

VESITALOUS

5/1996

Sisältö:

- **Jussi Lehtonen ja Tapio Katko:**
Vesihuollon yritystoiminnan kehitys Suomessa 1
- **Juha Järvelä ja Pertti Vakkilainen:**
Luonnonmukaisuus keskieuropalaisessa vesirakentamisessa 10
- **Petri Ekholm ja Jari Koskiahho:**
Ravinnepitoisuuden ja virtaaman kehitys maatalouden kuormittamassa joessa 17
- **Susanna Airiola ja Esko Lakso:**
Kaatopaikkakaasun muodostuminen Pohjois-Suomen kaatopaikoilla – vaikutukset hoito- ja sulkemistoimenpiteisiin 23
- **Martti Pulli:**
Epävakaat virtaustilanteet – Virttaa-Liittainen syöttövesijohto ... 26
- **Kare Päättalo:**
Lietteen jäädyttäminen – edullinen ja tehokas kuivausmenetelmä 30
- **Jyrki Röpelin ja Raimo Ihme:**
Kymmenes kansainvälinen turvealan kongressi Bremenissä 33
- **Abstracts** 35

Maa- ja vesirakennus • Vesiensuojelu • Vesihuolto • Vesilaki
Vesistötiede • Ympäristönsuojelu

Luonnonmukaisuus keskieurooppalaisessa vesirakentamisessa

Tiivistelmä

Keski-Euroopan vesistötöiden intensiivisyys ja pitkä historia ovat muokanneet vesiympäristöä voimakkaasti. Lisääntynyt ympäristötietoisuus, maatalousmaan tarpeen väheneminen ja kehittyvät jätevesien käsittely ovat kohdistaneet mielenkiinnon Keski-Euroopassa vesistöjen – niin pienten purojen kuin suurten jokienkin – luonnonmukaistamiseen. Viimeisimmän sysäyksen aiempien vesirakennustöiden luonnonmukaistamiseen ja luonnonmukaisempiin menetelmiin uudisrakentamisessa antoivat Reinin suuret tulvat alkuvuodesta 1995.

Luonnonmukaistamishankkeiden tavoitteina esiintyvät useimmiten luonnollisempi tulvasuojelu, vesistön dynamiikan palauttaminen, pohjaveden tason nostaminen, luonnon monimuotoisuuden lisääminen, hävinneiden biotooppien palauttaminen ja kalojen sekä muiden vesieläiden kulun mahdollistaminen. Näiden tavoitteiden täyttämiseksi Keski-Euroopassa on tutkittu ja kehitetty uusia menetelmiä rakennettujen vesistöjen luonnonmukaistamiseen ja uudisrakennushankkeisiin. Artikkelissa esitellään näitä periaatteita ja menetelmiä sekä teoriassa että käytännön esimerkkien valossa. Artikkelin perustuu kirjallisuuden ohella syyskuussa 1996 Keski-Eurooppaan tehdylle opintomatalla saatuihin kokemuksiin ja käytyihin keskusteluihin.

Johdanto

Vesirakentamisen tavoitteet ovat viime vuosikymmeninä muuttuneet huomattavasti. Aiemmin rakentamisen tarkoituksena oli vesien hyväksikäyttö ja ihmisten suojeleminen vedeltä, nykyisin painopiste on vesien suojelemisessa ihmisiltä.

Keski-Euroopassa vesirakennustoimenpiteiden intensiivisyys näkyy selvimmin betonoitujen ja suorien joki- tai purojen yleisyytenä (kuva 1). Vesiliikennettä varten uomia on suoritettu ja kivetty. Minimisyvyyden takaamiseksi on uomia muokattu mm. poikittaisilla kivisuikeilla. Maataloudessa pitkään jatkunut uuden viljelyalan valtaaminen sa-

moin kuin nykyiset kuivatustehokkuusvaatimukset ovat muuttaneet vesistöjä ja niitä ympäröiviä alueita voimakkaasti. Jokia on valjastettu voimataloutta varten laajasti. Väestön lisääntyminen ja keskittyminen on kärjistänyt asutuksen vesistövaikutuksia.

Vesien käytön lisääntyminen ei ole tapahtunut ongelmitta. Eräs tunnetuimpia viime aikaisia tapahtumia on Reinin suuri tulva alkuvuonna 1995. Tehokkaana maankäytön ja vesistötöiden takia on Reinillä 94 % tulva-alueista hävinnyt, jolloin virtaamahuiput ovat äärevöityneet (kuva 2). Muita ongelmia ovat mm. pohjaveden pinnan laskeminen, hallitsematon eroosio ja kosteikkojen ja tulvametsien häviäminen. Lisäksi aiemmin tehtyjä parannustoimia, esimerkiksi kalaportaita, on todettu huonosti toimiviksi. Reinin ongelmien suuruutta kuvaa Integroitu Rein-ohjelmassa vaadittavien toimenpiteiden kustannusarvio, joka päättyy 800 milj. DEM:iin. Ongelmien laajuudesta johtuen Keski-Euroopassa on nähty välttämättömäksi kehittää uusia periaatteellisia toimintamalleja ratkaisujen löytämiseksi.

Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä ekologinen vesirakentaminen, vesistöjen

luonnonmukaistaminen ja luonnonmukainen vesirakennus ovat jo arkipäivää. Näissä maissa toimintaa ohjaavat pitkälti vaateet tulvasuojelusta ja habitaattien palauttamisesta. Tehomaatalouden Hollannissa, jonka alasta n. 2/3 sijaitsee merenpinnan alapuolella, korostuvat tulvasuojelu, kastelu, vesiliikenne ja maan suo- laantumisen estäminen. Ranskan suhtautuminen Reinin tulvasuojeluun on ollut puheissa myönteistä, mutta käytännössä laimeampaa. Historialliset syyt, kuten Ensimmäisen maailmansodan rauhansopimus, vaikuttavat siihen, että esimerkiksi Rastattissa Reinin Saksan puolella palautetaan tulvametsän ekosysteemiä kun sen sijaan Ranskan puolella osallistutaan hankkeeseen korkeintaan tulva- penkereitä korottamalla.

