

Haihdutus ja maaperäimeytys turvetuotannon vesienkäsittelyssä

Samuli Kemppainen
Harri Lippo
Risto Hiljanen
Pirkko Selin

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA

Haihdutus ja maaperäimeytys turvetuotannon vesienkäsittelyssä

Samuli Kemppainen
Harri Lippo
Risto Hiljanen
Pirkko Selin

Kemppainen, S., Lippo, H., Hiljanen, R. & Selin, P. 1998. Haihdutus ja maaperäimeytys turvetuotannon vesienkäsittelyssä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 687. 98 s. ISSN 0358-4283, ISBN 951-40-1628-9.

Kuivatusvesien käsittely on ollut yksi turvetuotannon keskeisiä ympäristökysymyksiä 1980-luvulta lähtien. Vuonna 1991 turveteollisuus sekä useat yliopistot ja tutkimuslaitokset käynnistivät Sihti-ohjelmaan kuuluvan Aqua Peat 95 -tutkimuksen, jossa tarkoituksena oli kehittää uusia, käytännön oloihin soveltuvia ja tuotantotekniikkaa täydentäviä vesienkäsittely-menetelmiä. Tutkimukset, joissa selvitettiin mm. haihdutuksen ja maaperäimeytyksen sekä haihdutusaltaan soveltuvuutta vesien käsittelyyn, jatkuivat vuosina 1994 - 1996 kuuluen Aqua Peat II -projektiin.

Haihdutus- ja maaperäimeytysmenetelmässä hyödynnetään tuotantoalueiden läheisiä metsäalueita kuivatusvesien sadetuskohteina. Menetelmä osoittautui käyttökelpoiseksi kuivatusvesien puhdistuksessa ja lisäksi kustannukset olivat kilpailukykyisiä. Puhdistustulokset olivat hyviä etenkin kokonaisravinteiden ja kiintoaineen osalta, mutta käsittely lisäsi veden happamuutta ja kemiallista hapen kulutusta. Sadetus lisäsi puuston kasvua, mutta sillä oli heikentäviä vaikutuksia mäntyjen kuntoon etenkin kosteina pysyvissä notkelmissa. Kasvillisuudessa tapahtui myös muutoksia - alueelle ilmaantui uusia, kosteissa oloissa viihtyviä lajeja ja vastaavasti alueelta hävisi lajeja. Jatkossa lisätutkimuksia vaativat mm. sadetusalueen puhdistuskyvyn säilyminen ja menetelmän pitkäaikaisvaikutukset, kuten muutokset kasvillisuudessa ja puustossa.

Haihdutusallasmenetelmä mahdollistaa tuotantoalueiden läheisten matalien turvekenttien hyödyntämisen vesinkäsittelyssä. Tulokset osoittivat, että haihdutusallas ei sellaisenaan ole yleisesti hyödynnettävissä vesienkäsittelymenetelmänä. Se voi soveltua mataloituneiden tuotantokenttien vesienkäsittelyn tehostamiseen muutaman vuoden aikana, jolloin altaana voidaan käyttää tuotannosta jo vapautuneita lohkoja. Menetelmän käyttö on tutkimisen arvoinen erityisesti niissä kohteissa, joissa kuivatus on hoidettu pumppaamalla ja tulevana jälkikäyttömuotona on esimerkiksi lintuvesi.

Avainsanat: haihdutus, maaperäimeytys, sadetus, turvetuotanto, vesienkäsittely, vesistökuormitus

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema. Hanke 3218. Hyväksynyt tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 1.6.1998.

Taitto: Irene Murtovaara

Kansikuva: Haihdutus- ja maaperäimeytysmenetelmän periaatekuva. Piirros Repa Virolainen. Valokuvassa korkeapainesadettimet toiminnassa Utajärven Erkansuon koalueella A. Kuva Samuli Kemppainen.

Painopaikka: Oulun Liikekirjapaino Oy.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Kaija Westin, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puh. (09) 8570 5721, faksi (09) 8570 5717.

Kirjoittajien yhteystiedot:

Metsäntutkimuslaitos

Samuli Kemppainen, Muhoksen tutkimusasema. Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos.

Puh. (08) 5312 217, faksi (08) 5312 211. E-mail: samuli.kemppainen@metla.fi

Harri Lippo, Muhoksen tutkimusasema. Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos.

Puh. (08) 5312 220, faksi (08) 5312 211. E-mail: harri.lippo@metla.fi

Mikko Moilanen, Muhoksen tutkimusasema. Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos.

Puh. (08) 5312 200, faksi (08) 5312 211. E-mail: mikko.moilanen@metla.fi

Pentti Niemistö, Parkanon tutkimusasema. Kaironientie 54, 39700 Parkano.

Puh. (03) 4435 256, faksi (03) 4435 200. E-mail: pentti.niemisto@metla.fi

Vapo Oy

Risto Hiljanen, PL 22, 40101 Jyväskylä.

Puh. (014) 623 623, faksi (014) 623 5707. E-mail: risto.hiljanen@vapo.fi

Lauri Ijäs, Kalevankatu 25, 60100 Seinäjoki.

Puh. (06) 214 4611. E-mail: lauri.ijas@vapo.fi

Pirkko Selin. PL 22, 40101 Jyväskylä.

Puh. (014) 623 623, faksi (014) 623 5707. E-mail: pirkko.selin@vapo.fi

Copyright: Metsäntutkimuslaitos

Sisällys

Johdanto	7
Haihdutus ja maaperäimeytys	9
1 Erkansuon tutkimusalue	9
2 Säähavainnot ja haihdunta	13
2.1 Aineisto ja menetelmät	13
2.2 Tulokset ja niiden tarkastelu	13
3 Maaperä	17
3.1 Aineisto ja menetelmät	17
3.2 Tulokset ja niiden tarkastelu	17
4 Kentän hydraulinen suunnittelu	20
4.1 Aineisto ja menetelmät	20
4.2 Tulokset ja niiden tarkastelu	20
5 Veden laatu	24
5.1 Johdanto	24
5.2 Aineisto ja menetelmät	24
5.3 Tulokset ja niiden tarkastelu	25
5.3.1 Koealue A	25
5.3.2 Koealue B	26
5.3.3 Ulkopuolinen eristysoja, laskuoja ja Suojärvi	29
5.3.4 Pohjavesi	30
5.4 Yhteenveto veden laadun muutoksista	31
6. Puusto	32
6.1 Aineisto ja menetelmät	32
6.2 Tulokset ja niiden tarkastelu	34
6.2.1 Männyn ravinnetila	34
6.2.2 Puuston kunto	37
6.2.3 Puiden sädekasvu	40
6.3. Yhteenveto puustotutkimuksista	42
7 Kasvillisuus	45
7.1 Aineisto ja menetelmät	45
7.2 Tulokset ja niiden tarkastelu	45
Lajistomuutokset	45
7.3 Yhteenveto kasvillisuudesta	55
8 Kasviplankton	56
8.1 Aineisto ja menetelmät	56
8.2 Tulokset ja niiden tarkastelu	56
8.3 Yhteenveto kasviplanktonista	62
9 Eläinplankton	62
9.1 Aineisto ja menetelmät	62
9.2 Tulokset	63
9.3 Yhteenveto eläinplanktonista	64

