:

- Taimenta esiintyy karkeilla maaperillä virtaavissa vesissä, koska niissä on suotuisampi habitaattirakenne ja lisääntymiseen soveltuvia soraikoita.
- Taimen menestyy pienissä puroissa, joiden valuma-alueella on hiekkaisia alueita, jotka varastoivat vettä ja takaavat hyvälaatuisen pysyvän virtaaman myös kuivina kausina.
- Ihmisen aiheuttamat haitalliset muutokset ovat keskittyneet viljelyskelpoisille ja tiheästi asutuille alueille.

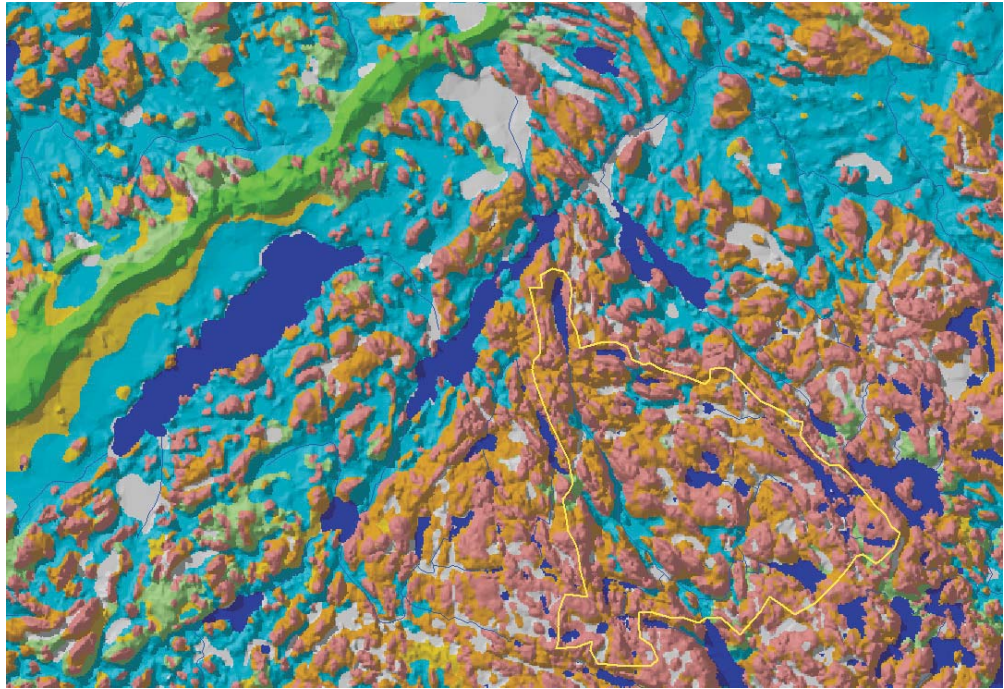
Todennetut hypoteesit voisivat ohjata kunnostusten sijoittumista sekä niiden tavoitteiden asettelua.

6.4.2 Valuma-alue

Valuma-alueen olosuhteet määräävät pitkälti veden laadullisia piirteitä ja valuntaoloja. Myllypuron 24,5 km² kokoinen valuma-alue on säilynyt lähes luonnontilaisena. Alue on metsävaltaista, ja sen maastotyyppit vaihtelevat karuista ylängöistä reheviin kallionaluslehtoihin. Sille on tyypillistä pienimuotoinen mosaiikkimainen vaihtelu. Nuuksion kallioisten alueiden vedet ovat luontaisesti happamia (Korhola & Tikkanen 1991). Osalla alueen järvistä happamoitumista on myös voimistanut Uudenmaan suuri hapan rikki- ja typpilaskeuma. Myllypuron latvoilla sijaitsevan Suolikkaan pH-arvot vaihtelivat 90-luvun alkupuolella 4,9 ja 5,4 välillä, ja puskurikykyä happamoitumista vastaan ei ollut, alkaliteetti oli 0 mmol/l (Ihalainen 1999). Viime vuosina on kuitenkin ollut havaittavissa elpymistä, mikä johtuu viime vuosikymmenien voimakkaasta rikkipäästöjen vähenemisestä. Myllypuron pääuomassa happamuustilanne ei ole yhtä huono kuin ylemmillä kallioalueilla. Mitatut pH-arvot ovat vaihdelleet välillä 5,3 - 6,7 (TKK 2000).

Valuma-alueen järvisyys on 7 %. Järvet sijaitsevat sivuhaaroissa ja latvaosuuksilla. Alueella ei ole merkittäviä harju- tai reunamuodostumia, jotka varastoisivat vettä. Maasto on kallioista ja rinteitä on paljon. Nämä seikat johtavatkin siihen, että virtaamavaihtelut ovat suuria. Varsinkin alivirtaamatilanteissa vettä on koskien kohdalla havaittu vain kivien koloissa, ja vesi on ollut seisovaa pienialaisissa syvänteissä.

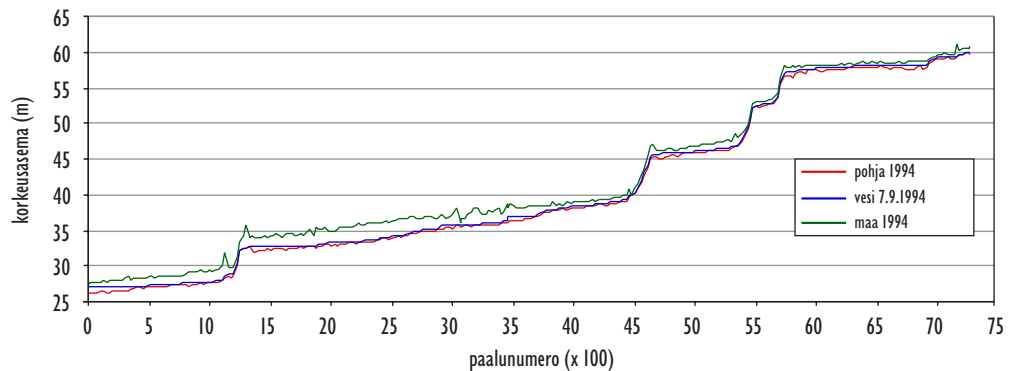
Maanviljelyä ei harjoiteta alueella, ja eläinten kasvatus rajoittuu harrastuksenomaiseen hevosten ja lampaiden pitoon. Laidunnuksella pyritäänkin tukemaan luonnon monimuotoisuutta ja ylläpitämään pienialaisia avoimia perinneympäristöjä. Maankäyttö on nykyisellään melko luonnonmukaista ja alue kuuluu lähes kauttaaltaan Natura 2000 -ohjelmaan. Kansallispuiston ja Natura-alueen ulkopuolelle on rajattu muutamia asuintiloja ja niiden pihapiirejä. Valuma-alueen kansallispuiston ulkopuoliset maat ovat suurelta osin kaupunkien omistuksessa olevia ulkoilualueita tai muutaman suuremman yksittäisen maanomistajan metsiä. Nuuksion kansallispuisto on nuori ja sitä on tarkoitus laajentaa maahankinnoin niin, että tulevaisuudessa yhä suurempi osa valuma-alueesta kuuluu kansallispuistoon. Tämä varmistaa, ettei suurempia uhkia ole odotettavissa.



Kuva 24. Myllypuron valuma-alue (keltainen raja) on kallioista (punainen) ylänköä eikä siellä ole soraharjuja (vihreä). Myllypuron laakson pohja on kuitenkin suurelta osin savikkoa (vaaleansininen). Maaperäolot ovat aivan toisenlaiset jo viereisillä valuma-alueilla. (maaperäkartta © Geologian tutkimuskeskus, korkeusmalli © Maanmittauslaitos, lupa nro 07/MYY/04)

6.4.3 Jokilaakso

Nuuksion kallioiden lakialueiden välissä on jyrkkäpiirteisiä murroslaaksoja. Ylhäällä kalliomailla on vain ohut irtomaakerros, mutta laaksojen pohjilla on paksumpia maalajikerroksia. Myös Nuuksion Myllypuron laakso on vaihteleva. Puro kulkee pääosin savikolla ja ylittää paikoin moreeni- tai kalliokynnyksiä. Puron pituusleikkaus onkin selkeästi portaittainen.



Kuva 25. Nuuksion Myllypuron pituusleikkauksesta näkyy selkeästi erityyppisten uomasuukausien vuorottelu. Viimeisin perkaus (pl 0-3600) erottuu myös selkeästi syvempänä uomana. Kunnostuksen vertailualue on peratun osuuden yläpuolella (pl 4000-4500).

Viimeinen jääkausi on voimakkaasti vaikuttanut laakson muotoutumiseen. Nuuk-
sio sijaitsee rannikkoseudulla. Ylängön korkeimmat kohdat sijaitsevat yli 100 m
korkeudella merenpinnasta, mutta kunnostusalueella laaksonpohjan yleinen kor-
keustaso on 36-38 m. Jääkauden jälkeen alue on ollut veden peitossa, jolloin sy-
vään veteen on kerrostunut jäätiköiden sulamisvesien tuomia hienoja sediment-
tejä. Aaltojen rannoilta huuhtomat hienot sedimentit ovat maan kohoamisvaihees-
sa vahvistaneet näitä laaksonpohjan kerrostumia. Laakson pohjalla olevat laajem-
mat savialueet ovatkin järvi- ja merivaiheiden aikaisia. Virtaavat vedet ovat myö-
hemmin kuljettaneet savikoiden päälle ohuelti humuspitoista silttiä (Haavisto-
Hyvärinen et al. 2001). Samaa osoittivat kunnostustöiden aikana tehdyt kaivu-
työt. Hiekkaisemman ruokamultakerroksen alla oli lihava savikerros ja vain van-
hojen uomien läheisyydessä oli hieman syvemmillä havaittavissa virtaavan ve-
den lajittelemia kerrostumia. Noin 80 cm syvyydessä oleva hiekka-silttikerros il-
mensikin vanhan uoman paikkaa.

Maulaanniitun alavimmat alueet ovat varsin tasaisia, ja laaksonpohja on ol-
lut tulvaherkkää. Alueella pitkään asunut Unto Westerlund tiesi kertoa, että en-
nen 60-luvun perkausta laakso, joka sijaitsee kunnostettavalla osuudella, oli ke-
väisin tulvinut purosta 300 m etäisyydellä olevalle tielle asti.

6.4.4 Uomaosuudet

Luontaisen linjauksen löytämiseksi tutkittiin vanhoja karttoja ja ilmakuvia. Ku-
ninkaallisessa kartastossa, jonka aineisto on vuosilta 1776-1805, Myllypuro saa al-
kunsa Isoparikkaasta ja uoma on piirretty meanderoivaksi. Karttaa ei voi juuri
muuten käyttää tavoitekuvan määrittelyssä suurpiirteisyytensä takia. 1800-luvul-
ta on säästynyt tiluskartta, jossa Myllypuro on esitetty varsin selkeästi. Kartan
asettelu nykyisen karttamateriaalin päälle onnistui kuvankäsittelyohjelman avul-
la. Kartta oli melko helppo kohdistaa kylän ja tilusrajojen mukaan. Uoman linjaus
asettui paikoin hyvin tiedossa olevien uomalinjausten kanssa kohdakkain, mutta
paikoin linjaus ei seurannut tunnettuja uomia. Esimerkiksi kosken kohdalla uoma
ylittää rinteitä. Uomaa on ilmeisesti paikoin yksinkertaistettu, mutta vanha kartta
antaa kuitenkin viitteitä puron linjauksesta. Parhaiten uomalinjausta tukee vuon-
na 1948 otettu ilmakuva (Kuva 26). Ilmakuvasta näkee, että puro on jo suoristettu,
mutta muokatusta pellostä voi havaita tummempia kohtia, jotka sopivat hyvin
maastossa tehtyihin uomahavaintoihin. Maastotarkastelussa löytyi metsän puo-
lelta kuiville jääneitä täyttämättömiä uomanosia ja heinittyneessä pellossa oli sel-
keä painanne oletetun uoman kohdalla. Ilmakuvan uomat eivät ole aivan yksise-
litteisiä, mutta antavat kuvan uoman sijainnista ja mutkittelun laajuudesta. Uo-
man voidaan olettaa olleen voimakkaasti mutkittileva. Arvioitu mutkaisuus vas-
taa muualta Myllypuroilta mitattuja arvoja ($s = 1,7 - 2,0$). Mutkaisuuden ja laakson
kaltevuuden perusteella voidaan uoman kaltevuuden olettaa olleen 0,1 % luok-
kaa.



Kuva 26. Vuonna 1948 otetusta ilmakuvasta voidaan huomata, että uoma on ollut suoritetu ennen 60-luvun perkausta, mutta vanhan uoman sijainti näkyy tummina jälkinä pellon pinnassa. (© Maanmittauslaitos, lupa nro 07/MYY/04)

Uoman piirteiden tarkastelun tueksi voidaan ottaa morfologisia tyypittelyjä. Myllypuroilta löytyi myös varsin hyvin säilynyt uomaosuus, jota käytettiin apuna ominaispiirteiden tarkasteluun. Tämän vertailuosuuden piirteet muistuttavat Schummin tyypittelyn (ks. kappale 3.1.2) meanderoivaa uomaa, jossa kiintoaineksen pohjakulkeuma on vähäistä ja sedimentti kulkeutuu suspendoituneena. Uomalle on tyypillistä alhainen leveys/syvyys-suhde ja kaltevuus. Myös virtausnopeudet ja -voimat ovat alhaiset. Uoma on stabiili ja sen pohja-aines on hienoa.

Rosgenin tyypittelyssä Myllypuroa vastaa uomatyyppi E6, joka on yksiuomainen, leveän tulva-alueen omaava ja sen leveys/syvyys-suhde on alhainen. Uoma mutkittellee voimakkaasti savi – silttialueella. Tyypille ominainen kaltevuus on alle 2 % ja usein jopa alle 0.01 %. Sitä esiintyy leveässä fluviaalimuodostuneessa tai järveen kerrostuneessa laaksossa. Uomatyyppiä tavataan myös jokien delta-alueilla. Uoman pohjalle on kertynyt usein myös orgaanista ainesta ja sen penkat ovat tiheän juuristokerroksen sitomat. (Rosgen 1996)



Kuva 27. Rosgenin tyypittelyn mukainen E6 uoma Coloradossa Yhdysvalloissa muistuttaa morfologialtaan paljon Myllypuron uomaa (lähde Rosgen 1996).

Montgomeryn ja Buffingtonin (1998) tyypittelyn mukaan Myllypuro ei aivan suoraan asetu mihinkään tyyppiin. Se sopisi hiekkapohjaisiin uomiin, joissa tulvatasanne on leveä, mutta tyypittelyn mukaan hiekkapohjaiset, voimakkaasti mutkittavat uomat ovat yleensä korkeamman asteen uomia. Pohjan syvyysvaihtelu ja karkeuselementit viittaavat enemmän syväne–matalikko-vuorotteluun, vaikkei pohjamateriaali ole niille tyypillistä soraa. Kaltevuudeltaan ($I = 0,1\%$) Myllypuro asettuu näiden kahden uomatyyppin rajalle.