Käsillä oleva artikkeli esittelee vesistöjen luonnonmukaistamisen periaatteita ja menetelmiä Keski-Euroopassa. Lisäksi esitellään kunnostuksen ja uudisrakentamisen esimerkkikohteita ja alan tutkimusta Saksassa ja Itävallassa. TKK:n vesitalouden ja vesirakennuksen laboratoriossa aihepiiriin tutkimus aloitettiin vuonna 1995. Tämä artikkeli perustuu kirjallisuuden lisäksi syyskuun 1996



Kuva 1. Rännimäinen uoma ei tarjoa elinmahdollisuuksia monimuotoiselle kasvistolle ja eliöstölle.

alussa tehdyllä kahden viikon Keski-Euroopan opintomatalla saatuihin kokemuksiin ja käytyihin keskusteluihin.

Luonnonmukaistamishankkeiden tavoitteet

Merkittäviksi tavoitteiksi vesistöjen käytön ohjailussa ovat nousseet pohjaveden pinnan nosto, vesistön luonnollisen dynamiikan ja alueelle tyypillisten habitattien palauttaminen ja luonnon monimuotoisuuden lisääminen. Usein luonnonmukaistushankkeiden tavoitteena on edelleen tulvasuojelu – mutta luonnonmukaisemmin menetelmin.

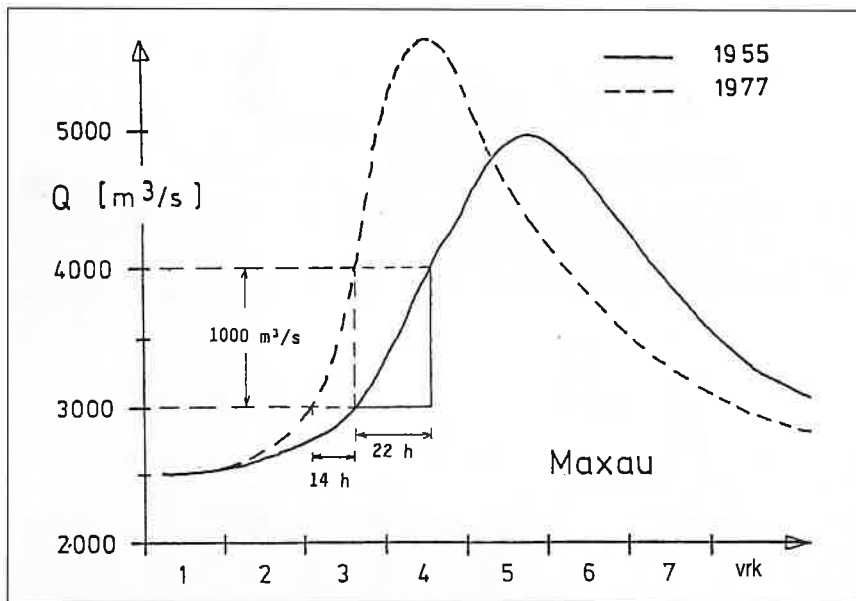
Pohjaveden tason nostoa pidetään yleisesti tärkeänä tavoitteena luonnonmukaisempaan tilaan tähdättäessä. Merkittäviä pohjavettä alentaneita tekijöitä ovat maatalous ja jokien oikaisu. Suoristetuissa joissa kasvaneen virtausnopeuden aiheuttama pohjaerosio on lisääntynyt merkittävästi, jolloin joki on kaivautunut syvemmälle. Tämä on heijastunut ympäröivien alueiden pohjaveden pinnan laskuna, jolloin siitä ovat kärsineet sekä alueen kasvillisuus että vedenhankinta. Pohjaveden pinnan palauttaminen ei kuitenkaan ole ongelmattonta. Tältä osin luonnonmukaistushankkeet ovat usein saaneet osakseen suurta vastustusta alueen viljelijöiltä ja kellareiden tulvimista pelkääviltä asukkailta.

Käytännössä tavoitteena luonnonmukaistamisessa on usein kosteikkojen, erityisesti alkuperäisten tulvametsien palauttaminen. Siellä missä se ei ole mahdollista, rakennetaan korvaavina biotoppeina keinotekoisia kosteikkoja tai kosteikkomaisia tulvavedenpidätysaltaita. Ne palvelevat sekä tulvasuojelua taistoittaessaan virtaamia että luonnon monimuotoisuuden lisäämistavoitetta.

Näiden lisäksi yleinen tavoite on vesistössä olevien esteiden, esimerkiksi pa-



Kuva 3. Kalaportaita on kehitetty kaikkien vesieläiden kulun mahdollistaviksi 'vesiekologisiksi vesikäytäviksi' – huhtikuussa 1996 valmistunut kalatie Regensburgissa.



Kuva 2. Tehokas maankäyttö ja tulva-alueiden häviäminen ovat äärevöittäneet Reinin tulvia. Tilanne Maxaussa vuosina 1955 ja 1977 (Bernhart 1993).

tojen tai jopa voimalaitosten, poistaminen tai kiertäminen. Vesistöt nähdään laajemmin ekologisina käytävinä eli niiden on mahdollistettava eliöiden liikkuminen niin ylä- kuin alavirtaankin. Perinteisesti tämä on käsitetty kalaportaina, mutta Saksassa ajatus on laajennettu kaikkien vesieläiden kulun mahdollistamiseen (vrt. kuva 3). Pelkkiin kalaportaisiin on jo vaikea saada rahoitusta.

Luonnonmukaistamisen lähtökohdat ja perusta

Luonnonmukaisen virtavesistön tunnusmerkkejä ovat jokiuoman ja sitä ympäröivän maan sopusointuisuus, luonnollinen rantakasvillisuus ja jokiuoman mukittelu. Kasvillisuus on sopeutunut kestämään virtaavan veden painetta ja ajoittaisia tulvavesiä. Uoman ja penkereiden muoto on äärimmäisen vaihteleva (Rouvé 1987). Virtaava vesi on voimakas eroosion aiheuttaja, mutta se on myös elinehto monille kasveille ja eläimille. Se on monipuolinen elinympäristö erityisesti

virtausnopeuden vaihteluiden vuoksi. (Begemann & Schiechl 1994).