10 Haihdutus- ja maaperäimeytysmenetelmän toimivuus	64
11 Johtopäätökset ja suositukset	66
Kirjallisuus	69
Haihdutusallas	71
1 Haaponevan tutkimusalue	71
2 Haihdutusaltaan hydraulinen suunnittelu	73
2.1 Aineisto ja menetelmät	73
2.2 Käsitelty vesimäärät	73
3 Veden laatu	76
3.1 Johdanto	76
3.2 Aineisto ja menetelmät	76
3.3 Tulokset ja niiden tarkastelu	77
4 Linnusto	81
4.1 Aineisto ja menetelmät	81
4.2 Haihdutusaltaan lajisto	82
4.3 Muuton aikainen lajisto	82
4.4 Lajiston monimuotoisuus ja suojeluarvo	83
5 Kasvillisuus	88
5.1 Aineisto ja menetelmät	88
5.2 Tulokset ja niiden tarkastelu	88
6 Kasvi- ja eläinplankton	90
6.1 Aineisto ja menetelmät	90
6.2 Tulokset ja niiden tarkastelu	90
6.3 Eläinplanktonlajisto	92
7 Haihdutusaltaan toimivuus	94
8 Johtopäätökset ja suositukset	95
Kirjallisuus	97

Johdanto

TEKESin energia- ja ympäristöntutkimusta rahoittavaan SIHTI-ohjelmaan kuuluva Aqua Peat II -tutkimus alkoi vuonna 1994 suorana jatkona vuosina 1991 - 1993 käynnissä olleelle Aqua Peat 95 -tutkimukselle (Selin ym. 1994). Tarkoituksena on ollut kehittää turvetuotantoon soveltuvia vesienkäsittelymenetelmiä ja tutkia niiden vaikutuksia.

Tässä raportissa käsiteltävien haihdutus- ja maaperäimeytyskentän ja haihdutusaltaan kehittämiseen on käytetty tutkimusrahaa kaikkiaan 2,11 milj. mk ja tutkimuksen ovat rahoittaneet Vapo Oy ja TEKES. Aqua Peat II -projektissa Utajärven Erkansuon ja Haapaveden Haaponevan tutkimusten kustannukset ovat olleet 0,66 milj. mk. Erkansuon ja Haaponevan tutkimukset on tehty yhteistyössä Vapo Oy:n ja Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) Muhoksen tutkimusaseman kanssa. Metlassa työ on kuulunut osana metsätalouden vesistövaikutuksia selvittelleeseen tutkimukseen.

Aqua Peat 95:n tulokset osoittivat, että turvetuotantoalueen kuivatusvesien käsittely sekä haihdutuksen ja metsämaahan imeytyksen että haihdutusaltaan avulla vähentää tuotantoalueelta alapuoliseen vesistöön tulevaa kuormitusta. Maaperäimeytys lisää etenkin lehtipuiden kasvua (Selin ym. 1994). Aqua Peat II -tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää menetelmien laajempaan käyttöön liittyen seuraavat keskeiset kohdat:

- kuinka tehokkaasti haihdutus- ja maaperäimeytyskenttä ja haihdutusallas toimivat vesienkäsittelymenetelminä
- mitä muutoksia menetelmien käyttö aiheuttaa pohjaveden tasoon ja laatuun, maaperään, aluskasvillisuuteen sekä puustoon
- minkälaisille alueille menetelmät soveltuvat
- mitkä ovat haihdutusaltaan ja haihdutus- ja maaperäimeytyskenttien mitoitusohjeet
- aiheutuuko menetelmistä muita vaikutuksia ympäristöön.

Tutkimuksesta ovat vastanneet:

- FL Pirkko Selin, Vapo Oy, projektiryhmän puheenjohtaja
- DI Risto Hiljanen, Vapo Oy
- FK Samuli Kemppainen, projektitutkija
- FM Harri Lippo, Metla, Muhoksen tutkimusasema.

Lisäksi tutkimukseen ovat aihepiireittäin osallistuneet:

- insinööri Ari Alatalo, Vapo Oy, suunnittelu
- tutkija Lauri Ijäs, Vapo Oy, kasvillisuus
- FM Marjaana Ilola, Vapo Oy, limnologia
- harjoittelija Teemu Kuusinen, Vapo Oy, kenttätyöt vuonna 1996
- tutkija Olli Madekivi, Vapo Oy, hydraulinen mitoitus
- tutkija, MH Mikko Moilanen, Metla, Muhoksen tutkimusasema, puuston ravinnetila
- tutkija, MH Pentti Niemistö, Metla, Muhoksen tutkimusasema, puuston kasvu ja kunto
- FM Päivi Peronius, Suo Oy, maaperä ja pohjavesi
- FK Jorma Pessa, Oulun yliopiston Perämeren tutkimusasema, linnusto
- Luk Petri Tähtinen, Vapo Oy, limnologia
- suunnittelupäällikkö Kari Väisänen, Vapo Oy, tekninen toteutus
- turvetyöntekijä Eino Ämmänpää, Vapo Oy, kenttätyöt

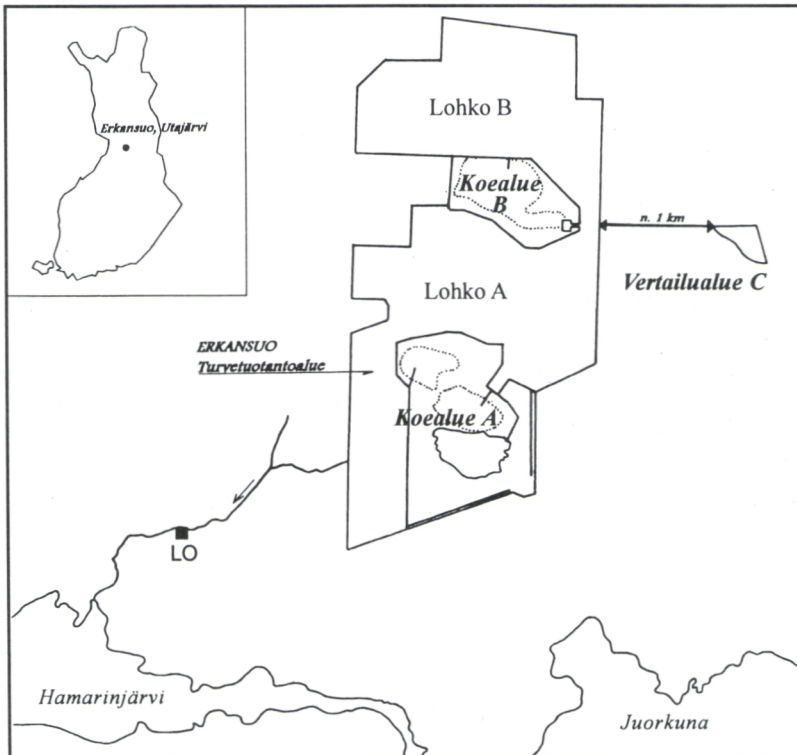
Julkaisun kirjoitustyössä on avustanut sihteeri Leena Hakulinen, Vapo Oy ja tekstin ulkoasun painoa varten on viimeistellyt tutkimusmestari Irene Murtovaara Metlan Muhoksen tutkimusasemalta. Piirrookset on tehnyt Repa Virolainen, Retussipalvelu Oy.