Maailmalla esitetyjä morfologisia malleja tarkasteltaessa tulee muistaa, että olosuhteet saattavat poiketa suomalaisista. Esimerkiksi voimakasta mutkittelua tasalaatuisella alustalla pidetään yleisesti vesistön vanhuuden merkinä, mutta Suomen oloissa joen mutkittelu on pikemminkin nuoruuden merkki. Mutkittelua esiintyy varsinkin rannikkoseudun savikoilla virtaavissa joissa, mutta myös suolakeuksien joet mutkittavat melkoisesti (Okko 1964). Montgomeryn ja Buffingtonin tyypittely on tehty vuoristoiselle alueelle ja soveltuu parhaiten niihin alueellisiin olosuhteisiin. Toisaalta siinä on helposti omaksuttavia morfologisia uomatyyppijä, joita vastaavia osuuksia löytyy myös Suomen joista. Rosgenin tyypittelyn lähdemateriaalissa on jokia myös Kanadan alueelta, jossa geomorfologisella historialla on samoja piirteitä kuin Suomessa. Sen voisi siksi ajatella tukevan paremmin suomalaisten jokien ominaispiirteitä. Schummin tyypittely liittyy enemmänkin sedimentin kulkeutumisen dynamiikkaan eikä ole siten samalla tavalla paikkariippuvainen.

6.4.5 Uomarakenne ja habitaatit

Uoman rakenne määräytyy pitkälti uoman morfologisen tyyppin mukaan. Myllypuron uoma mutkittlee voimakkaasti, mutta kaarteisiin ei ole muodostunut selväpiirteisiä särkkiä. Tämän perusteella voi olettaa, ettei uomassa tapahdu voimakasta sedimentin pohjakulkeutumista. Mutkitteluun liittyy uoman syvyyden vaihtelu. Kaarteisiin on muodostunut selkeitä syvänteitä.

Uoman tarkemman mallin määrittämiseksi tutkittiin perkauksen ulkopuolelle jäänyttä osuutta. Uoman linjaus on säilynyt alkuperäisenä. Perkaamattoman osuuden alapäässä on kuitenkin havaittavissa perkauksen vaikutus. Syvälle perattu uoma on johtanut myös perkaamattoman uoman erodoitumiseen. Luonnontilaisimpina ovatkin säilyneet perkaamattoman uoman ylemmät osuudet, jotka sopivat siten parhaiten ominaispiirteiden tarkasteluun. Kasvillisuus on tällä vertailuosuudella puoliavointa. Myös vuoden 1948 ilmakuvassa laakson puusto on ollut melko harvaa pelloiksi raivaamattomilla alueilla.

Maastossa säilyneiden uomanosien ja luonnontilaisen osuuden perusteella voidaan uoman olettaa olleen keskimäärin vajaan metrin syvyinen ja reilun metrin levyinen. Uoman poikkileikkauspinta-ala on ollut keskimäärin 1,2 m².



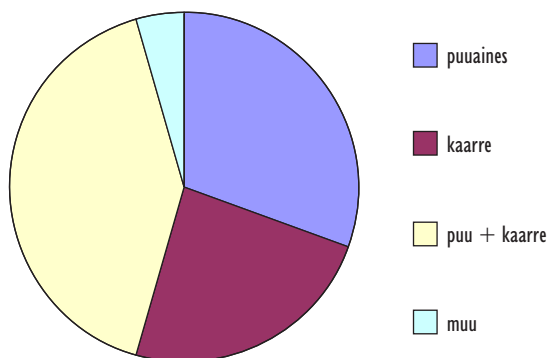
Kuva 28. Tavoitekuvan muodostamiseen on käytetty suunnittelualueen yläpuolista luonnontilaisista osuutta. Uomalle on tyypillistä alhainen leveys/syvyys-suhde sekä luontainen laaja tulvatasanne. Kuvaan on merkitty täyden uoman vedenkorkeus punaisella, leveys keltaisella ja syvyys vihreällä.

Osuudella uoman vesipinnan leveys vaihtelee suuresti. Uoma kaventuu kasvillisuuden ansiosta paikoin puolen metrin levyiseksi ja kaarteisiin on muodostunut reilun parin metrin leventymiä. Uoman leveys vaihtelee myös siksi, että virtaus on kaivanut penkkoihin poukamia ja toisaalta kasvillisuus sitonut penkkoja niemekkeiksi. Kasvillisuus on vahvistanut penkkoja muodostaen niistä jyrkkiä ja paikoin virtaus on kuluttanut uomaa kasvillisuuden sitoman töyrään alle.

Syvyysvaihtelun on havaittu olevan merkitsevä tekijä kalaston monimuotoisuuden kannalta (Jungwirth 1995). Myös Myllypurolla syvyysvaihtelulla on tärkeä merkitys eliöstön elintilan säilymisen kannalta, sillä kallioisella valuma-alueella alivirtaamat jäävät ajoittain hyvin pieniksi. Uomassa olevat syvänteet edesauttavat eliöstön selviytymistä alivirtaamajaksoista. Hienosedimenttisillä maaperillä uoma on fluviaalimuotoutunut, eli veden virtaus on muotoillut uoman sekä myös uomassa olevat syvemmät kohdat. Dynamiikan vastaiset rakennetut ele-

mentit tuhoutuvat virtavesissä helpoimmin. Esimerkiksi uomaan kaivetut syvänteet täyttyvät ajanoloon uomassa kulkeutuvasta kiintoaineesta, jos virtaus ei tue syvänteen olemassaoloa.

Tämän suunnittelutyön yhteydessä tutkittiin Myllypuron luonnontilaisen osuuden syvyysvaihtelua ja pyrittiin löytämään syvyysvaihtelun kannalta merkittävimmät tekijät. Kirjallisuudessa mainitaan usein kaksi merkittävää syvyysvaihtelun aiheuttajaa: uoman kaarteet ja uomassa oleva kookas puuaines. Luonnontilaiselta jaksolta mitattiin syvimät kohdat ja pyrittiin arvioimaan syitä niiden syntyyn. Mittaus tehtiin alivirtaaman aikaan, jolloin vedenpinta määräytyi uomassa olevien matalikkojen mukaan ja vedenpinta oli syvemmillä osuuksilla asettunut vaakatasoon. Syvyysvaihtelua on tällöin helppo tarkastella mittaamalla vesisyvyyyttä. Syvät kohdat olivat pääsääntöisesti kaarteissa tai kookkaan puuaineksen kohdistamassa virtauksessa. Kookkaan puuaineksen ja kaarteiden aiheuttamien vaikutusten erottaminen ei ollut aina helppoa, sillä usein vaikutti siltä, että kaarteissa oli puuta tai mutka oli puuaineksen aikaansaama tai voimistama, toisaalta puuaines saattoi hajottaa virtausta ja siten heikentää sen vaikutusta. Selkeät tapaukset luokiteltiin johtuvaksi jommasta kummasta. Kookkaan puuaineksen ja mutkien aiheuttamia syviä kohtia oli suurin piirtein yhtä paljon. Mutkissa, joissa myös puuainesta oli eniten, oli kaarrevaikutus ilmeisesti dominoiva. Kaarteisiin muodostuneet syvät kohdat olivat silminnähten laajempialaisia ja keskimäärin syvempiä. Eri systä aiheutuneiden syvien kohtien keskisyyvydet olivat: kaarre 40 cm, kaarre ja puuaines yhdessä 40 cm, pelkkä puuaines 28 cm ja muut 27 cm.



Kuva 29. Syvänteen aiheuttajien määrällinen jakautuminen.

Koska kookas puuaines vaikuttaa positiivisesti myös puron ekologiaan, puiden esiintymistiheys uomassa laskettiin. Kookkaalla puuaineksella tarkoitetaan uomaan kaatuneita runkoja ja juurakoita, joiden läpimitta on yli 10 cm ja pituus yli 1m. Puita oli Myllypuron puoliavoimella luonnontilaisella osuudella 150 kpl/uomakilometri, eniten kohdissa, joissa uoma sivuaa metsää.

Myllypuron Maulaanniitun osuuden visionaarisen tavoitekuvan muodostamiseen on käytetty yläpuolista luonnontilaista osuutta, vanhoja ilmakuvia ja karttoja, kuiville jääneitä uomaosuuksia, vanhaa perkaussuunnitelmaa, maastohavainnot ja vanhaa perimätietoa. Uoman ominaisuudet ovat kootusti seuraavat:

- voimakkaasti meanderoiva, mutkaisuus 1,7-2,0
- kaltevuus 0,1 %
- puuaines monipuolistavana tekijänä (kookkaan puuaineksen esiintymistiheys n. 15 kpl/100 m)

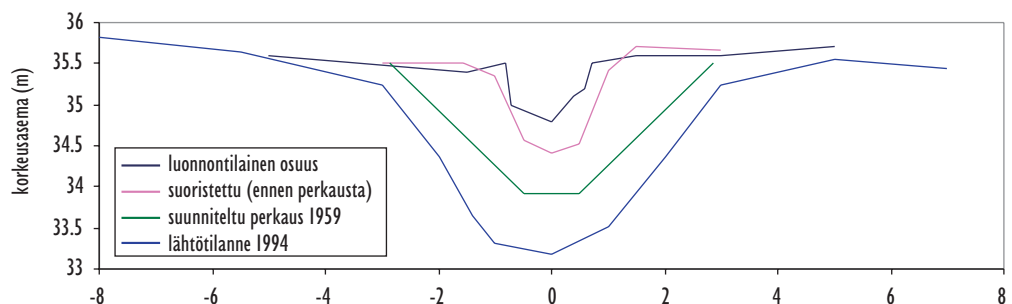
- kasvillisuuden hyvin sitomat penkat
- stabiili
- vähäinen pohjakulkeuma
- suora yhteys tulvatasanteeseen
- leveä tulvatasanne
- pieni poikkileikkausala, n. 1,2m²
- vaihteleva syvyys ja leveys
- alhainen leveys/syvyys-suhde

6.5 Epäkohtien tunnistaminen

Tavoitekuvatarkastelussa tunnistetaan epäkohdat vertaamalla lähtötilannetta visioaariseen tavoitekuvaan – oletettuun luonnontilaan. Selkein muutos havaittiin uomamorfologisissa ominaisuuksissa kuten uoman koossa ja linjauksessa. Uoman suuresta koosta seuraa, ettei alueella esiinny enää tulvia. Perkauksen jälkeen uomassa on tapahtunut selkeää nettoeroosiota eikä uoman voida katsoa olevan dynaamisessa tasapainossa. Syitä eroosioon on monia. Uoma on suoristettu ja sen kaltevuus on siten kasvanut, mikä on kasvattanut virtaustehoa. Uomassa ei ole myöskään karkeustekijöitä, jotka ottaisivat vastaan osan virtauksen aiheuttamasta leikkausjännityksestä. Puro ei enää tulvi, jolloin virtaama uomassa on suurempi kuin pienen uoman tulviessa, mikä myös kasvattaa uomaan kohdistuvaa virtaustehoa. Sen lisäksi tulvimiseen liittyy virtaushäviöitä, joita ei tulvimattomassa uomassa esiinny.

Peratussa uomassa eroosio, kulkeutuminen ja kasautuminen eivät vuorottele kuten luonnonuomassa. Myllypurolla prosessit vaikuttavat siten, että uomassa on havaittavissa erodoituvia, kulkeumavaltaisia ja kasaantumisvaltaisia osuuksia. Olisi luonnonmukaisempaa, jos näitä prosesseja esiintyisi tasapuolisesti ja vaihtelevasti joka osuudella. Epäkohta ilmentää sitä, että uoma ei ole luontaisessa dynaamisessa tasapainossa.

Uoman suuri poikkileikkaus johtaa siihen, että luontaisella täyden uoman virtaamalla uoman leveys/syvyys-suhde on korkeampi kuin pienellä luonnonuomalla, eli uoma on ylileveä (Kuva 22 ja Kuva 28). Habitaattijakauma on luonnon. Uoman pohja on suurelta osin kulkeutuvaa silttiä ja uomassa ei ole syvyys- eikä leveysvaihtelua. Kuivatus ja entisten peltoalueiden avoimuus on johtanut myös siihen, että uomaa reunustaa puusto, joka varjostaa uomaa ja haittaa aluskasvillisuuden muodostumista. Uomaan ei ole päässyt muodostumaan vuosien kuluessa alkuperäiselle uomatyypille ominaista kasvillisuuden sitomaa rantatöyrästä.



Kuva 30. Myllypuron poikkileikkausala Maulaanniitun kohdalla (pl. n. 2200) oli kunnostussuunnittelun lähtötilanteessa kymmenkertainen luonnontilaiseen verrattuna. Sen lisäksi, että uomaa on perattu, on siinä tapahtunut eroosiota.

Vedenlaatuun ja hydrologiaan vaikuttavia muutoksia on valuma-alueella vähän. Kunnostusalueen yläpuolella ei harjoiteta säännöstelyä, maankäyttö ei ole tehokasta eikä alueella ole pistekuormittajia. Hydrologiset ja vedenlaadulliset ongelmat liittyvät lähinnä muuttuneeseen uomastoon. Tulviminen on vähentynyt uomien perkaamisen myötä ja peratuissa uomaosuuksissa tapahtuu eroosiota. Voimakkainta uomaerosio ja siitä aiheutuva samentuminen on kuitenkin vesistön ulkopuolisissa uomissa, ojissa. Rinteiltä tulevien ojien vedet samentavat aika ajoin myös pääuoman.

Biologisissa tekijöissä on varmasti tapahtunut muutoksia. Niiltä osin kun ne johtuvat voimakkaista morfologisista muutoksista, niiden voidaan olettaa elpymään morfologian palautuksen myötä. Suoraan biologiseen toimintaan kohdistuvia paineita on mm. täpläravun levittäytyminen alueelle. Se tulee selkeästi vaikeuttamaan alkuperäisen jokiravun palautumista alueelle, mutta elintavoiltaan samanlaisena se saattaa toisaalta korvata puuttuvan kotimaisen ravun puroekosysteemissä.

6.6 Kunnostuksen reunaehdot

Myllypuron kunnostuksen kannalta rajoitukset ovat varsin vähäiset. Myllypuro virtaa lähes kauttaaltaan Metsähallituksen omistamilla mailla. Tässä tapauksessa nykyinen maankäyttö kansallispuistona pikemminkin velvoittaa ennallistamaan kuin rajoittaa kunnostuksen suunnittelua. Kunnostuksen reunaehdoiksi nousivat kunnostettavan osuuden yläpuolella sijaitsevat yksityismaat ja tiealue (liite 2). Myös taloudelliset seikat ja maansiirtotöiden pitäminen kohtuuden rajoissa ohjasivat suunnittelua. Koska alue on kansallispuistoa, Metsähallitus halusi, että rakennettaessa pitäydytään tiukasti paikan päällä esiintyviin materiaaleihin. Myös tämä on osaltaan vaikuttanut toteutuneisiin ratkaisuihin.