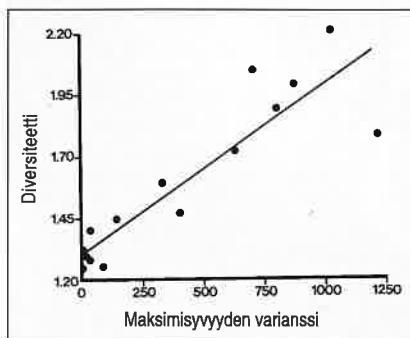
Virtavesistön luonteesta kertoo meanderien, koskien, suvantojen, hiekkaja sorapenkereiden määrä. Elinalueiden vaihtelevuus luo alueelle vaihtelevan eliökannan. Esimerkiksi uoman syvyyden vaihtelu luo useammille lajeille sopivat elinolosuhteet. Itävallassa tehtyjen tutkimusten mukaan joen maksimisyydyden varianssin kasvu kasvattaa lineaarisesti myös eliöyhteisöjen monimuotoisuutta (kuva 4).

Eliöiden ja niiden ympäristön väliset suhteet on pyrittävä aina säilyttämään luonnollisina. Vesirakentamisessa tämä voi toteutua vain luonnonmukaisesti rakentamalla, yhdistelemällä elottomia, luonnosta peräisin olevia rakennusmateriaaleja eläviin kasveihin. Tavoitteena on säilyttää sellainen ekosysteemi, jossa alueelle tyypilliset eläin- ja kasvilajit pystyvät elämään (Schiechl 1982). Kasvit ja kasviyhdykunnat muodostavat perustan luonnollisen rantakasvillisuuden nopealle kehitykselle, mikä on tärkeää koko vesistölle ja sen ekologiselle rakenteelle.

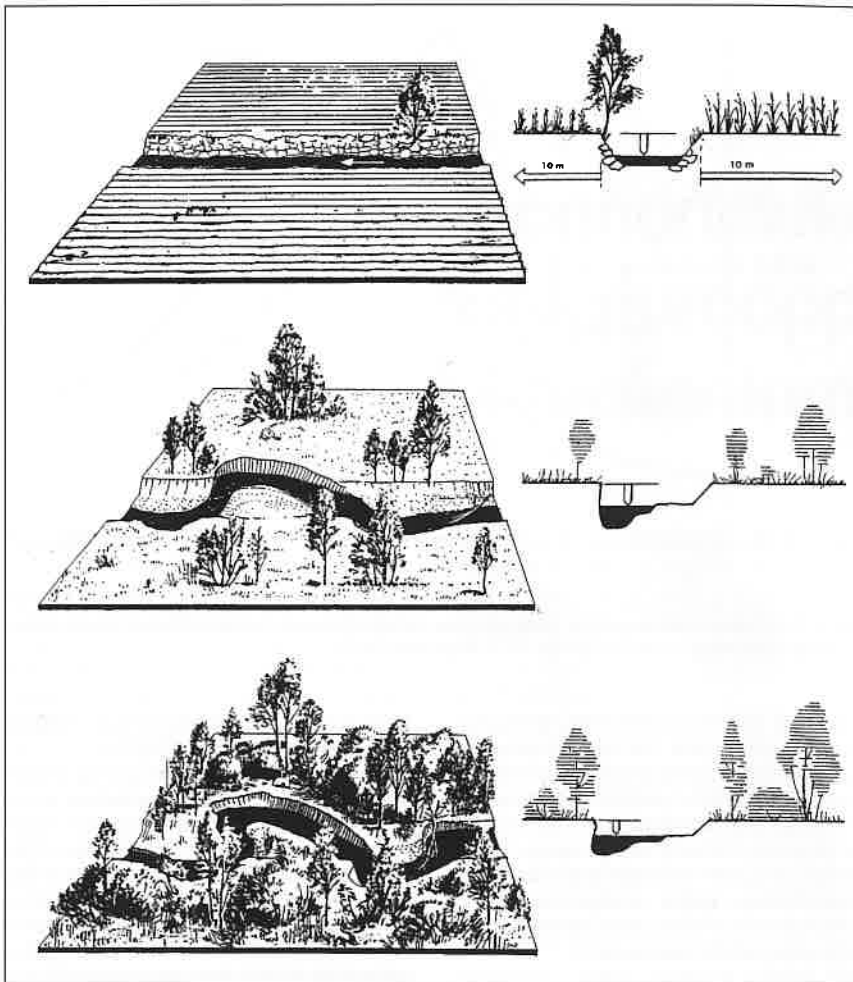
Luonto mukauttaa lajirikkaita elinalueita asteittain uusille kasvi- ja eläinlajeille sopiviksi. Tällä tavoin rakentuneen eliöyhteisön uusiutumiskyky on hyvä (Rossoll & Werth 1992). Eliöyhteisölle luonteenomaiset toiminnot, muun muassa kasvillisuuden hapentuotto sekä sen antama näkö-, tuuli-, immissio- ja melusuoja säilyvät tai paranevat. Myös vesistön kyky vastustaa likaantumista paranee.

Suunnitteluperiaatteet

Saatettaessa vesistöä luonnonmukaisempaan tilaan ovat menetelmät voimakkaasti riippuvaisia lähtötilanteesta ja tavoitteista. Keski-Euroopassa kunnostettavat uomat ovat usein intensiivisesti rakennettuja, jolloin vähäisinkin kunnostustoimin saadaan merkittäviä muutoksia luonnonmukaisempaan suuntaan.



Kuva 4. Kalakunnan monimuotoisuuden ja maksimisyydyden vaihtelun riippuvuus 15 testialueella seitsemässä Keski-Euroopan joessa. Diversiteetille on laskettu indeksiluku, jossa on huomiotu lajimäärän lisäksi niiden suhteellinen yleisyys. (Jungwirth & Winkler 1983).



Kuva 5. Jokien luonnonmukaistuksessa hyödynnetään joen omaa kehitystä. Luonnollista sukkessiota rajoitetaan tarvittaessa ns. insinööribiologisin menetelmin, lähinnä kasvillisuus-suojauksin (Wasserwirtschaftsamt Amberg 1996).