HAIHDUTUS JA MAAPERÄIMEYTYYS

Harri Lippo, Risto Hiljanen, Samuli Kempainen,
Pirkko Selin, Mikko Moilanen, Pentti Niemistö ja Lauri Ijäs

1 Erkansuon tutkimusalue

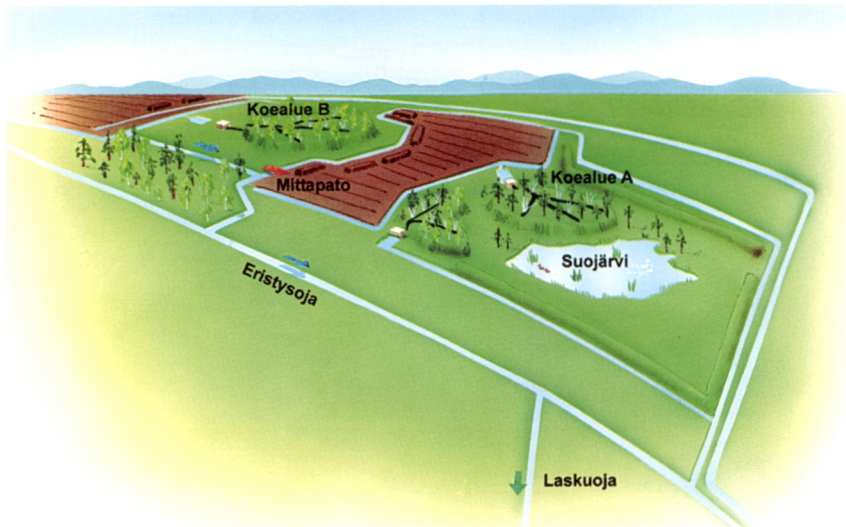
Tutkimusalue sijaitsee Utajärvellä Juorkunan kylässä Vapo Oy:n Erkansuon turvetuotantoalueella (kuva 1.1). Erkansuo kuuluu Kiiminkijoen vesistöalueella (3 845 km²) sijaitsevan Jokikylän-Hamarinjärven valuma-alueeseen (60.032). Utajärvellä tehoisan lämpötilan summa on keskimäärin 950 °C vrk ja termisen kasvukauden pituus 143 vrk. Vuotuinen sademäärä on hieman alle 550 mm ja haihdunta maa-alueilta on noin 300 mm. Sademäärä ja haihdunta lumien sulamisesta heinäkuun loppuun ovat pitkäaikaisen keskiarvon perusteella likimain yhtä suuret (Suomen Kartasto 1987).



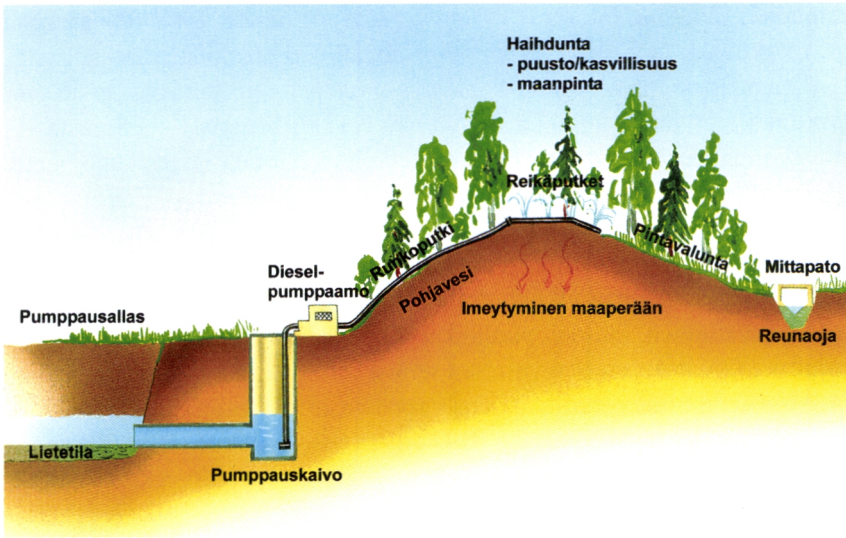
Kuva 1.1. Utajärvellä sijaitseva Vapo Oy:n Erkansuon turvetuotantoalue. LO on laskuojan vesinäyteenottopiste.

Erkansuon turvetuotantoalueen kokonaispinta-ala on 332,4 ha, josta tuotantokelpoista on yhteensä 178,5 ha. Tuotannossa vuonna 1996 olivat sarkaojitettut lohkot A (61,5 ha) ja B (57,6 ha), ja neljää myyräsalaojitettua lohkoa (53,4 ha) on valmisteltu tuotantoon vuodesta 1995 alkaen. Vuodesta 1992 lähtien on Erkansuon kuivatusvedet käsitelty haihdutuksen ja maaperäimeytyksen avulla. Kuivatusvedet on johdettu kokoojaojien ja laskeutusaltaiden kautta pumppausaltaisiin, joista vesi on sadetettu läheisille metsämaastossa sijaitseville koealueille A ja B (kuvat 1.2 ja 1.3). Koealueille A ja B asennettiin vuonna 1992 kolme sadetinta, mutta vuonna 1995 sadettimet korvattiin reikäputkilla. Tuotantoalueen ulkopuoliset vedet on johdettu laskeutusaltaiden ohi.

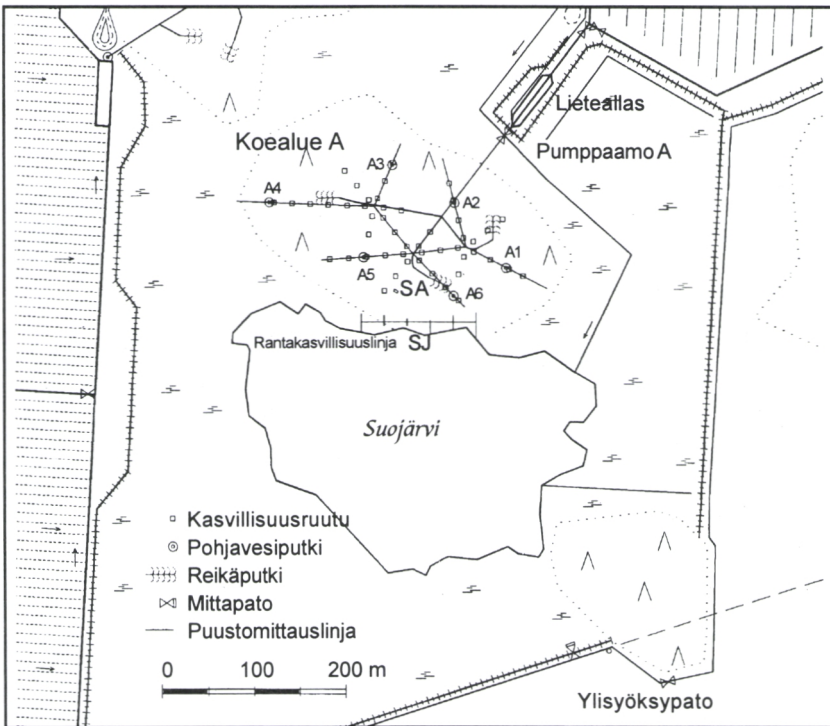
Koealue A (5,9 ha) kuuluu osana laajempaan, eristysojalla ja pengerryksillä ympäröityyn alueeseen, jolla sijaitsee kaksi kangasmetsäsaarekettä, Suojärvi (7,5 ha) ja luonnontilaista suota (kuva 1.4). Lohkon A kuivatusvettä on sadetettu vain tutkimuksessa olevalle kangasmetsäalueelle, joka kohoaa 4 - 5 metriä ympäristöään korkeammalle ja jonka reunaosissa rinteet viettävät paikoitellen melko jyrkästi. Vallitsevana maalajina koealueella A on hiekka- ja hietamoreeni. Kuivatusvesi on poistunut kentältä haihtumalla, maaperään imeytymällä ja maakerrosten läpi suotautumalla sekä osittain pintavaluntana pengerryksin ympäröityyn ja laskuojattomaan Suojärveen. Myös alueen pohjoisosan reunaojaan suotautunut vesi on johdettu Suojärveen. Mikäli vesi järvessä on noussut liian korkealle, se on päässyt poistumaan penkereeseen vuonna 1996 asennettujen ylisyoäksypadon (säädettävän settipadon) ja ylivuotoputken kautta. Vuodesta 1996 alkaen on myyräsalaojitettujen lohkojen kuivatusvedet pumpattu koealueen A vieressä olevalle toiselle kangasmetsäsaarekkeelle.