6.7 Toiminnallinen tavoitekuva ja kunnostussuunnittelu

Kunnostussuunnittelun lähtökohdaksi oli Metsähallituksen halu parantaa kansallispuistossa sijaitsevan Myllypuron tilaa. Tässä vaiheessa kunnostukselle ei asetettu tarkempia päämääriä. Puro-osuuden kunnostamiseksi laadittiin kaksi alustavaa ja toisistaan poikkeavaa suunnitelmaa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa kunnostuksen lähtökohdaksi otettiin nykytila. Kunnostuksen keskeinen ajatus oli edistää uoman luontaista palautumista pienin toimenpitein. Toinen vaihtoehto oli ennallistaa Myllypuroa vallitsevien olosuhteiden rajoissa palauttamalla uoma lähelle alkuperäistä linjausta.

6.7.1 Uomadynamiikan palauttaminen, vaihtoehto A)

Ensimmäinen ns. passiivinen kunnostusvaihtoehto perustui uoman luontaisen dynaamisen kehityksen tukemiseen. Koska uomassa tapahtui nettoeroosiota, oli ajatus edesauttaa ainesten kasautumista, jolloin uoman rakenne alkaisi muuttua. Kasautumisen edistämiseksi uomaan olisi lisätty kookkaita puunrunkoja ja juurakoita. Kookkaat puut olisivat myös ottaneet vastaan uomassa osan virtauksen aiheuttamasta leikkausjännityksestä, mikä olisi vähentänyt yleisellä tasolla uoman muihin rakenteisiin kohdistuvaa leikkausjännitystä. Toisaalta puut olisivat kohdistaneet virtausta muodostaen eroosion kautta paikallista syvyys- ja leveysvaihtelua. Ne olisivat pidättäneet myös hienompaa orgaanista ainesta sekä monipuolistaneet virtauksia. Sedimentin kasaantumista olisi voinut nopeuttaa rakentamalla risuista karkeita alustoja, joihin sedimentin pidäytyminen on tehokkaampaa.

Koska uoma oli iso eivätkä kulkeutuvat sedimenttimäärät ole suuria, oli tar-
koitus puuaineksen asentamisen lisäksi kaventaa uomaa tekemällä keinotekoisia
liukusortumia, jolloin penkat olisi saatu laskettua alas häiritsemättä maan raken-
netta ja penkkojen kasvillisuutta. Kokonaistavoitteena oli, että uomadynamiikka
jatkaisi uoman kehitystä siten, että kookkaan peratun uoman pohjalle muodos-
tuisi pieni, mittasuhteiltaan määräävää virtaamaa vastaava uoma, ja alas lasketut
penkat sekä kasautuva sedimentti yhdessä kasvillisuuden kanssa muodostaisivat
pienimuotoisen tulvatasanteen. Dynamiikka muistuttaisi normaalia yllileveän
uoman umpeenkasvua.

Puuaineksen lisäystä ja liukusortumien keinotekoista aiheuttamista kokeil-
tiin syksyllä 2001. Myllypuroon tehtiin koeala, jossa uomaan lisättiin kookkaita
puunrunkoja ja sinne työnnettiin kaivinkoneella korkeita kasvillisuuden sitomia
penkkoja. Rungoilla pystyttiin ohjaamaan virtausta ja alas lasketuilla penkoilla
kaventamaan kesäveden aikaista uomaa. Kesällä 2002 voitiin koealalla havaita
käynnistyneitä prosesseja, kuten syöpymistä, kasautumista ja sedimentin lajittu-
mista. Uomassa oli havaittavissa syvyysvaihtelun lisääntymistä. Puusuisteiden ja
liukusortumien kohdalle oli muodostunut pieniä virtapaikkoja. Kasautumisalus-
toja ei voitu syksyllä rakentaa suuren virtaaman takia.

Tehdyn koealan perusteella uoman kunnostaminen passiivisin menetelmin
olisi verrattain helppoa ja edullista. Kunnostus ei aiheuttaisi yhtäkkistä totaalista
muutosta uomassa, vaan muutos tapahtuisi luontaisten prosessien aikaansaama-
na vuosien kuluessa. Vaihtoehdon heikkoutena on se, ettei alueelle luontaista tul-
vimista pystytä palauttamaan sen avulla. Myös uomaa ympäröivä kasvillisuus jäi-
si alkuperäisestä poikkeavaksi, eikä elvytetyn uoman antama mielikuva vastaisi
alkuperäistä Myllypuroa. Oma epävarmuutensa olisi sedimentin kulkeutumises-
sa. Sedimentin luontainen pohjakulkeuma on Myllypurossa vähäistä eikä ole var-
muutta siitä, kuinka saviaines uomassa käyttäytyisi, kestäisikö esimerkiksi saven
mururakenne vai suspendoituisiko savi ja kulkeutuisi kauas alavirtaan.

6.7.2 Luontaisen kaltaisen uoman ja tulvan palauttaminen, vaihtoehto B)

Toisena vaihtoehtona oli ennallistaminen, joka jäljittelisi tarkemmin alkuperäisiä
olosuhteita. Maulaanniitulle olisi mahdollista kaivaa uusi luontaisen kaltainen
uoma ja täyttää suora perattu uoma. Tämä vaihtoehto vaatisi enemmän aktiivista
kunnostustoimintaa, mutta ottaisi toisaalta ympäristön laajemmin huomioon.
Uuden pienen uoman avulla voitaisiin palauttaa alueen luontainen tulviminen.
Kunnostuksessa voisi hyödyntää myös kolmea Maulaanniitun länsipuolella ole-
vaa kuiville jäänyttä meanderin mutkaa.

Hanke tulisi olemaan selvästi työläämpi kuin ensiksi mainittu kunnostus-
vaihtoehto, koska silloin perattu uoma tulisi täyttää. Lisäksi koko osuuden ennal-
listaminen vaikuttaisi veden korkeuksiin niin paljon, että se aiheuttaisi haitallista
veden nousua yksityismailla ja tierummussa. Käytännön toteutuksessa joudut-
taisiin taloudellisista sekä maanomistuksellisista syistä tyytymään kompromissi-
ratkaisuihin ja ennallistamaan vain osa suunnittelualueesta.

Maulaanniitun tasaisuus mahdollistaisi laaja-alaisen tulva-alueen syntymis-
sen. Alueen tulvat ovat ennen perkausta olleet jokavuotisia, ja alue on toiminut
muuttomatalla olevien lintujen levähdyspaikkana. Alue on myöskin kansallis-
puistoa, joten alkuperäisen tulvivan biotoopin palauttaminen olisi toivottavaa.
Pienempi uoma vastaisi visuaalisesti paremmin alkuperäistä Myllypuroa. Puron
osittainen ennallistaminen vallitsevien reunaehto-
jen puitteissa toteuttaisi tässä tapauksessa toiminnallista tavoitekuva-
a. Se on selkeä kompromissi, mutta ei estä
ennallistustoimien jatkamista, jos esimerkiksi taloudellinen tilanne muuttuu tai

maanomistusoloissa tapahtuu muutoksia. Ympäristön asettamat reunaehdot ovat tässä tapauksessa niin vähäiset, että visionaarista tavoitekuva, joka edellyttäisi kokonaisvaltaista ennallistamista, voi hyvin pitää pitkän aikavälin tavoitteena.

6.7.3 Tavoitteet

Toteutettavaksi kunnostukseksi Metsähallitus valitsi jälkimmäisen vaihtoehdon B, koska se sopii ennallistamisena paremmin kansallispuistoon ja ottaa huomioon ympäröivää luontoa laajemmin kuin pelkkä uomakunnostus. Tässä vaiheessa tarkentuivat päämäärät, jotka olivat tulvan palauttaminen ja pienen luontaisen kaltaisen uoman rakentaminen.

Kunnostuksen suunnittelua ja tarkempien yksilöityjen tavoitteiden asetteluun jatkettiin vaihtoehdon B pohjalta. Reunaehtojen ja peratun uoman täyttämistarpeen johdosta ennallistus päätettiin toteuttaa vain keskeisimmällä osalla Maulaanniittua. Kunnostus rajattiin siten suppeammalle alueelle kuin alkuperäinen suunnittelualue. Yläpuolinen raja määräytyi sen perusteella, kuinka pitkälle puroa voi ennallistaa aiheuttamatta haittaa. Alapuoliseksi rajasi valittiin kohta, jossa uuden uoman ja peratun uoman välinen korkeusero on luontevinta sijoittaa maastoon. Näin määritetty alue pyrittiin ennallistamaan mahdollisimman lähelle muodostettua visionaarista tavoitekuva.

Yksilöidyt tavoitteet asetettiin luonnontilaiselta osuudelta havaittujen ominaispiirteiden perusteella. Tavoitteiksi valittiin ne tekijät, joiden katsottiin olevan keskeisessä asemassa habitaattien muodostumisen kannalta. Keskeisiksi nousi neljä uoman morfologiaan liittyvää tavoitetta, joissa esitetyillä toimenpiteillä on oletettu olevan tavoitteen mukainen vaikutus.

- 1) Uoma tulee rakentaa niin pienenä, että se mahdollistaa vuosittaisen tulvimisen.
- 2) Mutkien tulee olla jyrkkiä, jotta kaarteisiin muodostuu syvänteitä.
- 3) Uomaan tulee lisätä kookasta puuainesta, joka ohjaa virtausta aiheuttaen paikallisia syöpymiä, ohjaa sedimentin kasaantumista ja lajittumista sekä pidättää hienompaa orgaanista ainesta kuten risuja ja lehtiä.
- 4) Penkat tulee jättää pystysuoriksi ja penkan reunan kasvillisuus koskemattomaksi, jotta virtaus voi syövyttää törmäanaluset koveriksi.

Yksi yhteinen ajatus on, että kunnostuksella saavutetaan mittasuhteiltaan määrävää virtaamaa vastaava uoma, joka on dynaamisessa tasapainossa ja johon muodostuu itseään ylläpitävä habitaattirakenne. Tämän jälkeen voidaan olettaa, että alueen luontainen lajisto elpyy ja osuudelta kadonneita lajeja palaa alueilta, joilla niitä on säilynyt.

Kunnostuksellisten tavoitteiden lisäksi hankkeeseen liittyy ratkaisuja, jotka eivät johdu alkuperäisen luonnon jäljittelystä. Myllypuroa kunnostettaessa syntyi kolme selkeää elementtiä, joita ei kunnostusalueella aikaisemmin ollut.

Purolan kohdalle, jossa laakso on kapeimmillaan, rakennettiin kivinen koski, jotta virtaus ei syövyttäisi savista maaperää peratun ja uuden uoman liitoskohdassa (liite 2). Koski oli alunperin tarkoitus rakentaa linjaamalla uoma kulkemaan maaperäkartassa näkyvän moreenirinteen sivuitse, mutta rakennusvaiheessa paljastui, että rinne oli kalliota ja sen pinnalla oli vain muutamia irtokiviä. Koski rakennettiin nyt kallion sivuitse ja uomaa vuorattiin lähistöltä löytyneillä irtokivillä. Vaikka kivien vähäinen määrä rajoitti kosken muotoilua, Metsähallitus halusi pitäytyä paikanpäältä löytyviin materiaaleihin eikä kiviä kuljetettu kauempaa. Toinen elementti, joka muodostui rajoitusten takia, oli kunnostusosuuden yläpuolelle allastunut perattu osuus. Allas poikkeaa selkeästi alkuperäisestä habitaattirakenteesta ja saattaa aiheuttaa muutoksia sedimentin kulkeutumisessa sekä veden

laadullisessa vaihtelussa. Kolmas uusi elementti on Maulaanniitulle tehty kosteikkolampi (liite 2). Se rakennettiin, koska peratun uoman täyttämiseksi tarvittiin maa-ainesta. Lampea pyritään hyödyntämään myös vesiensuojelukosteikkona. Maulaanniitun halki virtaavat ojat johdettiin kulkemaan lammen kautta. Vesiensuojelullisessa mielessä kosteikko olisi sellaisenaan alimitoitettu ja pystyisi pidättämään vain karkeimman kulkeutuvan aineksen. Kun virtaamat ja kulkeutuminen ovat suurimmillaan vesi leviää tulva-alueelle eikä altaan koolla ole silloin väliä. Kosteikon rannat muotoiltiin loiviksi, jolloin kasvillisuus voi jouhevasti levittäytyä laajaksi litoraalivyöhykkeeksi. Kosteikko on yhteydessä puroon pienen uoman kautta, joka säätelee sen vedenpintaa. Näin vedenpinta pysyy koko ajan lähellä maanpintaa eikä maanottokuoppa näy maastossa. Tulvan aikana koko alue on veden peitossa.

6.7.4 Mallityöskentely

Kunnostuksen vaikutuksia vedenkorkeuksiin arvioitiin Hec-Ras virtausmallin (US Army Corps of Engineers) avulla. Mallintamalla oli tarkoitus ensisijassa selvittää, aiheutuuko kunnostuksesta haitallista veden nousua yksityisalueilla. Lisäksi mallilla haettiin karkeaa arviota tulvan levittäytymisestä Maulaanniitulle.

Mallissa käytettiin nykytilan kuvaamiseen vuonna 1994 tehtyjä vaaituksia ja 1997 kunnostetun uoman kohdalla TKK:n hydraulisissa tutkimusten yhteydessä tehtyjä vaaituksia. Uomien karkeudet kalibroitiin Uudenmaan ympäristökeskuksen vedenkorkeus- ja virtaamahavaintojen avulla. Kalibroimisvirtaamana käytettiin havaintosarjan suurimpia virtaamia. Karkeuden määrittämisen apuna käytettiin myös TKK:ssa tehtyjä tutkimuksia. Mallissa karkeuden oletettiin pysyvän vakiona läpi yhtenäisen uomajakson. Laskenta tehtiin pysyvän virtauksen tilanteesta. Myllypuron koon ja vähäisten virtaamien takia muuttuvan tilanteen laskennasta luovuttiin. Virtaamina käytettiin havaittuja virtaamia sekä laskennallisia yli- ($HQ_{1/20}$, MHQ) ja keskivirtaamia (MQ). Virtaamat saatiin Marja Savolaisen (1997) esittämistä arvoista ottaen huomioon kuitenkin Raimo Nissisen esittämät korjaukset, jotka koskivat hänen menetelmällään saatuja arvoja. Mallin alapuolisena reunaehtona käytettiin vuonna 1997 kunnostetun osuuden virtaama- ja vedenkorkeushavaintojen avulla muodostettua purkautumiskäyrää.

Uoman karkeus määritettiin TKK:n tutkimusten (Järvelä 1998), kirjallisuudessa esiintyvien arvojen (Hosia 1980) ja SYKEN asiantuntija-arvioiden perusteella. Tulva-alueen karkeutena käytettiin suurempia arvoja kuin kirjallisuudessa on esitetty, koska tulva-alueen vesisyvyys on tulvatilanteessa alhainen verrattuna kasvillisuuden korkeuteen. Käytetyt tulva-alueen karkeusarvot vastaavat voimakkaasti heinittyneen matalavetisen uoman arvoja (Hosia 1980). Todellista karkeutta on vaikea arvioida, koska se muuttuu vuodenaikojen ja kasvillisuuden kehittymisen myötä.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytettyjä karkeuden arvoja ilmaistuna Manningin kertoimen avulla.