Kunnostustöissä voidaan erottaa kaksi periaatteellista lähestymistapaa. Kunnostaminen voidaan nähdä 'luonnonmukaisteknisenä' rakentamistoinena, jolla vesistö saatetaan jostakin tilasta johonkin toiseen melko tarkoin ennalta suunniteltuun tilaan. Toinen lähestymistapa, ekologinen vesirakennus, näkee kunnostustyöt sysäyksenä, joka mahdollistaa luonnon omien prosessien toiminnan kunnostustöissä. Tällöin ei esimerkiksi suoraan palauteta joelle jotakin tiettyä luonnonmukaista muotoa, vaan annetaan joen tiettyissä rajoissa luontaisen sukkession kautta hakea itselleen sopivan kulun ja muodon. Jälkimmäinen tapa, jossa kunnostustoimet perustuvat vesistön luontaisen dynamiikan ja morfologian palauttamiseen ja "vapauksien sallimiseen", on nousemassa Etelä-Saksassa johtavaksi periaatteeksi.

Aiemmissa luonnonmukaistushankkeissa on usein pyritty rakenteellisiin toimiin suoraan luonnonmukaiseen lopputulokseen. Jokien luonnonmukaistamisessa uoman muuttelu on palautettu ja tämän jälkeen rannat on suojattu ns. insinööribiologisin menetelmin, lähinnä kasvillisuudella. Vesistön luontaisen dynamiikan ja morfologian kehityksen mahdollistaminen nähdään nykyisin tärkeänä edellytyksenä alkuperäisen lajis-

ten ja sen runsaussuhteiden palauttamiseksi.

Wurzerin (1985) mukaan luonnonmukainen vesirakentaminen perustuu hankkeiden tarkoituksenmukaisuuteen ja taloudellisuuteen, jotka saavutetaan noudattamalla kolmea pääperiaatetta. En-



Kuva 6. Betonoitu uoma tarvitsee vähän tilaa, mutta on kasvu- ja elinpaikkana yksipuolinen.

simmäisenä periaatteena on, että luonnontilainen vesistö, jossa tulvavedet aiheuttavat vain satunnaisia ja vähäisiä vahinkoja, säilytetään luonnontilaisena, sillä se pystyy puolustautumaan vahinkoja vastaan ilman keinotekoisia suojaustoimenpiteitä. Toisen periaatteen mukaan vesistössä on kyettävä turvaamaan riittävä vedenjohtokyky. Tällöin kunnossapito voi rajoittua olemassa olevan tilanteen säilyttämiseen. Kolmas periaate on, että toimenpiteitä suunniteltaessa ja toteutettaessa otetaan teknisten vaatimusten lisäksi huomioon limnologiset ja ekologiset lainalaisuudet uusinta tietoa ja kokemuksia käyttäen.

Luonnonmukaisen jokirakentamisen suunnittelun pääperiaatteet poikkeavat olennaisesti niistä suunnitteluperiaatteista, jotka perustuvat ns. tasausviivan käyttöön. Luonnonmukaisen vesirakentamisen eräänä periaatteena on suunnitella uoma siten, että vesivaihtelee mahdollisimman paljon. Useimmissa joissa ja puroissa vesistön pohja vaikuttaa eniten elinalueen ominaisuuksiin. Epätasainen pohja ja sitä suojaava ranta-alue saavat aikaan pienoisbiotooppien mosaikin.

Luonnonmukaistamisen menetelmiä

Luonnonmukaistamisessa käytettävät menetelmät riippuvat suuresti kunnostuksen mittakaavasta. Pienillä ja keskikokoisilla joilla yleistä on joen linjauksen ja luiskien luonnonmukaistaminen (kuva 5). Suurikokoisella Reinillä tärkeitä tavoitteita ovat vesiliikenne, energiantuotanto ja tulvasuojelu, jota toteutetaan mm. entisiä tulva-alueita palauttamalla ja hidastamalla veden virtausta valuma-alueelta jokeen. Asutuksen keskellä virtaavalla pienellä kaupunkipurolle tavoitteet voivat olla puhtaasti habitaattien palauttamiseen liittyviä.

Usein luonnonmukaistaminen lähtee liikkeelle oikaistun, tehokkaasti eroosiolta suojatun rännimäisen joen tai puron tilanteesta. Yleensä joelle palautetaan



Kuva 7. Tavoitteena on joen vapaa virtaus. Tarvittaessa rantoja voidaan vahvistaa ns. insinööribiologisin menetelmin kuten pajukatteella ja -rusungilla.

mahdollisuuksien mukaan sen alkupe-
räistä muotoa meandereineen ja tulva-
niittyjä luiskia loiventamalla. Nykyisin
hyväksytään joen luonnollinen eroosio ja
uoman luontainen siirtyminen siellä mis-
sä se on mahdollista.

Asutus- ja viljelyalueilla luonnonmu-
kaistetun uoman hallitsemattoman eroo-
sion estämiseksi käytetään ns. insinööri-
biologisia suojausmenetelmiä (vrt. kuvat
6–7). Näitä menetelmiä, mm. pajurisun-
keja, käytettiin laajasti jo 1800-luvulla,
mutta ne jäivät sittemmin vähemmälle
huomiolle. Vanhoja insinööribiologisia
menetelmiä on täydennetty ja kehitetty
vastaamaan nykyajan vaatimuksia.

Luonnonmukaisemman tulvasuojelun
menetelmiä ovat valunnan hidastaminen
kosteikkojen ja tulvametsien (kuva 8)
avulla. Saksan vesilaissa on vuodesta
1983 lähtien kunnilla ollut tietyissä olois-
sa velvoite pidättää sadevesiä alueellaan.
Vakavasti tähän velvoitteeseen on alettu
suhtautua viime aikaisten tulvien jälkeen.
Keinotekoiset sadevedenpidätysaltaat
(kuva 9) ovat eräs käyttöön tullut mene-
telmä. Altaat ovat suurimman osan vuot-
ta ruohovartisen kasvillisuuden peittämää
kosteikkoa, jotka tarvittaessa tasaavat vir-
taamapiikkejä varastoimalla sadevesiä.