Kuva 1.2. Utajärven Erkansuon turvetuotantoalueen haihdutus- ja maaperäimeytysmenetelmän koealueet A ja B.



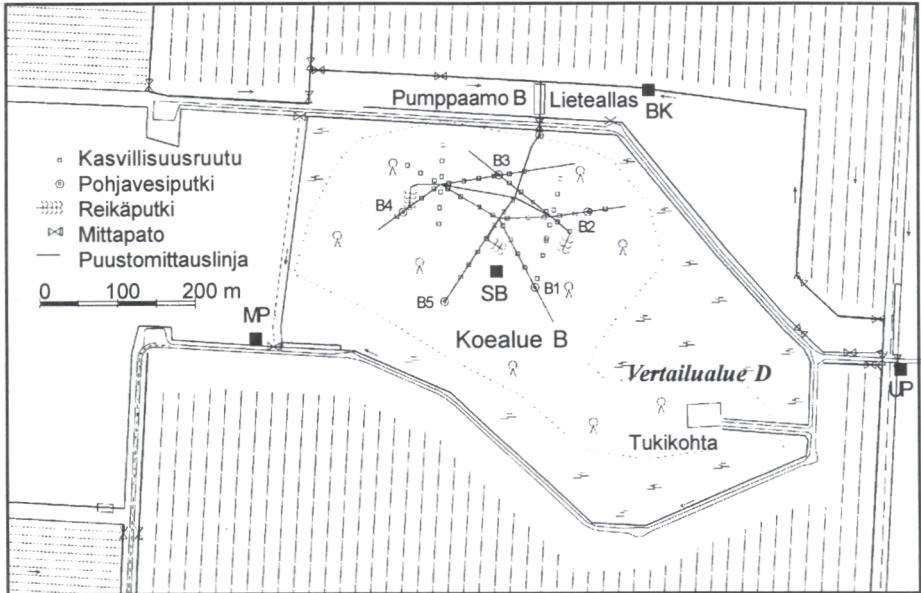
Kuva 1.3. Utajärven Erkansuon haihdutus- ja maaperäimeytysmenetelmän periaatekuva.



Kuva 1.4. Utajärven Erkansuon koealue A. Pumppaamon, sadetinten, pohjavesiputkien (A1-A6), kasvillisuusruutujen, rantakasvillisuuslinjan ja vesinäytteenotto-pisteiden sijainti (SJ=Suojärvi, SA=sadetin A).

Koealueen B (24,1 ha) tehokas ja toimiva pinta-ala on sääolosuhteista riippuen 4 - 10 ha (kuva 1.5). Kenttä on topografialtaan tasaista soistuvaa kangasta, ja maalaji on pääosin hietamoreenia. Aluetta ei ole pengerrytetty, vaan se on ympäröity reunaojalla, johon kentältä suotautuva vesi kulkeutuu. Reunaojasta vedet poistuvat mittapadon kautta laskuojaan ja edelleen Kiiminkijoen pääuomassa sijaitsevaan Hamarinjärveen, jonne kentältä on matkaa noin 2 km.

Tutkimuksessa on vertailualueina käytetty tuotantoalueen läheisyydessä, mutta sadetuksen vaikutuspiirin ulkopuolella olleita alueita C (kuva 1.1) ja D (kuva 1.5.) Mäntyvaltainen, lähinnä puolukkatyypin oleva kangasmetsäalue C (n. 4 ha) sijaitsee Olvasjärven tien varressa noin 1 km:n päässä Erkansuon tukikohdasta. Alue C on ollut vertailualueena vuodesta 1991 lähtien, ja sen maalaji on hietamoreenia. Koivuvaltaista aluetta D on käytetty puuston kasvututkimuksessa vuodesta 1992 lähtien, ja sen kasvillisuus on saman tyyppinen kuin koealueella B.



Kuva 1.5. Utajärven Erkansuon koealue B. Pumppaamon, sadetinten, pohjavesiputkien (B1-B5), kasvillisuusruutujen, mittapadon, vertailualueen D ja vesinäytteenottopisteiden (MP=mittapato, BK=kokoojajoja, UP=ulkopuolinen eristyssoja ja SB=sadetin B) sijainnit.

2 Säähavainnot ja haihdunta

2.1 Aineisto ja menetelmät

Erkansuolla seurattiin sademääriä vuosina 1991 - 1996 jatkuvatoimisella piirturilla ja lisäksi käytettiin Pelson säähavaintoaseman mittaustietoja. Sääolosuhteita tutkittiin vuosina 1992 ja 1993 koealueille asennetuilla automaattisilla säähavaintoasemilla, jotka rekisteröivät tietoja tuulen nopeudesta, lämpötilasta, suhteellisesta kosteudesta, säteilyn määrästä, maan lämpötilasta sekä haihduttavan pinnan kosteudesta. Lisäksi haihduntaa mitattiin evaporimetrillä (aluskasvillisuus) ja haihdunta-astioilla (vapaa pinta) ja maaperän kosteutta seurattiin tensiometri-
en avulla eri syvyyksistä (Kempainen 1994).