Uomaosuus	Nykytila [n]	Kunnostus [n]
60-luvulla perattu uoma	0,09	0,09
v.-97 kunnostettu uoma	0,04	0,09
Uusi uomakunnostus	-	0,09
Tulva-alue	-	0,2

Keskimäärin kerran kahdessakymmenessä vuodessa esiintyvä tulva nostaisi mallinnuksen mukaan tulvaveden Maulaanniitulla korkeuteen 36.1 m (N_{60}). Näin ollen tulva-alueen raja seuraisi suurin piirtein kartassa näkyvää 36 m korkeuskäy-

rää (liite 2). Veden tulviminen uoman ulkopuolelle lakkaisi Maulaannitun yläpuolella kohdassa, jossa sähkölinja ylittää puron. Myös keskimääräinen tulva leviäisi Maulaanniitulle muttei yhtä laajalle.

Alivirtaamilla kunnostukset eivät aiheuttaisi vedenpinnan muutoksia Kattilantien siltarummun (pl. 2907) yläpuolella. Tulvatilanteessa mallilla laskettu vedenpinta nousisi siltarummun kohdalla vain 15 cm ja Vääräkoivun tilussillan kohdalla (pl. 3140) 5 cm. Lehtimäen tilan halki virtaavassa Kattilanojassa (pl. 2715) Myllypuron vedenpinnan muutokset näkyisivät vain ojan alaosilla, jota ympäröivät maat ovat Metsähallituksen omistuksessa. Mallinnus ei osoita vedenpinnan muutoksia enää Lehtimäen tilalle johtavan tien yläpuolella. Puron läheisyydessä oleville yksityistiloille Maulaan tulvaniityn ja Myllypuron kunnostushanke ei mallin mukaan aiheuttaisi haittaa. Uoman mahdollisen alimitoittamisen riskin varalta tehtiin mallinnus tilanteesta, jossa Malaanniitulla ei olisi uomaa lainkaan. Ilman uomaa veden korkeudet nousivat Maulaanniitun tulva-alueella, mutta esim. keskimäärin kerran kahdessakymmenessä vuodessa toistuvan tulvan vaikutukset yksityiskiinteistöjen kohdalla jäivät vain 2-3 cm suuruisiksi. Laaja tulva-alue suhteessa puron leveyteen ja sen virtaamiin edesauttaa veden johtokyvyn pysymistä riittävänä. Kasvillisuuden kehittymisen arviointiin liittyvät epävarmuudet pienessä uomassa ja tulva-alueella hankaloittavat tulvan käyttäytymisen arviointia Maulaanniitulla, mutta runsaskaan kasvillisuus kunnostusalueella ei aiheuta veden voimakasta padotusta ylävirtaan.

6.7.5 Kunnostus

Maulaanniitun tulva-alueella uoman kunnostus toteutettiin talvella 2002-2003. Alue voidaan jakaa viiteen erityyppiseen kunnostusosuuteen:

Yläosa	paaluväli 2907-2400
Vanhat meanderit	paaluväli 2400-2325
Uusi pieni uoma	paaluväli 2325-2050
Koski	paaluväli 2050-1950
Peratun uoman monipuolistus	paaluväli 1950-1555

Yläosa pl 2907-2400

Suunnittelualan yläosa välillä Kattilantien siltarumpu – vanhat meanderit jätettiin kunnostamatta, jotta uoman vedenjohtokyky pysyy hyvänä. Ennallistusta kohdasta aiheutuvan padotuksen vuoksi osuudesta muodostui syvävetinen suvanto, jossa ei tapahdu suuria virtaushäviöitä. Osuudella tasoittuvat myös alavirrassa tehdyn kunnostuksen vedenpinnan noston vaikutukset. Tulevaisuudessa ennallistusta voidaan jatkaa yläpuoliselle osuudelle, jos se on alueen maankäytön puolesta mahdollista.

Vanhat meanderit pl 2400-2325

Myllypuro siirrettiin virtaamaan kolmeen kuiville jääneeseen meanderilenkkiin. Mutkat sijaitsevat Myllypuron oikealla puolella alavirtaan päin katsottuna. Vesi nostettiin vanhaan uomaan täyttämällä perattu uoma niiltä osin, joilla vanha meanderi sen korvaa. Uoman täytöt tehtiin selkeästi yleistä maanpintaa korkeammiksi, koska savi painuu tiivistyessään. Ympäröivä maanpinta muotoiltiin siten, että vesi pääsee helposti levittäytymään maastoon.

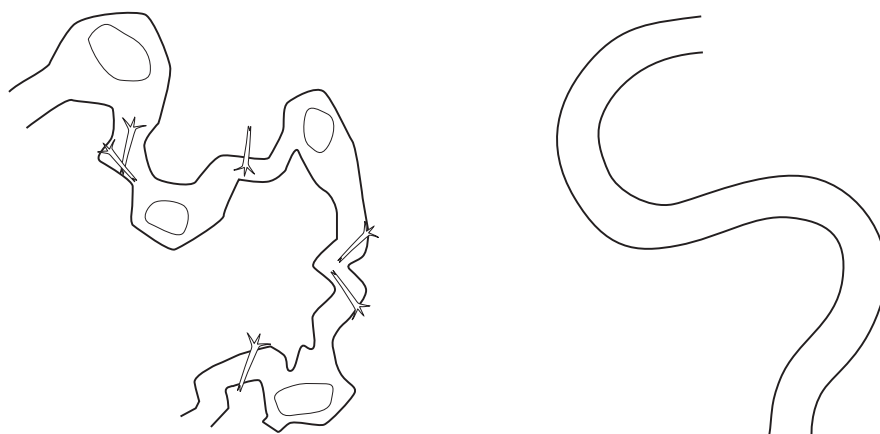
Meandereihin oli kertynyt runsaasti orgaanista ainesta ja uomissa oli paikoin perkauksen jäljiltä kaivumaita. Niiden aiheuttamat tukokset poistettiin, mutta muutoin uomia ei puhdistettu, vaan työ jätettiin virran tehtäväksi. Uoman pohjan luontaiset kivennäismaakerrokset haluttiin jättää koskemattomiksi.

Pieni uoma pl 2325-2050

Ennallistusosuus Maulaanniitun valtaojan ja Purolan välillä kaivettiin kokonaan uudelleen. Tämän osuuden rakentamisen esikuvana toimi Myllypuron luonnon-tilainen osuus (Kuva 28) Tämän osuuden vedenjohtokyky määrää pitkälti sen, kuinka Maulaanniittu tulvii. Uomasta tehtiin voimakkaasti mutkitteluva, $s=2$, eli nykyinen 250 m pitkä suora uomaosuus muutettiin 500 m pitkäksi ja meanderoivaksi. Uoman ohjeellinen linjaus oli määritetty vuoden 1948 ilmakuvaista. Koska linjaus ei ollut täysin selkeä, ei sitä noudatettu tarkasti vaan uoma sovitettiin nykyisiin maaston muotoihin hyödyntäen tämänhetkisiä olosuhteita mahdollisimman hyvin.

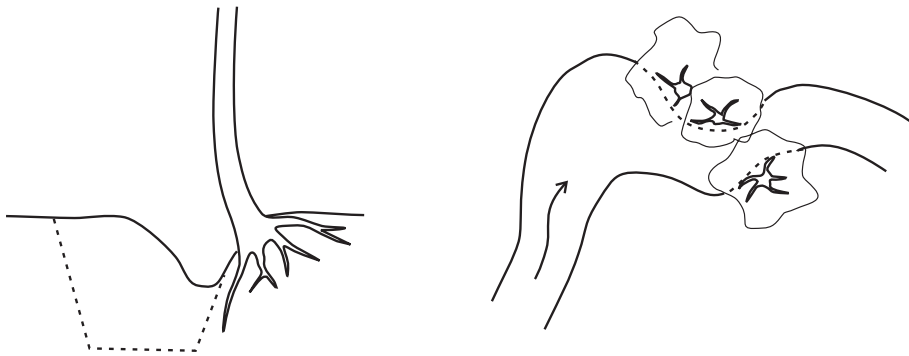
Ennen ennallistusosuuden kaivua töitä urakoinut kaivinkoneyrittäjä tutustutettiin esikuvana toimineeseen luonnontilaiseen osuuteen ja samalla hänelle selvitettiin keskeisiä asioita, joita kunnostuksella pyritään saavuttamaan. Uoma kaivettiin 95 cm leveällä kauhalla pystysuorin penkoin. Uoma pyrittiin pitämään 70-90 cm syvänä, mutta paikoin mutkiin tehtiin leveämpiä ja syvempiä kohtia. Usein vanhan uoman paikalla oli hiekkainen kerros, joka ilmensi uoman pohjaa. Tämä edesauttoi oikean kaivussyvyyden löytymistä.

Puruoma on dynaaminen ja sen muotoutumiseen vaikuttaa veden virtaus. Visionaarisen tavoitekuvan perusteella kaarteet ovat yksi keskeinen tekijä uoman syvyyssvaihtelun muodostumisessa. Kaarresyvänteen syntyyn vaikuttavat monet osatekijät, kuten virtauksen kohdistuminen, sekundaarivirtaukset, poikkileikkauksen geometria, kaarresäde, uoman kaltevuus ja pohjan laatu. Yleistäen voi kuitenkin sanoa, että jyrkissä kaarteissa syväne on syvempi (Hosia 1983, Thorne 1997). Uomaa kaivettaessa kaarteista pyrittiin tekemään korostetun jyrkkiä, jotta muotoutuminen olisi voimakasta (Kuva 31). Ajan kuluessa virtaus kuitenkin pehmentää niiden muotoja.



Kuva 31. Myllypuron uusi uoma suunniteltiin kaivettavaksi korostetun mutkikkaaksi ja rosioiseksi (vas.), sillä virtaus pyöristää muotoja ajanlooon. Jyrkät kaarteet kaivettiin muuta uomaa leveämmiksi ja syvemmiksi. Siistiä ja symmetristä kaivamista (oik.) pyrittiin välttämään.

Kaarteen muotoilussa käytettiin hyväksi maastossa olevia kovia kohtia, kuten puiden juuristoja. Myös olemassa olevia sarkaojia ja niissä olevaa kasvillisuutta pyrittiin hyödyntämään (Kuva 32).



Kuva 32. Sarkaojien penkoissa kasvavia puita hyödynnettiin uuden uoman rantapuina, mutta myös muutoinkin puita ja niiden juuristojen sitovaa vaikutusta pyrittiin hyödyntämään.

Syvänteen muotoutumiseen vaikuttaa kaarteen jyrkkyyden lisäksi kaarteeseen kohdistuva vuolle. Vuolletta pyrittiin voimistamaan kaivamalla uoma kapeaksi ennen kaarretta. Tällöin virtausnopeus kiihtyy. Myös uomaan asetetut puut ohjaavat virtausta.

Kookasta puuainesta lisättiin uomaan vertailuosuutta vastaava kappalemäärä, eli 500 m matkalle sijoitettiin noin 75 kpl kookkaita runkoja ja juurakoita. Puut otettiin lähimaastosta, jolloin puiden koko- ja lajijakauma vastaa uoma ympäröivää puustoa. Puita ei aseteltu tarkasti eikä niillä pyritty maksimoimaan morfologista muotoutumisvaikutusta, vaan asettelussa tavoiteltiin satunnaisuutta. Vain muutamia runkoja kiinnitettiin työntämällä ne kaivinkoneella osittain uoman penkkaan. Pääsääntöisesti puut jätettiin kiinnittämättä, koska pienissä uomissa pitkien runkojen liikkuminen on vähäistä (ks. kappale 3.1.2).

Peltoalueella on runsaasti sarkaojia sekä painanteita, missä on kosteammat olosuhteet ja niihin sopeutunut kasvillisuus. Sarkaojien penkkoja ja niiden kasvillisuutta hyödynnettiin uuden uoman penkoissa. Uomalle ei kaivettu loivia luisia, vaan uoma kaivettiin pääsääntöisesti pystysuorilla tai hyvin jyrkillä penkoilla. Penkkaan jäävä kasvillisuus ja maaperä pyrittiin säilyttämään mahdollisimman häiriintymättöminä, jotta kasvillisuuden sitomien törmien muodostuminen olisi mahdollisimman nopeaa.

Nykyinen perattu uoma täytettiin vain osittain. Uomaan tehtiin useita katkoksia, jotta vesi ei tulviessaan hakeutuisi käyttämään perattua suurta uoma. Täyttöjen väliset osuudet jäivät lammikoiksi. Täyttö toteutettiin talvella kovien pakkasten aikaan, mikä hankaloitti työn toteuttamista sekä täyttöjen tiivistymistä. Kevällä täyttöjä jouduttiin korjaamaan ja asentamaan ylimmäiseen ja alimmaiseen täyttöosuuteen kuitukankaiset sydämet.

Koski pl 2050-1950

Myllypuron uoman muuttaminen pieneksi koko matkalta olisi johtanut suuriin massansiirtoihin. Kunnostuksessa päädyttiin siihen, että puro saa virrata loppumatkan nykyisessä uomassa. Uuden uoman pohja on kuitenkin reilun metrin korkeammalla kuin nykyisen uoman pohja. Jos uomat olisi vain yhdistetty olisi kohdasta muodostunut erodoitava savikynnys, josta erodoituminen olisi edennyt hil-

jalleen uuteen uomaan. Uoma vahvistettiin vastaamaan esiintyviä virtausnopeuksia. Yhtymäkohtaan rakennettiin luontaisen kaltainen koski paikan päältä esiintyvistä kivistä (ks. kappale 6.7.3).

Purola pl 1950-1475

Purolanmäen kohdalla laakso on kapeampi kuin Maulaanniitun kohdalla. Uomaosuudella näkyy myös 1997 kunnostuksen padottava vaikutus ja sen alaosa on allastunut suvantomaiseksi. Maamassoja ei alueella ollut helposti saatavilla, joten uomaa pyrittiin vain monipuolistamaan. Kunnostuksessa käytettiin samoja menetelmiä kuin vuoden 2001 kokeilussa, eli uomaan asetettiin kookkaita puunrunkoja ja uomaa kavennettiin sen penkkoja sorruttamalla. Kunnostusta häytti uoman myötäisesti kulkeva sähköjohto, jonka läheisyydessä kookkaita runkoja ei voinut kaataa kaivinkoneella. Syksyllä 2002 maa oli kuivaa eivätkä penkat sortuneet liukupintaa pitkin kuten syksyllä 2001 vaan murenivat. Tästä johtuen monipuolistustöitä tehtiin vähemmän kuin alun perin oli suunniteltu.