Samalla kun kosteikot, tulvametsät ja
pidätysaltaat edistävät tulvasuojelua, pa-
lautuu niiden myötä alueelle tyypillisiä
biotooppeja. Tulvasuojelussa ovat edel-
leen kuitenkin tarpeen penkereet ja muut
rakennustoimenpiteet, mutta käytettävät
menetelmät ovat nykyisin huomattavasti
luonnonmukaisempia kuin aiemmin. Ra-
kenteiden muotoilu tehdään vaihtelevak-
si ja eroosiosuojauksia pyritään tekemään in-
sinööribiologisin menetelmin.

Vesistöjen luonnonmukaistamisessa
voimalaitokset ja padot muodostavat tär-
keän esteen. Aiemmin ratkaisuna pidet-
tiin kalaportaita ja jopa -hissejä. Nytem-
min luonnonmukaisuuden kannalta tär-



Kuva 8. Tulvametsäbiotooppien palauttamis-
ta pidetään Keski-Euroopassa tärkeänä – met-
sää Greifensteinin vesivoimalan yläpuolella
Tonavalla.



Kuva 9. Sadevedenpidätysaltaat tasoittavat ylivirtaamia ja luovat samalla monipuolisia kos-
teikkobiotooppeja.

keänä nähdään mahdollistaa kaikkien ve-
sieliöiden liikkuminen. Esteet ohittavat
tiet ovat ekologiaa käyttäviä, joiden on
kyttävä mahdollistamaan muidenkin
eliöiden kuin kalojen liikkuminen vesis-
tössä. Käytännön menetelminä on pit-
kienkin sivuohituspuurojen tai pienten jo-
kien rakentaminen. Näiden rakentami-
sessa pyritään luonnolliseen ulkonäköön
minimoimalla mm. betonin käyttö tai luo-
pumalla siitä kokonaan.

Luonnonmukaisella vesirakentamisel-
la suojataan vesistöjen rantoja virtaavan
veden, jään ja veden kuljettaman ainek-
sen aiheuttamalta mekaaniselta rasituk-
selta. Rakenteiden vakavuus ja toiminta-
kyky perustuvat useita vuosia elävään ja
kasvavaan rakennusmateriaaliin. Maape-
rässä levittyvä juuristo sitoo maata teh-
okkaasti, ja pitkällä tähtäyksellä eroosio
ja sortumat vähenevät kasvillisuuden
luonnollisen uusiutumisen seurauksena.
(Rossoll & Werth 1992). Erona nykyisiin
tekniisiin ratkaisuihin on luonnonmukai-
semman eroosiosuojauksen käsityöval-
taisuus ja rakennusmateriaalin elävyys.
Biologiset suojausmenetelmät saavutta-
vat lopullisen tehonsa vasta muutaman
kasvukauden kuluttua, kun tekniset rat-
kaisut ovat heti toimintavalmiita.

Rakennuskustannuksissa saatetaan pe-
rinteiseen vesirakentamiseen verrattuna
säästää. Elävät materiaalit saadaan useim-
miten rakennusmaastosta, mikä lyhentää
kuljetusetäisyyksiä ja siten -kustannuksia.
Istutukset virtavesien rannalla suojaavat
vesistöä maatalouden kuormitukselta, ku-
ten lannoitteilta ja kasvinsuojeluaineilta.
Toimenpiteet edistävät lisäksi kalatalout-
ta ja vesistön virkistysarvo kasvaa.

Rakennettujen vesistöjen luonnonmukaistaminen

Rakennettujen vesistöjen luonnonmukaista-
mista ohjaavat suurelta osin käyttöta-
voitteet ja vesistön koko. Reinin ja To-
navan kaltaisilla suurilla kansainvälisillä

joilla mahdollisuudet ovat toisenlaiset
kuin pikkujoen tai -puroilla. Samoin alu-
een maankäyttö – asutus-, kaupunki-, vil-
jely-, metsäalueet – rajoittaa mahdolli-
suuksia. Vaikka esimerkiksi Saksassa ve-
sistöjen luonnonmukaistaminen nähdään
yleisen edun kannalta niin tärkeänä, että
valtio vastaa jopa 80 % kustannuksista,
voi hanke kaatua maanomistajien ja asuk-
kaiden vastustukseen.

Luonnonmukaistamista kyllä kannate-
taan, mutta samalla pelätään maanvilje-
lykselle tai rakennuksille mahdollisesti
aiheutuvia haittoja. Ongelmat ovat kui-
tenkin tapauskohtaisia, ja usein merkittä-
viä parannuksia tilanteeseen voidaan teh-
dä ilman suurempia haittoja. Rakennet-
tujen vesistöjen luonnonmukaistamisen
erilaisia piirteitä käytännön oloissa esi-
televät seuraavat tapaukset.

Isar-joen luonnonmukaistaminen

Isar-joen yläjuoksulla, parikymmentä ki-
lometriä Münchenin eteläpuolella
Ausmühlessä luonnonmukaistetaan jo-
kea palauttamalla sen linjausta ja raken-
tamalla kalatie vesivoimatarkoitusta var-
ten rakennetun padon ohi. Itävallan vuor-
istoseuduilta alkunsa saava Isar-jokea
luonnehtivat mm. veden mukana liikku-
vat soraikot. Münchenin kohdalla, 110
km joen latvalta, valuma-alue on 2800
km², keskivirtaama 90,5 m³/s ja pudotus-
ta on kertynyt 550 m.

Kunnostustointen kaksi merkittävintä
osiota Ausmühlessä ovat joen morfolo-
gian palauttaminen ja kalatien rakenta-
minen. Joen luonnollista muotoa palau-
tetaan betonisia eroosiosuojauslevyjä
poistamalla ja antamalla luonnollisen
eroosion muotoilla uomaa. Kunnostus-
toita oli tehty vain vähimmäismäärä. Jo-
en rannoilla oli nähtävissä 1800-luvun lo-
pulta peräisin olevia puisia pystypaaluja,
joita on käytetty tukemaan pituussuun-
taista puu- ja pajukasvillisuussuojauksia.
Myöhemminkään ei ole tarkoitus edes in-



Kuva 10. Isar-jokea luonnonmukaistetaan poistamalla eroosiosuojauksia ja antamalla virtauksen muotoilla uomaa. Oikealla jokea syötetään soralla aiemman pohjaerosion korvaamiseksi.