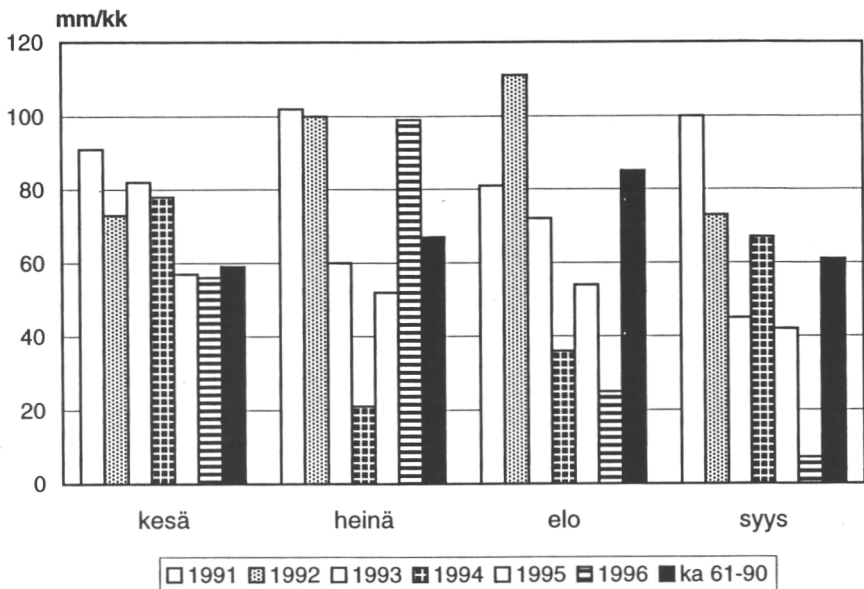
Puulajikohtaisen transpiraation tutkimiseen sovellettiin ensimmäistä kertaa Suomessa ns. Sap-flow -menetelmää (Cermak ym. 1973). Menetelmä perustuu oletukseen, että puun rungossa virtaavan nesteen määrä on suoraan verrannollinen puun transpiraatioon. Puun johtosolukon lämmittämällä synnytetty pysyvuuntainen lämpötilagradientti mitataan ja nesteen virtausmäärä voidaan tällöin suoraan laskea lämmitystehon ja lämpötilagradientin avulla. Mittauksilla saatiin arviot puiden käyttämistä vesimääristä (Selin ym. 1994, Kempainen 1994).

2.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

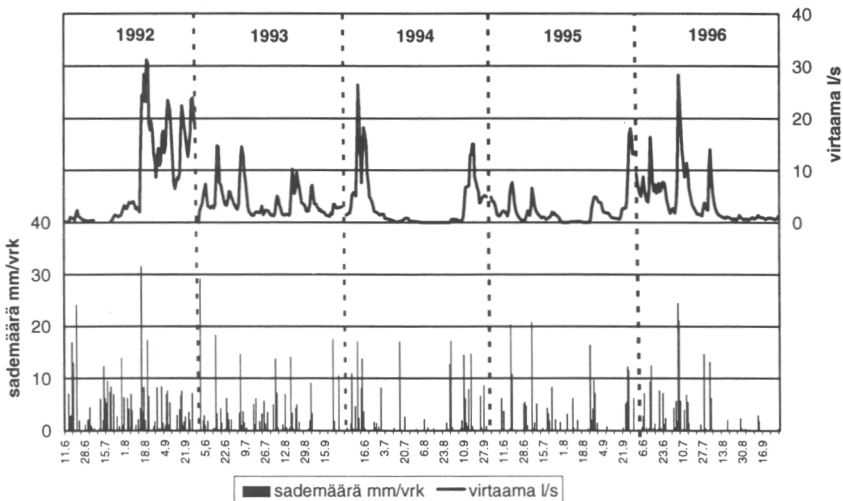
Pelson säähavaintoaseman tulosten (Ilmatieteen laitos 1991 ja 1992) mukaan kesä 1991 oli keskimääräistä sateisempi, ja se olikin koko tutkimusjakson sateisin. Kokonaissademäärä oli kesä-syyskuussa 1991 yhteensä 374 mm. Kesä-, heinä- ja syyskuu olivat myös koko tutkimusjakson sateisimpia vuonna 1991 ja elokuu oli sateisin vuonna 1992. Niiden sadannat olivat myös selvästi suurempia kuin pitkäaikaiset keskiarvot (kuvat 2.2 ja 2.3).

Kesä-syyskuun jakso 1996 oli vastaavasti vähäsateisin, ja vettä satoi yhteensä vain 187 mm. Pitkäaikaista keskiarvoa selvästi vähäsateisempia olivat heinä- ja elokuu 1994 sekä elo- ja syyskuu 1996.

Kangasmetsään johdettu kuivatusvesi pienensi aikaisemmin raportoitujen Sap-flow -mittausten (Selin ym. 1994) perusteella lyhytaikaisesti puiden kautta tapahtuvan haihdunnan määrää keskimäärin 20 - 40 %. Selvintä pieneneminen oli männyllä (kuva 2.4). Sadetuksen loputtua kuusen haihdunta palautui alkuperäisen kaltaiseksi, mutta männyn ja koivun transpiraatio pysyi sadetuksen päätyttyäkin pienempänä kuin ennen sadetusta. Haihdunnan pieneneminen vertailualueeseen verrattuna havaittiin tilanteessa, jossa maan kosteus sateiden johdosta oli suhteellisen korkea jo sadetuksen alkaessa. On mahdollista, että puiden

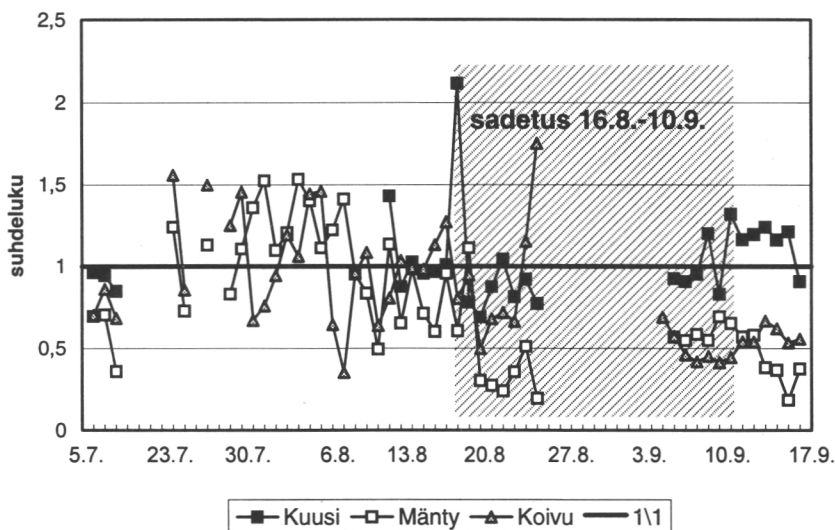


Kuva 2.2. Kesä-syyskuun kuukausisadanta Utajärven Erkansuolla 1991 - 1996 ja keskiarvo vuosilta 1961 - 1990 (Suomen Kartasto 1987, Ilmatieteen laitos 1991 ja 1992).



Kuva 2.3. Tuotantokauden sademäärät ja koalueen B mittapadon virtaama Utajärven Erkansuolla vuosina 1991 - 1996.

fyysologiset toiminnot estyivät juurten hapen puutteen vuoksi. Tämä taas aiheutti mm. ilmarakojen osittaisen sulkeutumisen ja transpiraation pienenemisen. Mitausajankohta saattoi myös osaltaan heikentää haihduntatuloksia, koska puiden kasvukausi oli sadetuksen aikana jo päättynyt.



Kuva 2.4. Koealueiden puuston suhteellinen transpiraatio Sap-flow -mittausten perusteella Utajärven Erkansuolla 6.7. - 17.9.1993 (Selin ym. 1994).