Tulva-alue pl 2500-2050

Tulva-alueelta poistettiin vanhat perkuumassakasat ja ne käytettiin peratun uoman täyttöihin. Sarkaojat tukittiin niityn vesitalouden palauttamiseksi ja siksi, etteivät tulvavedet noroutuisi niihin. Laidunnusalueelta sarkaojat täytettiin kokonaan ja alueella aikoinaan tehty mätästys tasoitettiin. Peltoalueen halki kulkeneista valtaojista kaksi täytettiin ja vedet johdettiin pintavaluntana eteenpäin antaen vedelle mahdollisuuden löytää uusi luontevampi uoma. Kolmas valtaoja jätettiin maastoon, koska laidunalueiden ennallistus on kesken. Uoman tukkiminen ja uuden linjauksen tekeminen on käytännöllistä suorittaa muun raivaustyön ohessa. Tulva-alueelle sijoitettiin myös maanottoaika, joka muotoiltiin kosteikoksi (ks. kappale 6.7.3).

6.7.6 Seuranta

Nuukсион Myllypurolla ei ole tehty systemaattista seuranta ennen kunnostusta, mutta kunnostusta edeltänyt tila ei ole silti vain visuaalisten havaintojen varassa. Purolla on toteutettu kolme sähkökoekalastussarjaa vuosina 1994, 1996 ja 2001 (Ruottinen 1996, Stén 2002). Kalastetut koealat sijoittuvat eri puolille Myllypuroa ja niiden avulla on arvioitu kalaston tilaa yleisesti. Myllypuron pohjaeläimiä on tutkinut Könönen (1999) pro gradu-työssään. Lisäksi Ilmonen et al. (2000a,b,2001,2003a,b) on tehnyt Metsähallitukselle lajikartoitusta purolla esiintyvistä vesihyönteisistä. TKK on tehnyt Myllypuron kunnostuksiin liittyvää hydraulista tutkimusta vuosina 1997-2002 (Järvelä 1998, Helmiö & Järvelä 1998, Järvelä & Helmiö 2004) ja niiden ohessa on suoritettu intensiivinen vedenlaatututkimus (TKK). Näiden lisäksi aiempien kunnostusten jälkeen on toteutettu havainnointia uoman rakenteellisen tilan kehittymisestä.

Tämän kunnostuksen seurannalla on kaksi päätavoitetta. Ensimmäiseksi halutaan varmistua, että rakenteet toimivat niin kuin on suunniteltu ja että kaikki oleelliset seikat on otettu huomioon. Seurannan toinen kohde on tavoitteiden, erityisesti toiminnallisten tavoitteiden, toteutuminen. Tarkoitus on selvittää, ovatko kunnostuksessa käytetyt ratkaisut ja menetelmät olleet oikein valittuja ja toteutuvatko ne hypoteesit, jotka kunnostukselle alunperin asetettiin.

Kunnostustyöt toteutettiin kahdessa vaiheessa. Syksyllä kaivettiin pieni uoma ja suuret maansiirtotyöt suoritettiin vasta vuodenvaihteen jälkeen. Peratun uoman täyttämisen yhteydessä tarkkailtiin lakkaako virtaus ja kuinka veden pinta lähtee nousuun. Alkupalven kovat pakkaset olivat jäädyttäneet maan ja puron odotettua syvemmältä, mikä vaikeutti työn toteuttamista. Täyttöjen saaminen tiiviiksi osoittautui ongelmalliseksi, sillä osittain routaantunutta maata oli hankala tiivistää. Täyttöjen tiivistämiseksi kahteen täyttöön asennettiin savesta sydämet, joihin materiaali otettiin selvästi routarajan alapuolelta. Pienen virtaaman ja ylävirran puolelle muodostuneen altaan johdosta vedenpinnan nousu oli hidasta. Työkalusto oli lähtenyt jo työmaalta ennen kuin vesi nousi uuteen uomaan. Rakenteiden toiminnan seuranta osoittautui tarpeelliseksi, sillä uuteen uomaan johdettu vesi alkoi jäätyä pohjasta päin tukkien koko uoman. Kummatkin uomat olivat nyt tukossa ja vesi nousi tulvakorkeuteen vaikka virtaama vastasi alivirtaamatilannetta. Tilanne paheni talven kuluessa veden etsiessä uutta reittiä alavirtaan. Pikkuhiljaa vesi löysi tiensä täyttöjen lävitse ja ohitse.

Ongelmat havaittiin heti veden nousun yhteydessä, mutta työn toteuttaja näki järkevämmäksi toteuttaa korjaustyöt vasta keväällä uuden uoman sulettua. Koska kevään valunta jäi suhteellisen pieneksi syksyn kuivuuden vuoksi, eivät tulvavedet aiheuttaneet katastrofaalisia vaurioita, vaan täyttömaasta muodostettiin uudet lyhyemmät padot. Korjauksen yhteydessä myös ylimmän ja alimman padon sisään asennettiin kuitukankaasta sydämet, joiden tarkoitus on estää veden voimakas suotautumisen patojen läpi. Korjaustöiden jälkeen vesi on kulkenut uuden uoman kautta. Rakenteita tulisi vielä jatkossa seurata saven tiivistymisen ja siitä aiheutuvan painumisen vuoksi. Myös koskea on hyvä pitää silmällä, jotta sen yhteydessä ei pääsisi tapahtumaan hallitsematonta eroosiota.

Kunnostuksen seurannan toisena tarkoituksena on selvittää toteutuvatko kunnostukselle asetetut tavoitteet. Tässä tärkeässä asemassa ovat toiminnalliset tavoitteet, joilla määritellään mitä tehdään ja miksi (ks. kappaleet 5.2.4 ja 6.7.3). Myllypurolla toiminnalliset tavoitteet liittyvät pitkälti uomamorfologian palauttamiseen. Seurannassa onkin tarkoitus selvittää toteutuvatko kunnostukselle asetetut hypoteesit. Uuteen uomaan on perustettu kaksi koealaa, joissa kummassakin on 20 poikkileikkausta, joiden kehitystä seurataan vuosittaisilla mittauksilla. Myös uuden uoman törmien sijainti on tallennettu takymetrialaitteistolla. Törmien sijainnin seurannassa tarkkailuväli on useita vuosia. Mittaus on tarkoitus uusida vuonna 2007. Syvyysvaihtelun kehittymistä seurataan samalla menetelmällä kuin syvyysvaihtelua mitattiin luonnontilaiselta osuudelta. Uomasta mitataan syvänteiden vesisyvyys alivirtaaman aikaan.

Tulvimista ja sen vaikutuksia oli tarkoitus seurata automaattisella havainnointijärjestelmällä kasvillisuusseurannan ohessa, mutta siitä luovuttiin kustannusten vuoksi. Nyt laakson tulvimista on tarkoitus seurata yksittäisillä havainnoilla, joita voidaan verrata hydraulisen mallin antamiin arvoihin. Seurannalla ei ole tarkoitus arvioida tulvimisen vaikutusta vaan pikemminkin tarkistaa mallin todenmukaisuus ja tavoitteiden toteutuminen. Lisäksi vedenpinnan tasoa uudessa uomassa seurataan vertaamalla sitä luonnontilaisen uoman vedenpinnan tasoon samassa virtaustilanteessa. Seuranta on helppo toteuttaa ja sillä voidaan karkeasti arvioida uoman mitoitusta suhteessa luontaiseen täyden uoman virtaamaan.



Kuva 33. Uusi kaivettu osuus kunnostuksen jälkeisenä keväänä. Uoman törmiin pyrittiin jättämään vahva kasvillisuuskerros ja uomaan aseteltiin kookkaita puunrunkoja luonnontilaista osuutta vastaava määrä (vrt. luonnontilainen osuus Kuva 28).

Alustavien havaintojen perusteella voidaan todeta, että uoman visuaalinen ilme muistuttaa luonnontilaista osuutta (Kuva 33). Tarkemmat havainnot saadaan vasta kun uoma on kokenut useamman tulvatilanteen ja sen penkat sekä kasvillisuus ovat asettuneet uusiin oloihin.

Yhteenveto ja päätelmät

Tavoitekuvatarkastelu on Keski-Euroopassa käytetty virtavesien kunnostussuunnittelun toimintamalli. Siinä kunnostussuunnittelun pohjaksi pyritään selvittämään vesistön alkuperäinen luonnontila. Tätä oletettua luonnontilaa kutsutaan visionaariseksi tavoitekuvaiksi. Alkuperäinen luonnontila ei aina ole palautettavissa, mutta sen selvittäminen luo objektiivisen lähtökohdan kunnostussuunnittelulle. Varsinaista toteutuskelpoista kunnostuksen päämäärää kuvaa toiminnallinen tavoitekuva. Se on muodostettu visionaarisen tavoitekuvan pohjalta, mutta siinä on otettu huomioon ihmisen toiminnan kannalta tärkeät tekijät, jotka rajoittavat kunnostamista.

Tavoitekuvatarkastelu on kokonaisvaltaisena kunnostussuunnittelun toimintamallina perinteistä kunnostussuunnittelua laajempi. Siinä pyritään ottamaan virtavesisysteemissä vaikuttavat tekijät monipuolisesti huomioon. Uomamorfologian lisäksi pyritään korjaamaan mm. vedenlaadun muutoksia ja muuttuneita hydrologiaominaisuuksia sekä ottamaan huomioon biologisia muutoksia. Tämyntyyppinen lähestymistapa edellyttää laajamittaista valuma-alue-tarkastelua ja usein myös laajalti tehtäviä kunnostustoimenpiteitä.

Tavoitekuvan ehkä keskeisin ajatus on kuitenkin se, että siinä käydään systemaattisesti läpi tavoitetilaa vaikuttavat tekijät. Siinä erottuvat selkeästi alkuperäisen luonnon huomioon ottaminen ja ihmisen tarpeista lähtevät tavoitteet ja rajoitteet. Ratkaisusta muodostuu näin perusteltuja, mikä mahdollistaa niiden arvioinnin.

Tavoitekuvatarkastelu soveltuu työväliseksi kun vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisia tavoitteita pyritään arvioimaan, koska alkuperäisen vesiluonnon säilyttäminen ja palauttaminen on molemmassa keskeisenä lähtökohtana. Tavoitekuvatarkastelua ei kuitenkaan tule nähdä yhtäläisenä direktiivin mukaisen tarkastelun kanssa, sillä niiden mittakaavat ovat hyvin erilaiset. Direktiivillä pyritään valtakunnalliseen, jopa Euroopan kattavaan yhtenäiseen vesistöjen hallinnoimispolitiikkaan. Kunnostettaessa tarkastelun tulee kuitenkin kohdentua teki-jöihin, jotka ovat paikallisten elinympäristöjen kannalta oleellisia.

Alkuperäisten luonnonolojen selvittäminen voi joissain tapauksissa olla työlästä, mutta kerran muodostettu visionaarinen tavoitekuva on toisaalta pysyvä kiinnekohta eikä riipu ajasta tai olosuhdemuutoksista. Myös laajat geomorfologiset tarkastelut ovat tyypiltään kertaluontoisia ja palvelevat useita hankkeita. Uomatasolla tarkastelua helpottaa se, että morfologiset muodot ja vesien piirteet toistuvat alueittain. Tavoitekuviin muodostamiseen tarvittava jokisysteemien tarkka analysointi on omiaan opettamaan ja syventämään virtavesien tuntemusta. On myös ilmeistä, että yksittäisen kohteeseen käytetty työmäärä vähenee, kun hankemäärä kasvaa.

Luonnontilaisen uomaosuuden tarkastelu on yksi mahdollisuus selvittää alkuperäisiä olosuhteita. Luonnontilainen vertailuosuus soveltuu erityisen hyvin uomamorfologisten piirteiden tarkasteluun. Vertailuosuutta voidaan käyttää mallina ja sen avulla voidaan myös kertoa työn toteuttajalle tavoitteesta paljon enemmän kuin pelkillä kunnostusasiakirjoilla. Vertailuosuus voi lisäksi toimia tavoitteiden saavuttamisen seurannan vertailukohtana. Vertailuolujen käyttö vaatii vesisysteemien tuntemista, jotta vertailuosuudeksi osataan valita vertailuun sovel-

tuva samaa tyyppiä oleva osuus. Tässä voidaan käyttää apuna morfologisia tyyppittelyjä. Tyyppittelyt helpottavat ja selkeyttävät lisäksi jokisysteemiin liittyvien asioiden käsittelyä, koska monet ominaisuudet ovat riippuvaisia virtavesityypistä. Uoman morfologinen tyyppi ei kuitenkaan selitä yksin kaikkia eliöstön esiintymiseen liittyviä tekijöitä. Vedenlaatu ja hydrologiset olosuhteet riippuvat pitkälti koko valuma-alueen ominaispiirteistä.

Tavoitekuvatarkastelu antaa kuvan halutusta lopputuloksesta, jonka pohjalta voidaan asettaa kunnostukselle tavoitteet. Tavoitteet voivat olla eritasoisia. Yhdysvalloissa tavoitteet on jaettu päämääriksi ja yksilöidyiksi tavoitteiksi. Päämäärät asettaa päättäjätaso kun taas yksilöidyt tavoitteet asettavat asiantuntijat ja suunnittelijat. Päämäärät ohjaavat kunnostuksen suunnittelua kun taas tarkemmat, yksilöidyt tavoitteet ohjaavat sen toteuttamista. Yksilöidyt, tarkkaan asetetut tavoitteet, joista selviää, mitä tehdään ja miksi tehdään, ovat omiaan parantamaan hankkeiden onnistumisen seurantaa.

Suomen monimuotoiset vesistöt ja vesiluonto tarjoavat haasteellisen ympäristön kunnostustoiminnalle. Kansainvälisiä kokemuksia sovellettaessa on muistettava ottaa huomioon myös maamme pohjoinen sijainti ja jääkauden muovamat erityispiirteet. Toisaalta edes Suomen sisällä ei voi olettaa vesisysteemien toimivan yhtenäisesti. Jokaisessa tapauksessa tarvitaan yksilöllistä tarkastelua. Kunnostettaessa on ymmärrettävä kohteen toimintaan vaikuttavien tekijöiden laajuus. Ainesten kulkeutuminen ja jokijatkumotyyppiset tekijät on otettava huomioon. Suomessa ovat erityispiirteenä järvien aiheuttamat epäjatkuvuuskohdat, jolloin kunnostusalueelle vaikuttavat tekijät saattavat rajautua eri tavoin kuin laajassa järveltömässä jokisysteemissä. Myös uoman rakenteen dynaamisuuksessa esiintyy vaihtelua. Uomat voivat olla muovautuneet jo kauan sitten vallinneiden virtaamien aikana ja nykyvirtaamien vaikutus muotoutumiseen on vähäistä. Toisaalta on uomia, joiden dynaaminen tasapaino on pitkälti riippuvainen nykyvirtaamista ja ne ovat siten herkkiä muutoksille. Dynaamisessa jokisysteemissä on osattava ottaa huomioon virtaveden moninaiset vuorovaikutussuhteet, jotta kunnostuksella voidaan saavuttaa olosuhteet, jotka pitävät itse yllä monimuotoista habitaattirakennetta.