Kuva 11. Insinööribiologisesti suojatulla Vils-joella Ambergissa annetaan joen nousta tulva-aikana puistoon, kävelytie on tulvauoman kohdalta suojattu kiveyksellä.

sinööribiologisiin menetelmin suojata rantoja, vaan luonnollista eroosiota pidetään jatkossa toivottavana.

Joen pohja on uoman suoristamisen takia erodoitunut ja nyt uomaa "syötetään" tuomalla kuorma-autoilla jokeen soraa veden kuljetettavaksi. Työt kohteella on aloitettu vasta elo-syyskuussa 1996, mutta luonnonprosessien voimakkuus oli jo nähtävissä. Luonnollinen eroosio oli palauttanut selvästi havaittavaa meanderointia jokeen (kuva 10).

Teknisempänä ratkaisuna hankkeeseen liittyi kalatien rakentaminen Ickingin padon viereen. Vielä rakenteilla oleva kalatie oli pituudeltaan n. 70 m ja se oli rakennettu lohkotusta kivistä puromaiseen muotoon välialtaineen. Betonia oli käytetty vähäisessä määrin kiven sitomiseen. Mitoitusvirtaama kalatiessä oli 400 l/s, minkä lisäksi putkessa johdettiin kalatien suulle 500 l/s houkutusvirtaama.

Luonnonmukaistuksen toteutuksessa ei yritetä viedä kunnostustoimia kerralla

päätökseen teknisenä rakentamistoimena, vaan saatetaan työ vain alkuun. Luonto saa itse hoitaa kunnostustoimet tiettyissä rajoissa, jotka määräytyvät mm. asutuksen ja maanviljelyksen vaateista. Tarkkoja insinööriteknisiä tai biologisia tutkimuksia ei pääsääntöisesti pidetty suunnittelua varten tarpeellisina. Kokonaiskustannukset kunnostustoimille Ausmühlen kohteessa ovat 5,5 miljoonaa DEM (n. 16,8 milj. mk).

Vils-joen kunnostusprojekti

Kokonaisuutena Vils-joen kunnostaminen on laaja projektikokonaisuus, joka muodostuu viidestä osa-alueesta: vesi-alue, rannat, kosteikot, valuma-alue ja vedenlaatu. Vesialueen kunnostamiseen liittyvät esimerkiksi vesistön morfologian ja dynamiikan palauttaminen. Rantavyöhykkeitä levennetään ja niiden annetaan kehittyä luontaisen sukkession kautta. Valuma-alueella tehdään mm.



Kuva 12. Gutenbach-puron linjausta siirrettiin asuntorakentamisen takia ja samalla trapsiprofiilinen uoma luonnonmukaistettiin.

eroosiota ja ravinteiden sekä muiden haitallisten aineiden kulkua vähentäviä toimia. Kunnostus- ja tutkimusalueen pituus on 70 km. Joen keskivirtaama on 6,4 m³/s (HQ 90 m³/s) ja kaltevuus tutkimusalueella vaihtelee välillä 0,5–1,5 ‰.

Landesgartenschau Amberg '96 -puutarhanäyttelyn eräs tärkeä teema oli Vils-joen luonnonmukaistaminen ja siihen liittyvät toimet kaupunkialueella. Näyttelyssä esiteltiin kattavasti sekä opastauluin että käytännössä jokien ja purojen luonnonmukaistamista ja luonnonmukaisia rakentamismenetelmiä. Tärkeimmät luonnonmukaisen vesirakentamisen kohteet olivat kosteikko, 1900-luvun alussa oikaistun meanderin palauttaminen, jokeen rakennetun padon ohittava sivupuro, sadevedenpidätysallas ja insinööribiologiset suojausmenetelmät. Kunnostusmenetelmistä näyttelyssä hyvin esillä olivat tulva-alueiden palauttaminen ja matalan veden vyöhykkeiden luominen (kuva 11). Lisäksi Vils-joen vanha uoma oli kunnostettu puroksi.

Vuosisadan alussa katkaistu meanderi oli palautettu jokeen vuonna 1993. Sen rantojen suojauksessa käytettyjä insinööribiologisia menetelmiä esiteltiin näyttelyssä opastauluin. Vesirajavyöhykkeellä suojaukseen oli käytetty mm. 30–50 cm pajunoksapistokkaita, pajurisunkia ja havupuuta vedessä eroosiota vähentämässä. Ylempänä rantavyöhykkeellä käytettiin mm. noin 2-metrisiä, halkaisijaltaan 15–20 cm paksuja latvastaan haaromaan lähteviä pajuja, jotka oli 'tankoina' istutettu kuoppiin samoin kuin pajunoksapistokkaat.

Gutenbach-puron siirto ja kunnostus

Oberkochenissa Stuttgartin lähistöllä uutta asuntoaluetta rakennettaessa muutettiin kylän keskellä virtaavan Gutenbach-puron linjausta rakennustöiden takia. Pu-

ron osittaisen siirtämisen yhteydessä vuonna 1969 trapetsipoikkileikkaukseksi rakennettua uomaa luonnonmukaistettiin 840 metrin matkalta. Kunnostusalueella puron valuma-alue on 12 km² ja suurin tunnettu virtaama 60 m³/s. Vuoristopuron kaltevuus ennen kunnostustoimia oli keskimäärin 14,5 % (6,5–15 %).