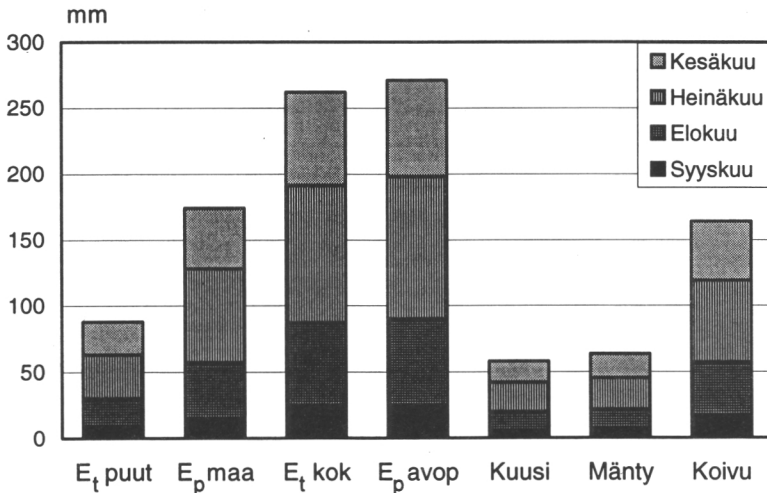
Kokonaishaihdunnan arvioimiseksi koealueille laskettiin säähavainto-, haihdunta- ja Sap-flow -mittausten avulla vaihtoehtoisia tilanteita (taulukko 2.1). Ensimmäiseksi tarkasteltiin alueen todellista tilannetta ottaen huomioon puulajisuhteet ja puuston määrä. Toisessa tapauksessa alue oletettiin avohakatuksi ja puuttomaksi ja tällöin huomioitiin vain kosteasta alustasta tapahtunut potentiaalinen haihdunta. Seuraavissa laskennallisissa malleissa oletettiin että koko puusto olisi yksinomaan joko kuusta, mäntyä tai koivua.

Taulukko 2.1. Utajärven Erkansuon koealueen A todelliset ja kasvustopinnoille lasketut haihduntasummat (mm) 1.6.-17.9.1993. (E_t puut = puuston todellinen haihdunta, E_p maa = kostean maanpinnan potentiaalinen haihdunta, E_t kok = alueen kokonaishaihdunta, E_p avop = kostean avohakkuupinnan potentiaalinen haihdunta sekä Kuusi, Mänty ja Koivu = yhdestä puulajista koostuvan puuston todellinen haihdunta (Kempainen 1994).

Jakso	E_t puut	E_p maa	E_t kok	E_p avop.	Kuusi	Mänty	Koivu
Kesäkuu	39	30	69	73	34	38	96
Heinäkuu	53	46	99	108	47	51	131
Elokuu	33	28	62	65	30	33	84
Syyskuu	14	9	23	25	12	14	35
1.6. - 17.9.	139	114	253	271	123	136	346

Kokonaishaihdunta koealueella A oli yhteensä 253 mm, ja määrä vastaa likimain saman jakson sadantaa (229 mm). Haihdunta olisi ollut hieman suurempi, mikäli alue A olisi ollut avohakattu ja vastaavasti vähän pienempi, jos puusto olisi ollut yksinomaan mäntyä tai kuusta. Sap-flow:n avulla mitattu nestevirtaus yksikköpoikkipinta-alaa kohden oli koivulla noin kaksinkertainen mäntyyn ja kuuseen verrattuna, joten kokonaishaihdunta puhtaana koivikkona olisi ollut noin 80 % suurempi kuin nykytilanteessa, mikäli maanpinnan haihdunta olisi pysynyt samana.

Kokonaishaihdunta koealueella B oli suuremmasta säteilymäärästä johtuen vähän suurempi kuin alueella A ja avohakkuu olisi lisännyt vain hieman kokonaishaihduntaa. Puhtaana koivikkona kokonaishaihdunta olisi ollut noin 30 % suurempi, mutta männikkönä tai kuusikkona selvästi pienempi kuin todellisessa tilanteessa, mikäli maanpinnan haihdunta olisi pysynyt samana (kuva 2.5).



Kuva 2.5. Utajärven Erkansuon koealueen B todelliset ja kasvustopinnoille lasketut haihduntasummat (mm) 1.6. - 17.9.1993. (E_t puut = puuston todellinen haihdunta, E_p maa = kostean maanpinnan potentiaalinen haihdunta, E_t kok = alueen kokonaishaihdunta, E_p avop = kostean avohakkuupinnan potentiaalinen haihdunta sekä Kuusi, Mänty ja Koivu = yhdestä puulajista koostuvan puuston todellinen haihdunta).

3 Maaperä

3.1 Aineisto ja menetelmät

Taustatilanteen kartoitusvaiheessa vuonna 1991 valittiin maaperätutkimuksia varten 18 näytepistettä koealueelta A, 17 koealueelta B ja 6 vertailualueelta C. Näistä kohteista otettiin seulonta- ja ravinneanalyysinäytteet ja lisäksi mitattiin maan pintakerroksen vedenläpäisevyys ja huokostilavuus (Kemppainen 1994, Selin ym. 1994). Maaperän routivuutta ja lumikerroksen paksuutta tutkittiin talvikausina 1991 - 1992, 1992 - 1993 ja 1996 - 1997. Roudan mittaamiseen käytettiin metyyliisimenetelmää (Gaundahl, R. 1956, Kubin ja Poikolainen 1982).

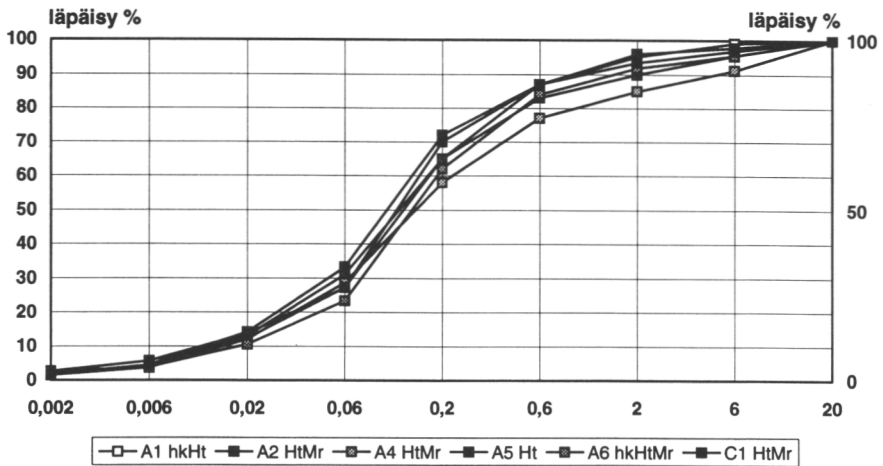
Pohjamaasta otetuista näytteistä tehtiin Metlan Muhoksen tutkimusasemalla seuraavat analyysit: kosteuspitoisuus, pH, johtokyky, kokonaistyyppi, liukoinen fosfaattifosfori ja nitraattityppi, KCl-liukoinen alumiini sekä vaihtuvat ammoniumtyppi, kalium, kalsium, magnesium, mangaani, rauta, sinkki ja kupari (Halonen ym. 1983). Seulontanäytteitä otettiin vuonna 1991 myös kaikkien pohjavesi-putkien kohdalta noin 0,5 m syvyydestä. Lisäksi putken A1 kohdalta otettiin seulontanäytteet 0,5 metrin välein kolmen metrin syvyyteen saakka ja putkien B3 ja C1 kohdalta vastaavasti neljän metrin syvyyteen saakka.