On toivottavaa, että virtavesien kunnostushankkeissa voitaisiin siirtyä yhä laajempiin kokonaisuuksiin, sillä pienialaisten kunnostusten sovittaminen muuhun jokisysteemiin saattaa olla hankalaa. Ennalta pieneksi rajatulla kunnostusalueella voi lisäksi olla mahdotonta puuttua itse ongelmaan. Kokonaisten jokivesistöjen ekologisen tilan parantamisen kannalta on oleellista, että toimenpiteet sijoitettaisiin sinne, mistä ongelmat aiheutuvat.

Nykyisin luonnontilan parantaminen tapahtuu usein alueilla, joilla taloudelliset intressit ovat vähäisiä. Vesiluonnon huomioon ottaminen on kuitenkin tärkeää myös voimakkaasti rakennetuilla tai muuten tehokkaasti hyödynnetyillä alueilla. Ne saattavat vaikuttaa koko vesistöön ja rakennetuilla alueilla olevien vesien arvo on merkittävä osa ihmisen jokapäiväisestä elinympäristöstä. Tärkeää olisikin, että vesiluonnon huomioon ottaminen lähtisi jo maankäytön suunnittelusta ja ohjeistuksesta, jotta kunnostamista rajoittavat reunaehdot eivät muodostuisi jo lähtökohtaisesti liian tiukoiksi. Myös lainsäädännön ja yleisen vesienhoitopolitiikan tulisi kehittyä siihen suuntaan, että kunnostustoimintaan olisi hyvät mahdollisuudet. Uusien rakennus- ja kunnossapitohankkeiden yhteydessä vesiluonto pitäisi ottaa huomioon jo niin hyvin, ettei uutta kunnostustarvetta syntyisi samaan aikaan, kun toisaalla vesistöjen kunnostukseen sijoitetaan suuria määriä rahaa ja työpanoksia.

Lähteet

- Ahlman, M. & Villa, L. 1999. Haitalliset leväkukinnat Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla 1998. Ympäristöhallinto. [www-dokumentti] <<http://www.vyh.fi/tila/uyk/vesi/tilanne/vuosi98.htm>>
- Ahtiainen, M. & Huttunen, P. 1995. Metsätaloustoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutukset purovesien laatuun ja kuormaan. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.) Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. Suomen ympäristö 2 – ympäristönsuojelu, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 420 s. ISBN 952-11-0007-9, ISSN38-7312.
- Alalammi, P. (toim.) 1986. Geomorfologia, vihko 122. Maanpinnan muodot, Suomen kartasto. 19 s. ISBN 951-46-9884-3.
- Beechie, T. J. and Sibley, T. H. 1997. Relationships between channel characteristics, woody debris, and fish habitat in northwestern Washington streams. Transactions of the American Fisheries Society 126, s. 217-229. Ref. Lassette 1999.
- Binder, W. & Kraier, W. 1999. Gewässerstrukturgütekartierung Bundesrepublik Deutschland: Stand und Ausblick. Wasserwirtschaft, 89, 1, s. 30-33. ISSN 0043-0978. Ref. Hanski 2000
- BLM 1995. Assessing Stream Health – Using BLM’s Proper Functioning condition survey Method, U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management. [www-dokumentti] <<http://www.or.blm.gov/nrst/Training/newlotic.pdf>>
- Boon, P.J. 1992. Essential element in the case for river restoration. Teoksessa: Boon, P.J.; Calow, P. & Petts, G.E. (toim.) 1992. River Conservation and Management. John Wiley, Chichester, s. 10-33.
- CEN/TC 230, 23.1.2003. Water quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers.
- CEN workshop. 2000. Notes of Workshop for CEN TC 230/WG 2/TG 5: Water Body Characteristics – held at the Austrian Standards Institute, Vienna, 13-15 November 2000.
- Clarke, S. J., Bruce-Burgess, L. & Wharton, G. 2003. Linking form and function: towards an eco-hydromorphic approach to sustainable river restoration. Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems, 13, s. 439-450. ISSN 1052-7613.
- Dieperink, C. 2003. Fish-based typology and reference conditions of Danish streams. Teoksessa: Ruoppa, M., Heinonen, P., Pilke, A., Rekolainen, S., Toivonen, H. & Vuoristo, H. (toim.) How to assess and monitor ecological quality in freshwaters. TemaNord 2003:547, Nordic Council of Ministers, Copenhagen. s.50-52. ISBN 92-893-0940-7, ISSN 0908-6692.
- Dingman, S. L. 1984. Fluvial Hydrology, W.H. Freeman, New York, 383 s. ISBN 0-7167-1452-3.
- DVWK 1996a. Fluß und Landschaft – ökologische Entwicklungskonzepte. Merkblätter 240. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. 285 s. ISBN 3-89554-046-3. Ref. Järvelä 1998.
- DVWK 1996b. Fischauftiegsanlagen: Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232/1996. ISBN 3-89554-027-7, ISSN Suomennettu versio: SYKE 1999. Kalateiden suunnittelu ja mitoitusohjeet. Ympäristöopas, 62, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 164 s. ISBN 952-11-0513-5, ISSN 1238-8602.
- Environment Agency 2003. River Habitat Survey in Britain and Ireland, Field Survey Guidance Manual: 2003 Version.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23.10.2000, yhteisön vesipolitiikan puiteista. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti L327. 72 s.
- Flebbe, P. A. and Dolloff, C. A. 1995. Trout use of woody debris and habitat in Appalachian wilderness streams of North Carolina. North American Journal of Fisheries Management 15. s. 579-590. Ref. Lassette 1999.
- Frissell, C.A., Liss, W.J., Warren, C.E. & Hurley, M.D. 1986. A Hierarchical Framework for Streams Habitat Classification: Viewing Streams in a Watershed Context. Environmental Management, 10, 2, s. 199-214. ISSN 0364-152X.
- Fyn County 2001. Aquatic Environment of Fyn, Denmark, 1976-2000. Streams and Lakes, Coastal Waters, Groundwater, Environmental Impact of Wastewater and Agriculture. Fyn County, Odense, Denmark. 148 s. ISBN 87-7343-463-9

- Gurnell, A. M., Gregory, K. J. and Petts, G. E. 1995. The Role of Coarse Woody Debris in Forest Aquatic Habitats - Implications for Management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 5. s. 143-166.
- Gurnell, A.M., Piégay, H & Swanson, F.J. 2002. Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology*, 47 (4), s. 601-619. ISSN 0046-5070.
- Haavisto-Hyvärinen, M., Grönholm, S., Kielosto, S. & Sten, C.-G. 2001. Nuuksion järviylänkö opaskirja. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 47 s.
- Haavisto, T. & Lempinen, P. 1999. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan kalataloudellisesti ja luonnonsuojelullisesti arvokkaat pienvedet. Uudenmaan ympäristökeskus-monisteita Nro 50. Helsinki. 168 s. ISBN 952-5237-27-3, ISSN 1238-7185.
- Hanski, M. 2000. Jokien rakenteellisen tilan arviointi. Suomen ympäristö, 379. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 96 s. ISBN 952-11-0651-4, ISSN 1238- 7312.
- Heinimaa, S. & Soivio, A. 2000. Smolttiutuminen ohjaa Tenojoen lohen merelle kasvamaan. Suomen Kalankasvattaja, 5, Kalankasvattajaliitto. [www-dokumentti] <<http://www.kalankasvattajaliitto.fi/artikkelit/kalankasvCc.html>>
- Helmiö, T. & Järvelä, J. 1998. Assessing the hydraulic performance in river rehabilitation projects – Myllypuro Brook case study. In: Kajander, J. (ed.). XX Nordic Hydrological Conference, NHP Report 44. Helsinki, 10.–13.8.1998. p. 357–364. ISBN 952-11-0322-1, ISSN 0900-0267.
- Helsingin maanviljelysinsinööripiiri 1959. 3915, Mvs, He1, Nuuksion Myllypuron perkaus-suunnitelma Ark.No 12254.
- Hey, R. 1997. Stable River Morphology. Teoksessa: Thorne, C.; Hey, R. & Newson, M. (toim.) 1997. *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. John Wiley, Chichester. s. 223-236. ISBN 0 471 96968 0.
- Hey, R. 2001. River habitat restoration in canalised watercourses: possibilities and constraints. Teoksessa: Taugbøl, T. & Henning L'Abée-Lund, J. (toim.) 2001. *Physical habitat restoration in canalised watercourses - possibilities and constraints*. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo. s. 5-18. ISSN 1501-2840.
- Horton, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of American Bulletin*, 56, s. 275-370. Ref. Montgomery & Buffington 1998, Leopold 1994.
- Hosia, L. 1980. Pienten uomien virtausvastuskerroin. Tiedotus 199, Vesihallitus, Helsinki. 119 s. ISBN 951-46-5056-5, ISSN 0355-0745.
- Hosia, L. 1982. Hydraulikka luku 2. Teoksessa: Mustonen, S. (toim.) *Yleinen vesitekniikka, Suomen rakennusinsinöörien liitto*, Helsinki s. 119-196. ISBN 951-758024-x.
- Hosia, L. 1983. Pienten uomien virtausvastuskerroin: yleiskatsausosa. Helsinki 65 s.
- Hyvärinen, V. 1986. Valunta luvut 8.1-8.2. Teoksessa: Mustonen, S. (toim.) *Sovellettu hydrologia*. Vesiyhdistys r.y. Mänttä. ISBN 951-95555-1-X.
- Ihalainen, A. 1999. Happamoitumiskehitys Länsi-Uudenmaan pienissä järvissä 1990-luvulla. *Alueelliset ympäristö julkaisut*, 138. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. 78 s. ISBN 952-11-0572-0, ISSN 1238-8610
- Ilmonen, J. 2000a. Pyykorven ja Varvarinsuon lähteikköjen sekä Kattilan lähdekaivon selkärangatonlajisto ja ennallistamistarve. Julkaisematon raportti, Metsähallituksen Etelä-Suomen luontopalveluiden arkisto. 12 s. + liitteet.
- Ilmonen, J. 2000b. Ennallistetun Antiaanpuron pohjaeläimistö keväällä 2000. Julkaisematon raportti, Metsähallituksen Etelä-Suomen luontopalveluiden arkisto. 2 s.
- Ilmonen, J. & Paasivirta, L. 2001. Ennallistettujen Kattilan lähteen ja Antiaanpuron pohjaeläinseuranta syksyllä 2001. Julkaisematon raportti, Metsähallituksen Etelä-Suomen luontopalveluiden arkisto. 9 s.
- Ilmonen, J. 2003a. Neljän Luukin ulkoilualueella ja Nuuksion kansallispuistossa (Espoo, Vihti) sijaitsevan puron vesihyönteisselvitys 2002. Julkaisematon raportti, Metsähallituksen Etelä-Suomen luontopalveluiden arkisto. 6 s. + liite.
- Ilmonen, J. & Paasivirta, L. 2003b. Neljän Luukin ulkoilualueella ja Nuuksion kansallispuistossa (Espoo, Vihti) sijaitsevan puron vesihyönteisseuranta 2002-2003. Julkaisematon raportti, Metsähallituksen Etelä-Suomen luontopalveluiden arkisto. 7 s. + liitteet.
- Jormola, J., Järvelä, J., Lehtinen, A. & Pajula, H. 1998. Luonnonmukainen vesirakentaminen: mahdollisuudet ja erityispiirteet Suomessa. Suomen ympäristö, 265. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 78 s. ISBN 952-11-0388-4, ISSN 1238-7312.

- Jungwirth, M., Muhar, S. & Schmutz, S. 1995. The effects of recreated instream and ecotone structures on the fish fauna of an epipotamal river. *Hydrobiologia*, 303, 1-3, s.195-206. ISSN 0018-8158.
- Jungwirth, M., Muhar, S. & Schmutz, S. 2002. Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscapes. *Freshwater Biology*, 47, 4, s.867-887. ISSN 0046-5070.
- Jutila, E., Ahvonen, A., Laamanen, M. & Kiuru, M. 1995. Metsätalouden toimenpiteiden vaikutukset virtaavien vesien kaloihin ja kalatalouteen. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.) *Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta*. Suomen ympäristö 2 – ympäristönsuojelu, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 420 s. ISBN 952-11-0007-9, ISSN38-7312.
- Järvelä, J. 1998. Luonnonmukainen vesirakennus; periaatteet ja hydrauliset näkökohdat virtavesien ennallistamisessa ja uudisrakentamisessa. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja, VTR-1. 129 s. ISBN 951-22-4296-6, ISSN 1456-2596.
- Järvelä, J. & Helmiö, T. 2004. Hydraulic considerations in restoring boreal streams. *Nordic Hydrology* 35(3): 223-235.
- Järvenpää, L. 2003. Virtavesien kunnostusta ja voimalaitosten ohitusuomia Tanskassa 8.-11.6.2003, Suomen ympäristökeskus. [www-dokumentti] <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8199&lan=FI>> (Luettu 15.1.2004).
- Kenttämies, K. & Saukkonen, S. 1996. Metsätalous ja vesistöt. MMM:n julkaisuja 4/1996. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. ISBN 951-53-0869-0, ISSN 1238-2531.
- Knighton, D. 1998. *Fluvial Forms and Processes, A New Perspective*. Department of Geography, University of Sheffield, UK, London. p.383. ISBN 0 340 66313 8.
- Koskeniemi, E. 10.4.2002. Jokien tyypittely, Pintavesien luontaisten tyyppien määrittely Suomessa. Ehdotus Ympäristöministeriölle.
- Kotola, J. & Nurminen, J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia - valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 1: kirjallisuustutkimus. TKK-VTR-7 & Osa 2: koealuetutkimus TKK-VTR-8
- Kraier, W. 1996. *Ökologisch begründete Sanierungskonzepte kleiner Fließgewässer, Fallbeispiel Vils/Oberpfalz*. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, 26. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. 167 s. ISBN 3-930253-06-2. Ref. Järvelä 1998
- Kuusisto, E. 1986. Hydrologian meteorologisia perusteita luku 2. Teoksessa: Mustonen, S. (toim.) *Sovellettu hydrologia*. Vesiyhdistys r.y. Mänttä. ISBN 951-95555-1-X.
- Könönen, K. 1999. Nuuksion Myllypuron pohjaeläimistö. Pro-gradu, Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos, Limnologian osasto, Helsingin yliopisto. 40 s.
- Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. 1996. Suomen geokemian atlas Osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja -sedimentit. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 150 s. ISBN 951-690-678-8
- Lassette, N. S. 1999. Annotated Bibliography on the Ecology, Management, and Physical Effects of Large Woody Debris (LWD) in Stream Ecosystems. Department of Landscape Architecture and Environmental Planning University of California, Berkeley. [www-dokumentti] <<http://www.cnr.berkeley.edu/forestry/woodbiblio.html>>
- Lempinen, P. 2003. Sijaintitiedot taimenen esiintymisestä Uudellamaalla, Uudenmaan ympäristökeskus. (excel-tilukko julkaisematon).
- Leopold, L.B., Wolman, M.G. & Miller, J.P. 1964. *Fluvial processes in geomorphology*. W.H. Freeman and company. San Francisco and London. 522 s.
- Leopold, L. B. 1994. *A View of the River*. Harvard University Press, Cambridge 298 s. ISBN 0-674-93732-5.
- Liljaniemi, P., Vuori, K-M., Ilyashuk, B. & Luotonen, H. 2002. Habitat characteristics and macroinvertebrate assemblages in boreal forest streams: relations to catchment silvicultural activities. *Hydrobiologia* 474, s. 239-251.
- Maastik, A., Heinonen, P., Hyvärinen, V., Kajander, J., Karttunen, K., Ots, H. & Seuna, P. 2000. *EnDic2000, ympäristösanakirja*. Finnish Environment Institute, Helsinki, Tartto. 702 s. ISBN 952-11-0812-6.
- Mader, H., Mayr, P. & Koboltschnig, G. 2002. Method and Case Studies of Stream Restoration Projects in Austria. 2nd International conference, New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environments, Capri, Italy, June 24-28, 2002.