Kunnostustyöt aloitettiin syksyllä 1986 ja ne jatkuivat vielä vuonna 1988 kasvillisuustutuksilla. Yksinkertainen trapetsiprofiili (luiskat 1:1,5) muutettiin vaihteleviksi poikkileikkauksiksi (luiskat 1:1,5–1:3). Linjauksen muuttaminen loivensi keskimääräisen kaltevuuden 12,5 %:n (7,7–16,6 %). Ennen kunnostusta keskiveden aikainen vesisyvyys oli 20 cm, kun se töiden jälkeen vaihteli välillä 10–80 cm. Aiempi rantasuojaus korvattiin luonnonkivi- ja kasvillisuus suojauksella. Keskiveden pintaa myöten istutettiin eroosiosuojauks- ja varjostamistarkoituksessa pajua ja tervaleppää. Aurinkoisille paikoille istutettiin kukkivia vesikasveja (kuva 12). Niittyalueiden kylvöön valittiin kasvisosiologien ja kasvupaikkatietojen perusteella sopiva heinäseos. Hankkeen kustannukset ilman kasvillisuustutuksia olivat 200 000 DEM (n. 610 000 mk). Maastohavaintojen perusteella puron siirtämistä ei havainnut. Hankkeen onnistuneisuutta kuvaa osaltaan kahden kuningaskalastajan (Alcedo atthis) lentely purolla käyntimme aikana. Lähimmät talot sijaitsevat 20 metrin päässä purosta.

Luonnonmukaisuus uudisrakentamisessa

Vesistöjen luonnonmukaisuustavoite ohjaa nykyisin voimakkaasti myös uudisrakentamista Keski-Euroopassa. Uudisrakentamisen yhteydessä ei välttämättä ole kyse vain haittojen vähentämisestä, vaan samalla häviävien tai jo aiemmin kadonneiden biotooppien uudelleenluominen voi tulla kyseeseen. Saksassa asiaa on vietty lainsäädännöllisesti pisimmälle. Jos rakentamistoimista aiheutuu jonkin biotoopin häviäminen, veloitetaan tekijä toteuttamaan vastaavan, ns. korvausbiotoopin muualle. Mittavimmat uudisrakennustyöt ovat esimerkiksi voimalaitosten kaltaisia hankkeita, mutta luonnonmukaisen vesirakennuksen periaatteita sovelletaan pieniinkin kohteisiin, esimerkiksi pientenkin jokien tulvasuojeluun. Tapaamillamme vesirakennussinööreille tämä vaikutti olevan jo itsestään selvää arkipäivää. Uudisrakentamisen luonnonmukaisempaan lopputulokseen tähtääviä toimia on esitelty seuraavissa esimerkeissä.

Freudenaun vesivoimala Tonavalla

Wienin kaupungin alueella Tonavaan rakenteilla oleva Freudenaun vesivoimala on mittava vesirakennushanke. Joen keskivirtaama Wienissä on 1990 m³/s ja ylivirtaamat voivat olla yli 10 000 m³/s. Laitoksen rakennusvirtaama on 3000 m³/s ja putouksen korkeus 8,5 m. Vuonna 1998 val-



Kuva 13. Wienissä Freudenaun rakenteilla olevan vesivoimalan viereen luodaan 1,5 km pitkä puomainen kalatie – taustalla voimalan tulokanava.



Kuva 14. Marchfeld-kanavan rakentamisessa on luotu loivia ja vaihtelevia penkereitä, mikä tarjoaa elintilaa vyöhykkeiselle kasvillisuudelle ja eliöstölle.

mistuvan laitoksen rakennuskustannukset ovat noin 12,6 miljardia shillinkiä (n. 5,6 mrd mk).

Voimalan rakentamisesta vuonna 1993 järjestetyssä kansanäänestyksessä 60 % wieniläisistä puolsi rakennushanketta. Energiataloudellisten syiden lisäksi voimalaitoksen rakentamista perusteltiin ympäristösyillä. Hankkeen päätavoite on energiantuotanto, mutta samassa yhteydessä voimalapadon avulla hidastetaan joen rantojen ja pohjan eroosiota, palautetaan laskenutta pohjaveden pintaa ja aiemmin hävinnyttä tulvametsää. Voimalan yhteyteen rakennetaan n. 1,5 km pitkä jokimainen kalatie. Kalatie on suunniteltu vesiekologiseksi käytäväksi, joka mahdollistaa muidenkin vesieliöiden kulun (kuva 13). Tämän ohella alueelle rakennetaan korvausbiotooppi, jolla pyritään kompensoimaan voimalan rakentamisesta aiheutuva habitattien katoaminen.

Marchfeld-kanava

Wienin itäpuolella sijaitseva n. 1000 km² laajuinen Marchfeldin alue on Itävallan tärkeimpiä maatalousalueita. Alueen länsiosaa luonnehtivat tiheä asutus ja nykyaikainen teollisuus. Pääasiallisesti teollisuudesta, maataloudesta ja paikallisesta juomaveden hankinnasta aiheutunut lisääntynyt vedenkulutus on johtanut pohjaveden pinnan laskuun. Nykyään pohjaveden pinta laskee n. 10 cm vuodessa, pahimmillaan lasku on ollut jopa 50 cm vuodessa. Alentuneen pohjaveden pinnan lisäksi ongelmia aiheuttaa pohjaveden saastuminen.

Näitä ongelmia yritetään ratkaista johtamalla alueelle Tonavasta vettä tarkoitusta varten rakennettua Marchfeldkanavaa pitkin ja imeyttämällä se pohjavedeksi. Hankkeen tavoitteena on rakentaa kanavajärjestelmä pintaveden johtamiseen Marchfeldin alueelle, pysäyttää poh-



Kuva 15. Hydraulisisissa ongelmissa tarvitaan edelleen pienoismallitutkimuksia kehittyneistä tietokoneohjelmista huolimatta – tulvatutkimusta Aachenissa.

javedenpinnan lasku, luoda korvaavia luonnonalueita kuivattujen kosteikkojen tilalle, suojella jäljellä olevia kosteikkoja ja parantaa alueen veden laatua.

18 km pitkä kanava on pyritty rakentamaan luonnonmukaisen vesirakennuksen periaatteita noudattaen. Penkereet on muotoiltu epäsäännöllisen loiviksi ja niihin on jätetty tasanteita vyöhykkeiselle kasvillisuudelle (kuva 14). Rannoille on istutettu vesi- ja rantakasveja ja kanavaan on pyritty luomaan erilaisia habitaatteja.