Maaperän ravinneanalyysinäytteet otettiin myös vuonna 1992 samoista paikoista kuin vuonna 1991, mutta lähellä maanpintaa ollut pohjavesi vaikeutti näytteiden ottamista. Kokoomanäytteet otettiin koealueelta A huuhtoutumis- ja rikastumiskerroksesta sekä pohjamaasta kuudesta, koealueelta B yhdestä ja vertailualueelta C neljästä paikasta. Alueelta A otettiin vuonna 1993 kokoomanäytteet seitsemästä kohteesta 30 ja 50 metrin etäisyyksiltä sadettimista ja vuonna 1996 kolmesta kohteesta. Alueelta C otettiin kolme kokoomanäytettä vuosina 1993 ja 1996.

3.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

Maalajimäärittysten perusteella oli 50 cm syvyydessä koealueella A hienoainespitoisuus (raekoko < 0,06 mm) 23 - 33 % ja hiekkaa karkeamman (raekoko > 2,0 mm) lajitteen osuus 5 - 15 % (Kemppainen 1994) ja vallitsevana maalajina alueella A oli hietamoreeni. Koealueella B esiintyi lähes yhtä paljon hiekkaista hietamoreenia, hietamoreenia ja hietaa (kuva 3.1).

Maan pintakerroksessa hiekkainen hietamoreeni oli vallitseva maalaji kaikilla koealoilla (yhteensä 14 kpl). Yleisiä olivat myös hietainen hiekkamoreeni ja hietamoreeni (8 kpl). Yksi näyte oli soraista hiekkamoreenia. Hienoaineksen osuus oli enimmillään 29 % sekä koealueella A että vertailualueella C ja koealueella B vastaavasti 27 %.

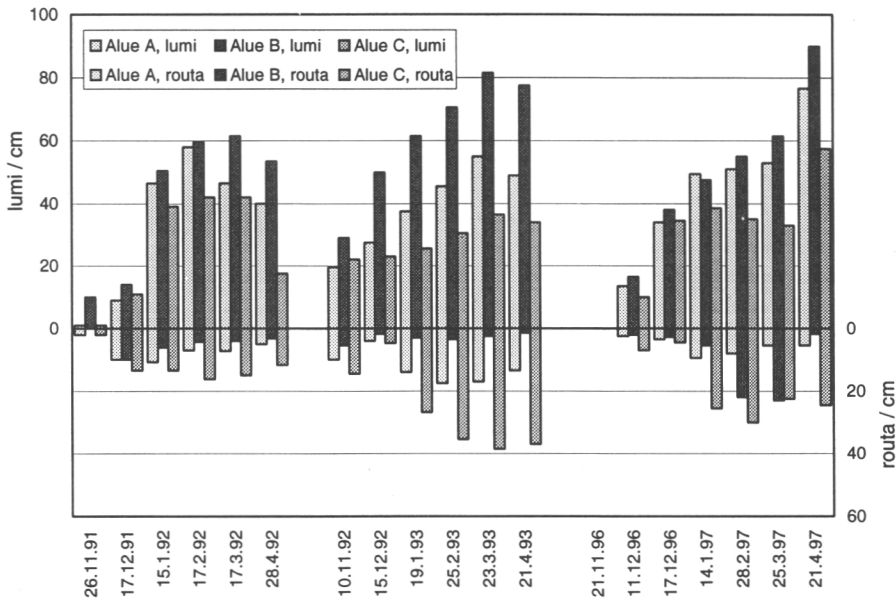


Kuva 3.1. 50 cm syvyydestä otettujen maanäytteiden raekokojakaumia Utajärven Erkansuon koalueella A ja vertailualueella C (Kempainen 1994).

Syvämmältä otetuista 17 näytteestä (pohjavesiputket A1, B3 ja C1) hietamoreenia oli 10 kpl ja hietaa viisi kpl ja näytteiden hienoainepitoisuus oli 22 - 40 %.

Maaperän vapaan huokostilan määrästä ja pohjavedenpinnan korkeudesta riippuu, paljonko vettä siihen pystyy varastoitumaan. Veden imeytymiseen vaikuttaa myös topografia, kallion tai vettä läpäisemättömien maakerrosten esiintyminen, maaperän raekoostumus ja kosteus (Heiskanen ja Tamminen 1992). Koalueen B maaperässä oli vapaata huokostilaa vähiten, keskimäärin noin 17 % ja kosteuspitoisuus oli suurin. Koalueella A ja vertailualueella C kosteuspitoisuus oli 14 %, mutta vapaan huokostilan määrä oli suurin alueella C. Vedenläpäisevyysmittauksissa vesi imeytyi alueella C nopeammin kuin alueella A, vaikka seulentatulosten mukaan alueella C oli enemmän veden imeytymistä hidastavaa hienoainesta. Koalueella B maaperän pintakerroksessa oli eniten vedenläpäisyä parantavaa hiekkalajitetta, mutta vapaan huokostilan vähäisyyden takia imeytyminen oli kuitenkin hitainta juuri tällä alueella (Kempainen 1994).

Routamittauksissa todettiin, että koalueella B oli vähiten ja vertailualueella C oli selvästi eniten routaa talvikausina 1991 - 1992 ja 1992 - 1993 (kuva 3.2). Talvikautena 1996-1997 koalueella B oli routaa helmi-maaliskuussa lähes saman verran kuin vertailualueella C. Koalueella A routaa oli yllättävän vähän B-alueeseen verrattuna. Lumikerros oli vastaavasti paksuin alueella B ja ohuin alueella C. Ero routaantumisessa johtuu lähinnä maalajista ja maa-aineksen sisältä-



Kuva 3.2. Lumen ja roudan paksuus Utajärven Erkansuolla.

mästä vedestä sekä turvekerroksen ja eristävän lumikerroksen paksuudesta. Lumipeitteeseen taas vaikuttaa etenkin kenttäkasvillisuus ja puusto sekä osittain myös topografia.

Ravinteiden osalta erottui vuonna 1991 pohjamaassa selvästi koalueen B raudan määrä, joka oli lähes viisinkertainen verrattuna alueisiin A ja C. Myös alumiinia oli alueella B runsaasti. Koalueella A oli ammoniumtypen, magnesiumin ja kaliumin määrä suurin. Vertailualueella C oli eniten nitraattityppeä ja sinkkiä ja myös fosfaattifosforin määrä oli selvästi korkein. Koalueella B oli vähiten ammonium- ja nitraattityppeä, fosfaattifosforia, kaliumia, kalsiumia, magnesiumia ja mangaania. Alueelta B näytteitä otettiin vain vuonna 1991.

Koalueella A on tutkimusjakson aikana ollut kasvava trendi pH-arvon ja raudan osalta kaikissa kerroksissa sekä ammonium- ja nitraattitypen, kalsiumin ja magnesiumin osalta huuhtoutumis- ja rikastumiskerroksissa. Vertailualueella C oli pitoisuuden nousua huuhtoutumiskerroksessa ammoniumtypen, fosfaattifosforin, kaliumin ja erityisesti raudan ja alumiinin osalta. Kalsiumin pitoisuus oli laskenut selvästi. Rikastumiskerroksessa ei ole selviä muutoksia havaittavissa ja pohjamaassa muutokset ovat vielä vähäisempiä.