- Manga, M. & Kirchner, J.W. 2000. Stress partitioning in streams by large woody debris. *Water resources research*, 36, 8. s. 2373-2379. ISSN 0043-1397.
- Marttinen, M. & Koljonen, M-L. 1989. Uudenmaan meritaimenkantojen inventointi ja geneettinen tutkimus. *Tiedotus*, 4, Uudenmaan kalastuspiirin kalastustoimisto, Helsinki s. 141. ISBN 952-90082-8-7, ISSN 0783-6414.
- Melanen, M. & Laukkanen, R. 1981. Quantity of storm runoff water in urban areas. *Vesien-tutkimuslaitoksen julkaisuja*, 42. Vesihallitus, Helsinki. s. 3-39. ISBN 951-46-6066-8, ISSN 0355-0982.
- Mikkola, J. & Saura, A. 1994. Viemäristä lohijoeksi Vantaanjoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1987-1993. *Kalatutkimuksia* 84. Riista ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. s.103. ISBN 951-8914-64-8, ISSN 0787-8478.
- Montgomery, D.R. & Buffington, J.M. 1998. Channel Processes, classification, and response, teoksessa: Naiman, R. J. & Bilby, R. E. (toim.) *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*, Springer, s. 13-42.
- Montgomery, D.R. & Buffington, J.M. 1993. Channel classification, prediction of channel response, and assessment of channel condition. Report TFW-SH10-93-002, Department of Geological Sciences and Quaternary Research Center, University of Washington, Seattle. Ref. USDA 1998.
- Muhar, S., Schmutz, S. & Jungwirth, M. 1995. River restoration concepts – goals and perspectives. *Hydrobiologia*, 303, 1-3, s.183-194. ISSN 0018-8158.
- Naura, M. 2002. Some applications towards the Water Framework Directive. Environment Agency England & Wales, River Habitat Survey Lead Region. Esitys, River habitat assessment workshop, Ilmajoki, 5.-7.6.2002.
- Nielsen, J. 1997. The Brown Trout in the Watercourses of Vejle County 1990-1995. Vejle County Council, Technical and Environmental Department, Vejle. 12 s. ISBN 87-7750-313-9.
- Okko, V. 1964. Maaperä, teoksessa: Suomen geologia, toim. Rankama, K. 1964. *Kirjayhtymä*, Helsinki. s. 239-332.
- Parthl, G. 2002. River Assessment Methods in Austria & Ecological Status of the Large Rivers in Austria. Federal Environment Agency Ltd. Esitys, River habitat assessment workshop, Ilmajoki, 5.-7.6.2002.
- Petersen, R., Gislason, G.M. & Vought L. 1995. Rivers of the Nordic Countries. teoksessa: Cushing, C.E., Cummins, K.W. and Minshall, G.W.1995. *Ecosystems of the World 22: River and stream ecosystems*. Elsevier, New York, NY. s. 295-341. ISBN 0-444-88822-5
- Pietiläinen, O-P. & Ekholm, P. 1992. Origin of eroded material in small agricultural drainage basin in southwestern Finland. *Aqua Fennica* 22 (2), s.105-110.
- Raven, P. J., Holmes N. T. H., Dawson, F. H., Fox, P. J. A., Fozzard, I. R. & Rouen, K. J. 1998. River Habitat Quality: the physical character of rivers and streams in the UK an Isle of Man. River Habitat Survey, Report No. 2. Environment Agency. 84s. ISBN 1 873160 42 9.
- Rosgen, D. L. 1994. A classification of natural rives. *Catana* 22, s. 169-199.
- Rosgen, D. L. 1996. Applied River Morphology. *Wildland Hydrology*, Pagosa Springs, Colorado. ISBN 0-9653289-0-2.
- Ruottinen, P. 1996. Nuuksion Myllypuron kalastoselvitys. Uudenmaan ympäristökeskus – monisteita, 14. 46 s. ISBN 951-53-1167-5, ISSN 1238-7185.
- Savolainen, M. 1997. Nuuksion Myllypuron luonnontilan kunnostussuunnitelma. Alueelliset ympäristöjulkaisut, 46. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. 101 s. ISBN 952-11-0142-3, ISSN 1238-8610.
- Schmutz, S., Kaufmann, M., Vogel, B., Jungwirth, M. & Muhar, S. 2000. A multi-level concept for fish-based, river-type-specific assessment of ecological integrity. Teoksessa: Jungwirth, M., Muhar, S. & Schmutz, S. (toim.) *Assessing the Ecological Integrity of Running Waters*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. s. 279-289. Ref. Jungwirth 2002.
- Schumm, S.A. 1977. *The Fluvial system*. John Wiley and Sons, New York. Ref. USDA 1998, Knighton 1998.
- Segerstråle, C. 1937. Studier rörande havsforellen (*Salmo Trutta L.*) i Södra Finland, specielt på Karelska näset och i Nyland. *Acta Soc.pro Fauna et Flora Fennica* 60:696-750. ref. Marttinen 1989.
- Seegerstråle, C. 1939. Foreller I Nylands kustområde. *Finlands Jact- och Fiskeritidskrift* 34:52-61, 140-146 ja 347-355. ref. Marttinen 1989.
- Seuna, P. 1978. Small representative and experimental basins and their utilization. Nordic Hydrological Conference, Hanasaari. Ref. Hyvärinen 1986.

- Seuna, P. 1986. Metsätaloudelliset tekijät luku 14.3. Teoksessa: Mustonen, S. (toim.) Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys r.y. Mänttä. ISBN 951-95555-1-X.
- Simons, D.B. & Richardson E.V. 1966. Resistance to flow in alluvial channels. U.S. Geological Survey Professional Paper 422-J. Ref. Dingman 1984.
- Stén, H. 2002. Nuuksion Myllypuron kalastus selvitys 2001. Uudenmaan ympäristökeskus - monisteita, 114. 30 s. ISBN 952-463-026-5, ISSN 1238-7185.
- Strahler, A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions, American Geophysical Union, 38, s. 913-920. Ref. Montgomery & Buffington 1998, Leopold 1994.
- Stroffe, S. & Fontaine, O. 2002. A french system for the hydromorphological assessment of rivers: the Physical SEQ. Esitys, River habitat assessment workshop, Ilmajoki, 5.-7.6.2002.
- Sundborg, Å. 1967. Some aspects on fluvial sediments and fluvial morphology, I. general views and graphic methods. Geografiska annaler, 49 A, 2-4. s. 333-343.
- SYKE. 29.11.2003. Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnon huuhtouma [www-dokumentti] <<http://www.vyh.fi/tila/vesi/kuormit/kuorm.htm>>
- Thorne, C.R. 1997. Channel Types and Morphological Classification. Teoksessa: Thorne, C.; Hey, R. & Newson, M. (toim.) 1997. Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. John Wiley, Chichester. s. 177-222. ISBN 0 471 96968 0.
- TKK. Ei päivystä. Myllypuron vedenlaatututkimus. [www-dokumentti] <http://www.water.hut.fi/wr/research/luomu/mp_vedenlaatu.htm> (Luettu 15.1.2004).
- Turunen, A. & Äystö, V. 2000. Selvitys vesistöjen kunnostustarpeesta. Suomen ympäristökeskuksen moniste 180, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 47 s. ISBN 952-11-0678-6, ISSN 1455-0792.
- US Army Corps of Engineers. The Hydrologic Engineering Center (HEC)- homepage. [www-dokumentti] <<http://www.hec.usace.army.mil/index.html>> (Luettu 17.8.2004).
- USDA. 1998. Stream corridor Restoration: Principles, Processes and Practises. Revised August, 2001. [www-dokumentti] <http://www.usda.gov/stream_restoration/>
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W. Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The River Continuum Concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37 (1). s. 130-137.
- Virkanen, J. & Tikkanen, M. 1998. The effects of forest ditching and water level changes on sediment quality in small lake, Perhonlampi, Central Finland. Fennia 176 (2), Helsinki. s. 301-317. ISSN 0015-0010.
- Vuori, K.-M., Joensuu, I. & Latvala, J. 1995. Metsäojitusten vaikutukset veden laatuun, pohja-eläimistöön ja taimenen ravintoon Isojoen vesistöissä. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.) Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. Suomen ympäristö 2 – ympäristönsuojelu, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 420 s. ISBN 952-11-0007-9, ISSN38-7312.
- Ward, J.V. & Stanford J.A. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. Teoksessa: Dynamics of lotic ecosystem. Fontaine, T.D. & Bartell, S.M. (toim.) Ann Arbour Science Publ. s. 29-42.
- Wasserwirtschaftsamt Amberg 1996. Vilsprojekt: Ökologisch begründete Sanierungskonzepte kleiner Fließgewässer – Fallbeispiel Vils/Oberpfalz, Arbeitsblätter für die Praxis. 60 s. Ref. Järvelä 1998.
- Werritty, A. 1997. Short-term Changes in Channel Stability. Teoksessa: Thorne, C.; Hey, R. & Newson, M. (toim.) 1997. Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. John Wiley, Chichester. s. 47-65. ISBN 0 471 96968 0.
- Wishart, M. J. & Davies, B. R. 2003 Beyond catchment considerations in the conservation of lotic biodiversity. Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems, 13, s. 429-437. ISSN 1052-7613.
- Yrjänä, T. 2003. Restoration of riverine habitat for fishes – analyses of changes in physical habitat conditions. Acta Universitatis Ouluensis, C Technica 188. Oulun Yliopisto, Oulu. ISBN 951-42-7116-5.
- Zika, U. & Peter, A. 2002. The Introduction of Woody Debris into a Channelized Stream: Effect on Trout Populations and Habitat. River Research and Applications, 18, John Wiley & Sons. s. 355-366.

Sanasto

alluvial valley	alluviaalilaakso, muodostunut virtaavan veden ja tulvan tuomista kerrostumista.
alluvial channel	alluviaaliuoma, jossa sedimenttiä kulkeutuu ja kasautuu.
bankfull stage	täyden uoman vedenkorkeus, vedenpinnankorkeus, jolla uoma alkaa tulvia.
bankfull discharge	täyden uoman virtaama, virtaama täyden uoman vedenkorkeudella.
bankfull width	täyden uoman leveys, leveys täyden uoman vedenkorkeudella.
bankfull depth	täyden uoman syvyys, syvyys täyden uoman vedenkorkeudella.
colluvial valley	kolluviaalilaakso on muodostunut jyrkiltä rinteiltä pintavalunnan ja / tai massaliikuntojen mukana tuomista kerrostumista, näihin kerrostumiin virtaava vesi voi kuluttaa uomia, toimii virtavesisysteemin sedimentin lähteenä.
coarse woody debris (CWD)	ks. syn. large woody debris.
desired future conditions (DFC)	toivottu tulevaisuuden tila, yhteisesti hyväksytty ekologinen kunnostustavoite.
dominant discharge	määrävä virtaama, laskennallinen virtaama, jonka katsotaan olevan merkittävin tekijä uoman mittasuhteiden muotoutumisessa. Syn. channel forming discharge. Virtaama on samaa suuruusluokkaa kuin bankfull discharge.
dynamic equilibrium	dynaaminen tasapaino, uoman mittasuhteet ja malli pysyvät muuttumattomina, vaikka eroosio- ja kasautumisprosesseja tapahtuukin.
effective discharge	tehokas virtaama, kuvaa samaa uoman muotoutumisen ja virtaaman riippuvuutta kuin dominant discharge.
large woody debris (LWD)	kookas puuainees, uomassa olevia kookkaita runkoja ja juurakoita, joiden pituus > 1 m ja halkaisija > 10 cm.
Leitbild concept	tavoitekuvatarkastelu, tavoitekuviin perustuva kunnostussuunnittelun toimintamalli.
natural stability	ks. syn. dynamic equilibrium.
pool / riffle	uoman morfologiaa kuvaava ilmaus, jolla tarkoitetaan syvän ja matalan vuorottelua. Vaikka aina ei olisi kyseessä riffle sanan varsinaisessa merkityksessä. ks. riffle.
riffle	sorapohjainen tai pienikivinen matala virtapaikka.
river continuum concept (RCC)	jokijatkumo, kuvaa uoman biologisen toiminnan vaihtumista uoman fyysisten ominaisuuksien muutosten seurauksena.