Kanava-alueen leveys vaihtelee 30 ja 200 m välillä pohjan ollessa 10–30 m leveä. Keskimäärin 5 metrin syvyydessä kanavassa vesisyvyys on 1–2 m. Virtaama kanavassa vaihtelee vedenkulutuksen mukaan 3 m³/s ja 15 m³/s välillä, virtausnopeudet ovat 0,3–1,0 m/s. Kanavan alkuun on rakennettu 60 000 m² laskeutusallas veden selkeyttämiseksi. Kanavassa on neljä patoa, joiden ohitse on rakennettu kalatiet. Puromaisiksi muotoillut ohitustiet on rakennettu käyttäen materiaaleina luonnonkiviä ja kasvillisuutta.

Kanavaprojektin toteutus alkoi vuonna 1987 ja sen päätyöt saatiin tehdyksi

vuonna 1992. Hanke on tarkoitus saattaa valmiiksi vuonna 1997. Projektin kokonaiskustannukset on arvioitu noin 2,8 miljardiksi shillingiksi (n. 1,2 mrd. mk). Hankkeen suunnittelun yhteydessä on suoritettu ympäristövaikutusten arviointi ja alueen asukkaita on informoitu ja kuultu koko prosessin ajan.

Tutkimus

Vesistöjen luonnonmukaistamisen tutkimus on kehittynyt Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä pitkälle. Saksassa tutkimustyö aiheen parissa on aloitettu jo 1970-luvulla. Useissa korkeakouluissa ja yliopistoissa on tehty tutkimuksia aiheesta maastossa, pienoismalleilla ja tietokone-malleilla.

Korkeakoulujen opetuksessa aihepiiri voi muodostaa oman kokonaisuutensa. Esimerkiksi Aachenin Teknillisessä korkeakoulussa voi opiskelija valita syven-tymiskohteekseen "Naturnaher Wasserbau und Wildbachverbauung" ('luonnonmukainen vesirakennus ja luonnon-purojen rakentaminen'). Tutkimuspuolella Aachenissa on perehdytty erityisesti vesistöjen luonnonmukaistamiseen liittyviin hydraulisiin ongelmiin, koska luonnonmukaiset, epäsäännölliset ja mutkittavat joet poikkeavat hydraulisilta ominaisuuksiltaan olennaisesti poikkeilekkauksiltaan säännöllisistä, oikaistuis-ta ja vähäkasvisista uomista.

Karlsruhen yliopistossa asiaa on pienoismallikokeiden (kuva 15) lisäksi lähestytty biologisesta näkökulmasta. Siellä on tutkittu mm. vesistön pohjalla valitsevan leikkauksen ja eliölajiston välisiä riippuvuussuhteita ja tehty kalatietutkimuksia elävillä kaloilla labora-toriassa.

Uudisrakentamispuolen esimerkkinä voidaan mainita Wienin Teknillisen korkeakoulun merkittävä panos Tonavan uuden voimalan yhteyteen tehdyn kalatien ja kosteikon samoin kuin Wienin lähistöllä sijaitsevan Marchfeld-kanavan suunnittelussa.

Vesiviranomaiset ovat tehneet käytännönläheisempää tutkimus- ja kehitystyötä runsaasti. Näiden lisäksi muut yhteisöt, mm. vuonna 1985 perustettu WWF-Auen-Institut Saksassa tekee 13 hengen voimin tutkimusta jokien ja tul-

va-alueiden ekologiasta. Vesistöjen luonnonmukaistamista pidetään näissä maissa niin tärkeänä, että riittävät resurssit ja rahoitus tutkimuksiin on järjestynyt hyvin.

Keski-Euroopan opintomatalle osallistui Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorion opiskelijoi-ta, tutkijoita ja henkilökuntaa yhteensä 14 henkilöä. Osallistujat kiittävät Vesitalous-lehden julkaisijaa Maa- ja vesiteknikan tuki ry:tä apurahasta, joka osaltaan mahdollisti matkan toteutumisen.

Kirjallisuus

Begemann, W. & Schiechl, H.M. 1994. Ingenieurbiologie: Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau. 2., neuarbeitete Auflage. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin. 203 s.

Bernhart, H. 1993. Teoksessa: Stand der Technik im Landschaftswasserbau. Planung, Verfahren und Ausführung. Landschaftswasserbau, Band 15. Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau. s. 237–254.

Jungwirth, M. & Winkler, H. 1983. Die Bedeutung der Flußbettstruktur für Fischgemeinschaften. Teoksessa: Österr. Wasserwirtschaft 35, H. 9/10: s. 229–234.

Rosoll, A. & Werth, W. (toim.). 1992. Schutzwasserbau, Gewässerbetreuung, Ökologie. Grundlagen für wasserbauliche Massnahmen an Fließgewässern. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Österreichischen Wasserwirtschaftsverband. Wien. 232 s.

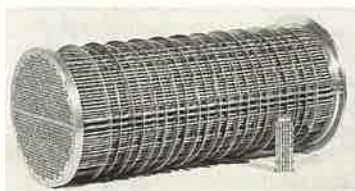
Rouvé, G. (toim.) 1987. Hydraulische Probleme beim naturnahen Gewässerausbau. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Weinheim. 267 s.

Schiechl, H.M. 1982. Ingenieurbiologische und kombinierte Bauweisen an Fließgewässern. Teoksessa: Ökologie von Fließgewässern – Ingenieurbiologische Sicherungsmassnahmen. Landschaftswasserbau, Band 3. Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau. s. 141–186.

Wasserwirtschaftsamt Amberg 1996. Vilsprojekt. Ökologisch begründete Sanierungskonzepte kleiner Fließgewässer – Fallbeispiel Vils/Oberpfalz, Arbeitsblätter für die Praxis. 15 x 4 s.

Wurzer, E. 1985. Natur- und landschaftbezogener Schutzwasserbau – Wesentliche Grundsätze des Leitfadens. Teoksessa: Revitalisierung von Fließgewässern. Landschaftswasserbau, Band 5. Zweite erweiterte Auflage. Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau. s. 1–16. □

- Mäntätoimiset lietepumput 5–200 m³/h
- Putkilämmönvaihtimet öljylle ja vedelle
- Generaattorien kiertoilmanjäähdyttimet
- Generaattorien vetyjäähdyttimet
- Äänenvaimennukset



Palosaaren Metall Oy

Teollisuustie 3

66530 Koivulahti

Puh. 06-3460 700 Fax 06-3460 701