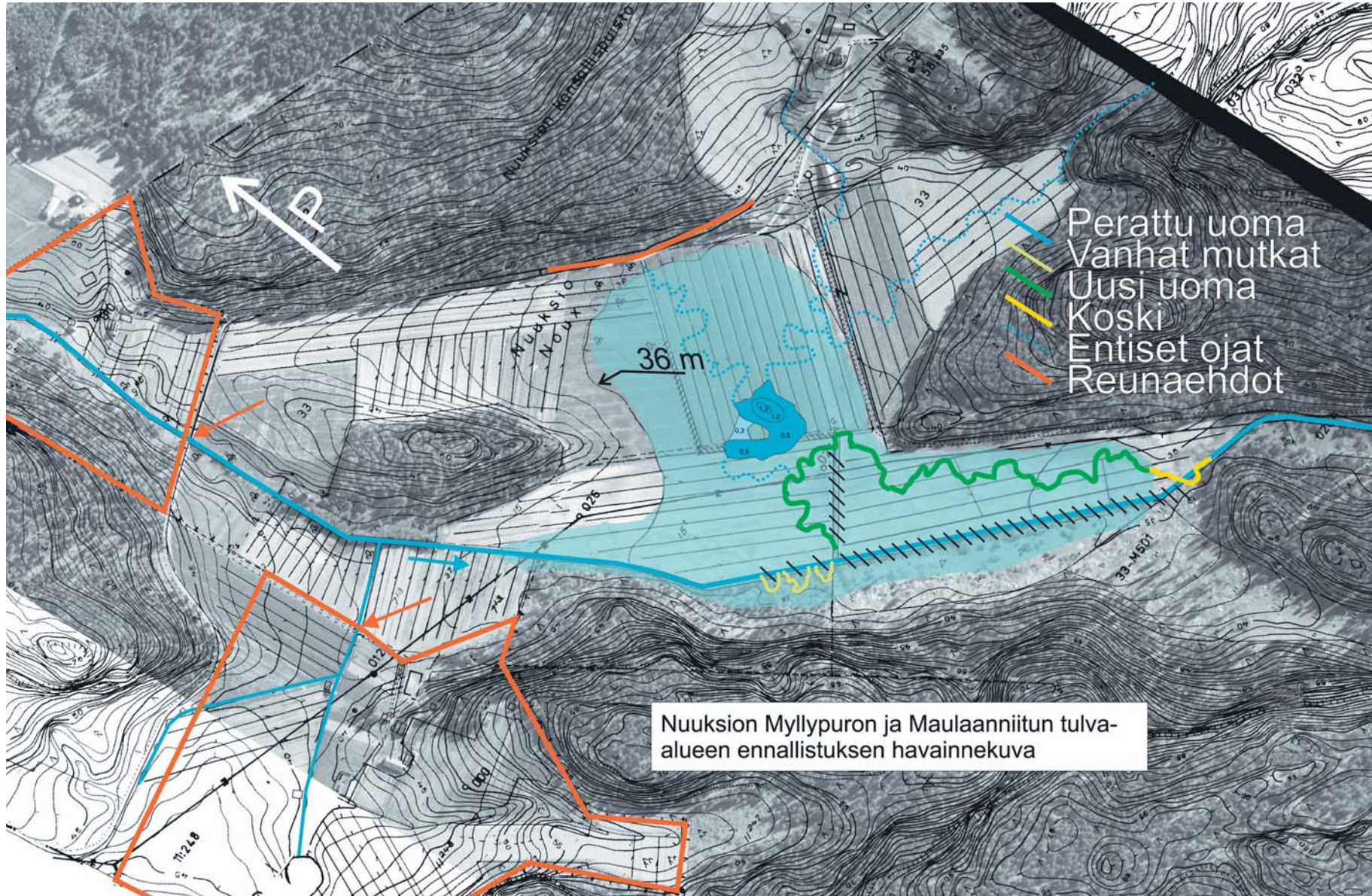
proper functioning condition (PFC) hyväksyttävästi toimiva rantavyöhykkeen rakenne.

step / pool uoman morfologiaa kuvaava ilmaus, jolla tarkoitetaan kynnyksistä ja syvänteistä koostuvaa uoman rakennetta.

Liite I. Montgomeryn & Buffingtonin (1993) mukainen uomatyyppittely Yhdysvaltain Tyynenmeren puoleisen rannikon joille.

	palmikoiva	hiekkapohjainen	syväne - virtapaikka	tasapohja	porrastunut koski	jyrkkä koski	kallio	kolluviaalinen
tyypillinen pohjamateriaali	vaihteleva	hiekkä	sora	sora, kivikko	kivikko, lohkareet	lohkareet	kallio	vaihteleva
pohjan muodot	lateraalisti aaltoileva	kerrostunut	lateraalisti aaltoileva	ei ole	vertikaalisti aaltoileva	ei ole	–	vaihteleva
sedimentindynamiikka	vastaanottava	vastaanottava	vastaanottava	vastaanottava	kulkeutuminen	kulkeutuminen	kulkeutuminen	sedimentin lähde
merkittävät karkeustekijät	pohjan muodot (särkät, syvänteet)	mutkaisuus, pohjan muodot (dyynit, väreet, särkät), penkat	pohjan muodot (särkät, syvänteet), raekoko, kookas puuaines, mutkaisuus, penkat	raekoko, penkat	pohjan muodot (kynnykset, syvänteet) raekoko, kookas puuaines, penkat	raekoko, penkat	pinnat (pohja ja uoman reunat)	raekoko, kookas puuaines
merkittävät sedimenttilähteet	ylävirta, penkkojen syöpyminen, aineksen rapautuminen	ylävirta, penkkojen syöpyminen, passiiviset uomanosat	ylävirta, penkkojen syöpyminen, passiiviset uomanosat, aineksen rapautuminen	ylävirta, penkkojen syöpyminen, aineksen rapautuminen	ylävirta, rinteet, aineksen rapautuminen	ylävirta, rinteet, aineksen rapautuminen	ylävirta, rinteet, aineksen rapautuminen	aineksen rapautuminen
sedimenttivarastot	tulva-alue, pohjan muodot	tulva-alue, pohjan muodot, passiiviset uomanosat	tulva-alue, pohjan muodot, passiiviset uomanosat	tulva-alue, passiiviset uomanosat	pohjan muodot	virtaus esteiden suoja	–	pohja
tyypillinen kaltevuus (%)	< 3	< 0,1	0,1 - 2	1 - 3	3 - 8	8 - 30	vaihteleva	> 20
uoman siirtyminen laaksossa	ei rajoittunut	ei rajoittunut	ei rajoittunut	vaihteleva	rajoittunut	rajoittunut	rajoittunut	rajoittunut
syvännetiheys (uoman leveyksinä)	vaihteleva	5 - 7	5 - 7	ei ole	1 - 4	< 1	vaihteleva	vaihteleva

Liite 2. Nuuksion Myllypuron ja Maulaanniitun tulva-alueen ennallistuksen havainnekuva.



Kuvailulehti

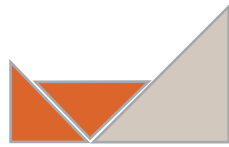
Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika 15.12.2004
Tekijä(t)	Lasse Järvenpää	
Julkaisun nimi	Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: http://www.ymparisto.fi/julkaisut	
Tiivistelmä	<p>Vuonna 2000 voimaan tullut EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi edellyttää jäsenvaltioilta entistä kattavampaa vesien tilan arviointia sekä aktiivisia toimenpiteitä vesien tilan parantamiseksi. Tässä työssä on tutkittu toimintamalleja, jotka tukevat direktiivin hengen mukaisten kunnostustavoitteiden saavuttamista. Keskieurooppalaisessa mallissa kunnostussuunnittelu perustuu tavoitekuviin (leitbild) ja yhdysvaltalaisessa mallissa suunnittelun pohjaksi selvitetään vesistön toivottu tulevaisuuden tila. Näiden tavoitteellisten tilojen määrittämisessä vesistön luontaiset ominaispiirteet ovat keskeisessä asemassa. Toimintamallit pyrkivät kuitenkin yhteensovittamaan lopulliset kunnostustoimet muihin tärkeisiin ja kunnostusta rajoittaviin toimintoihin siten, että kunnostussuunnitelmat ovat realistisia ja mahdollisia toteuttaa.</p> <p>Työn kirjallisuustutkimus käsittää kunnostussuunnittelun toimintamallien lisäksi keskeisiä teorioita jokisysteemin toiminnasta ja muotoutumisesta. Työn toisessa osassa kunnostussuunnittelumalleja ja teorioita on sovellettu Nuuksion kansallispuistossa sijaitsevan Myllypuron kunnostuksen suunnitteluun. Kunnostuksella pyrittiin palauttamaan suoristettu ja laajennettu uoma mahdollisimman lähelle alkuperäistä luonnontilaa. Eritystä huomiota kiinnitettiin uoman kulkuun, muotoon ja tulvimisen palauttamiseen. Kunnostuksen esikuvana oli luonnontilaisena säilynyt osuus samasta vesistöstä. Alkuperäisen luonnontilan selvittämiseen perustuva toimintamalli antoi hyvän pohjan kunnostussuunnittelulle. Kunnostusta rajoittavien tekijöiden erottelu ja ratkaisujen perustelu koettiin tärkeiksi kunnostuksen arvioinnin kannalta. Arvioinnin pohjalta voidaan kehittää kunnostusmenetelmiä tulevia hankkeita varten.</p>	
Asiasanat	vesipolitiikan puitedirektiivi, tavoitekuvatarkastelu, vesistöjen kunnostus, suunnittelu, virtavedet, purot, joet, jokimorfologia, hydrologia, vedenlaatu	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 737	
Julkaisun teema	Rakentaminen	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero		
Rahoittaja/ toimeksiantaja		
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-1891-1
		952-11-1892-X (PDF)
	Sivuja 96	Kieli Suomi
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 12 e
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, PL 800, 00043 Edita, vaihe 020 450 00 Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, telefax 020 450 2380 Sähköposti: asiakaspalvelu@edita.fi, www.edita.fi/netmarket	
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki	
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2004	

Presentationsblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum 15.12.2004	
Författare	Lasse Järvenpää		
Publikationens titel	Tavoittilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro (Målsättningar för restaurering av rinnande vattendrag – som exempel Myllypuro bäck i Noux)		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publicationen finns tillgänglig också på internet: http://www.ymparisto.fi/julkaisut		
Sammandrag	<p>Ramdirektivet för EU:s vattenpolitik, som trädde i kraft år 2000 förutsätter en mera omfattande bedömning av vattendragens tillstånd samt aktiva åtgärder för att förbättra tillståndet. Detta arbete undersöker åtgärdsmodeller som stöder restaureringsmål i direktivets anda. I den mellan-europeiska modellen utgår restaureringsplaneringen från målvisioner (leitbild) och i den amerikanska modellen utreds vattendragets önskade tillstånd till en grund för planeringen. Då dessa önskvärda tillstånd definieras intar vattendragets naturliga särdrag en central ställning. Handlingsmönstret strävar dock till att samordna de slutliga restaureringsåtgärderna med andra viktiga aktiviteter så, att restaureringsplanerna är realistiska och möjliga att genomföra.</p> <p>Arbetets litteraturstudie innehåller förutom restaureringsplaneringens handlingsmodeller också centrala teorier om älvsystemets ekologi och utformning. I arbetets andra del har restaureringsplaneringsmodeller och –teorier tillämpats i planeringen av restaureringen av Myllypuro bäck i Noux nationalpark. Restaureringens mål var att återskapa den utrotade och utvidgade flodbädden till ett tillstånd som är så nära naturtillståndet som möjligt. Särskild uppmärksamhet fästes vid hur flodbädden utformade sig och vid att översvämningarna återställdes. Som förebild hade man en bit av fåran som hade bevarats i naturtillstånd. Handlingsmodellen som baserade sig på den ursprungliga naturtillståndet gav en god grund för restaureringsplaneringen. I restaureringsuppdraget ansågs det vara viktigt för planeringen och i kontakterna med intressegrupperna att för restaureringen begränsande faktorer också klarades.</p>		
Nyckelord	ramdirektivet för vattenpolitiken, målsättningar, restaurering av vattendrag, planering, bäckar, älvar, morfologi, hydrologi, vattenkvalitet		
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 737		
Publikationens tema	Byggande		
Projektets namn och nummer			
Finansiär/ uppdragsgivare			
Organisationer i projektgruppen			
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-1891-1	952-11-1892-X (PDF)
	Sidantal 96	Språk Finska	
	Offentlighet Offentlig	Pris 12 e	
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Ab, PB 800, FIN-00043 Edita, Finland, växel +358 20 450 00 Postförsäljningen: Telefon +358 20 450 05, telefax +358 20 450 2380 Internet: www.edita.fi/netmarket		
Förläggare	Finlands miljöcentral, PB 140, FIN-00251 Helsingfors, Finland		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2004		

Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date 15.12.2004
Author(s)	Lasse Järvenpää	
Title of publication	Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro (Setting Goals for Stream Restoration – Case Study Brook Myllypuro in Nuuksio)	
Parts of publication/ other project publications	The publication is available in the internet: http://www.ymparisto.fi/julkaisut	
Abstract	<p>The EU Water Framework Directive requires from the member countries a more comprehensive assessment of the status of waters as well as active measures for improving it. This work focuses on such concepts for planning of restoration which support the efforts to reach the goals set in the directive. In a concept developed in Central Europe the restoration goals are guided by a target vision (leitbild concept) and in United States restorations are based on desired future conditions. In the concepts examined, the natural features of a water system have been clearly taken into account and the goal has been to restore them. Nevertheless, the concepts also try to adapt the final restoration methods to other functions important to the human community so that it is possible to carry out the restoration plans.</p> <p>Beyond the restoration planning concepts, the work contains a literature-based presentation of some important theories of the function and formation of river ecosystems. The restoration planning concepts and theories have been applied on the restoration of the brook Myllypuro in Nuuksio. The brook had been straightened and the project aimed at restoring as far as possible the natural conditions of the channel. Attention was especially paid to the shape of the channel and the restoration of the flooding. As a pattern for restoration, another reach of the same brook was used. This reach had remained in its natural state.</p> <p>A planning concept based on validated information about the original natural conditions provided a good basis for restoration planning. It was also considered important that the factors limiting the restoration were clearly distinguished. Well-motivated solutions and goals are thus an essential factor in the assessment of restoration and they can be used to develop restoration methods for the needs of future projects.</p>	
Keywords	Water Framework Directive, target vision, river restoration, planning, streams, rivers, river morphology, hydrology, water quality	
Publication series and number	The Finnish Environment 737	
Theme of publication	Building	
Project name and number, if any		
Financier/ commissioner	Ministry of Agriculture and Forestry	
Project organization		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-1891-1
		952-11-1892-X (PDF)
	No. of pages 96	Language Finnish
	Restrictions Public	Price 12 eur
For sale at/ distributor	Edita Publishig Ltd., P.O. Box 800, FIN-00043 Edita Finland, Phone +358 20 450 00 Mail orders: Phone +358 20 450 05, telefax +358 20 450 2380 Internet: www.edita.fi/netmarket	
Financier of publication	Finnish Environment Institute, P.O. BOX 140, FIN-00251 Helsinki, Finland	
Printing place and year	Edita Prima Ltd, Helsinki 2004	



RAKENTAMINEN

Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa - esimerkkinä Nuuksion Myllypuro

Vesistöjen käyttö, kuten uitto, tulvasuojelu, peruskuivatus ja vesi-voiman käyttö, on muuttanut suurinta osaa Suomen joki- ja purovesistöjä. Vesistöjen hoidon ja kunnostuksen suunnittelussa tarvitaan kunnostuskohteiden ominaispiirteisiin nojaavia, entistä perustellumpia tavoitteita, kun vesistön ekologista tilaa pyritään parantamaan.

Tutkimuksessa "Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro" esitetään yksityiskohtaisia toimintatapoja kunnostustavoitteiden määrittämiseksi ja joki- ja purovesien monimuotoisuuden lisäämiseksi. Lähtökohtana ovat uomien alkuperäiset, ehkä jo hävinneet luonnonolosuhteet, joita voidaan selvittää historiallisten tietojen ja luonnontilaisten uomaosuuksien avulla.

Nuuksion kansallispuistossa sijaitseva Myllypuro, jota on kunnostettu tämän tutkimushankkeen yhteydessä, toimii merkittävänä seurantakohteenä tutkimuksessa esitetyille toimenpiteille.



Julkaisua on saatavissa myös Internetissä:
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut>

ISBN 952-11-1891-1
ISBN 952-11-1892-X (PDF)
ISSN 1238-7312

Myynti:
Edita Publishing Oy
PL 800, 00043 EDITA, vaihde 020 450 00
ASIAKASPALVELU
puhelin 020 450 05, faksi 020 450 2380
Edita-kirjakauppa Helsingissä:
Annankatu 44, puhelin 020 450 2566