4 Kentän hydraulinen suunnittelu

4.1 Aineisto ja menetelmät

Hydrauliseen mitoitukseen tarvitaan tiedot kentälle pumpatusta sekä sataneesta vesimäärästä, kentältä poistuvasta vesimäärästä sekä tehokkaasta haihduttavasta ja imeyttävästä pinta-alasta. Näiden tietojen perusteella pystytään arvioimaan pintavaluntana kentältä poistunut ja kentälle jäänyt vesimäärä.

Erkansuolla on koealueen B vesitaseen avulla laskennallisesti pyritty etsimään tilanne, jossa kentän haihdutus- ja imeytyskyky ei enää ole riittänyt. Pumpattu vesi on tällöin kulkenut kentän läpi pintavaluntana ja poistunut mittapadon kautta alapuoliseen vesistöön. Tarkastelussa on käytetty apuna pintakuorman käsitettä; toimivan kentän pintakuorma (m/vrk) lasketaan jakamalla kentälle vuorokaudessa tuleva vesimäärä (m^3) kentän pinta-alalla (m^2).

Pumppujen käyntituntiseuranta toteutettiin vuosina 1992 - 1996 käsikirjanpitona vähintään kaksi kertaa viikossa. Vuonna 1996 toukokuussa koealueen B pumppaamon yhteyteen asennettiin dataloggeri, joka tallensi pumpun käynnistymisen ja pysähtymisen kellonaikoinen, ja pumpun tuotto mitattiin ultraäänimittarilla. Näiden tietojen avulla laskettiin pumpun kentälle pumppaama vesimäärä. Kentältä poistunut vesimäärä mitattiin vuoteen 1996 saakka mittapadon ja limnigrafian avulla. Vuonna 1996 virtaamaa havainnoitiin jatkuvatoimisen virtaamanmittauslaitteen avulla.

4.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

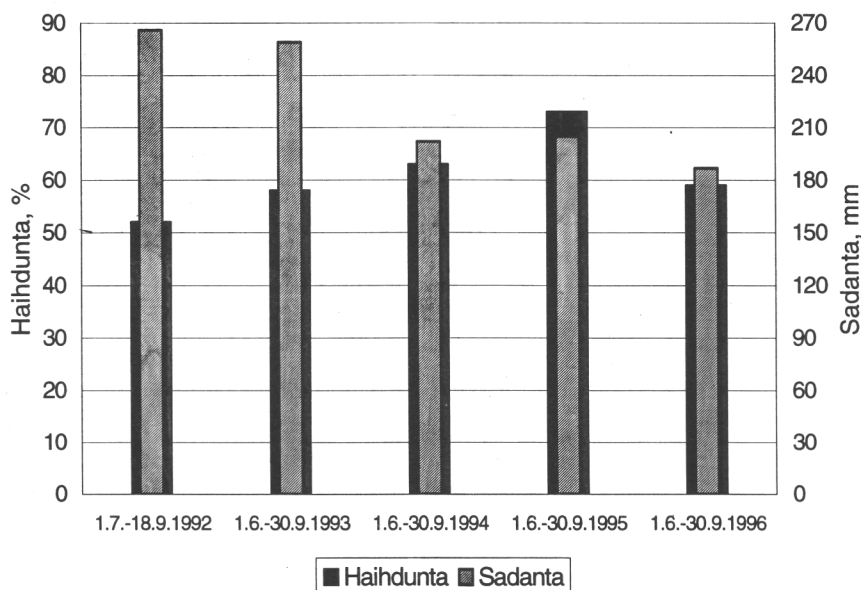
Erkansuon koealueelle B vuosittain pumpattujen ja sataneiden vesimäärien ja vastaavina ajankohtina kentältä mittapadon kautta poistuneiden vesimäärien avulla on laskettu haihdunnan ja imeytymisen osuus käsitellystä kokonaisvesimäärästä (taulukko 4.1). Tulokset osoittavat, että haihdunta ja imeytyminen on vuosina 1992 - 1996 ollut 52 - 73 % kentälle kohdistuneesta kokonaisvesimäärästä. Haihdunta ja imeytyminen riippuvat selvästi sadannasta. Vähäsateisina kesinä haihtumisen osuus käsitellystä kokonaisvesimäärästä voi olla yli 70 % (kuva 4.1).

Kentälle kohdistuvan pintakuorman (vesimäärän) kasvaessa kentän toimivuus riippuu mm. kasvillisuudesta ja topografiasta sekä maaperän huokostilan kyllästymisasteesta kuormituksen alkaessa. Mikäli kentälle kohdistuva hydraulinen kuormitus on jatkuvaa eli maan huokostila on kyllästynyt vedellä, kenttä ei kestä pintakuorman lisäystä samalla tavoin kuin tilanteessa, jossa huokostila ei ole kyllästynyt. Pintakuorman arvoa voidaan kasvattaa keväällä sulamisvesien kuor-

mittaessa kenttää vähemmän kuin esim. kentän oltua kuivana kautena pitkään lepotilassa. Käsiteltävä vesi poistuu keväällä kentältä helpommin puutteellisesti käsiteltynä (pintavaluntana) kuin kuivana kautena kentän ollessa lepotilassa. Kentän ollessa lepotilassa kentälle tulevasta vedestä osa imeytyy maaperän huokosiin, ja haihtumatta jäävä vesi muuttuu pintavalunnaksi.

Taulukko 4.1. Utajärven Erkansuon haihdutus- ja imeytyskentän (koealue B) avulla käsitelty ja mittapadon kautta alapuoliseen vesistöön poistunut vesimäärä sekä haihdunnan ja imeytymisen osuus puhdistetusta kokonaisvesimäärästä vuosina 1992 - 1996.

Aika	Käsitelty vesimäärä (m ³)	Poistunut vesimäärä (m ³)	Haihdunta ja imeytyminen (%)
1.7. - 18.9.1992	113 000	54 800	52
1.6. - 30.9.1993	97 700	40 700	58
1.6. - 30.9.1994	91 700	33 800	63
1.6. - 30.9.1995	89 100	23 800	73
1.6. - 30.9.1996	103 000	42 800	59



Kuva 4.1. Sadanta ja haihdunta kesäkaudella Utajärven Erkansuolla vuosina 1992 - 1996.

Alkukesästä pienikin pintakuorman lisäys voi aiheuttaa pintavalunnan lisääntymisen. Tilanne on samankaltainen pitkäaikaisten, useita vuorokausia kestäneiden vesisateiden jälkeen. Taulukossa 4.2 on esitetty pintakuorman raja-arvoja, joiden ylityttyä suurin osa (yli 50 %) puhdistettavasta vesimäärästä on Erkansuolla muuttunut pintavalunnaksi ja poistunut mittapadon kautta alapuoliseen vesistöön.

Taulukko 4.2. Sade- ja poutajaksojen aikaiset pintakuorman raja-arvot, joiden ylityttyä Utajärven Erkansuolla on pintavaluntana poistunut yli 50 % kentällä käsiteltävänä olleesta kokonaisvesimäärästä.

Vuosi	Pintakuorman raja-arvo (m/vrk)	
	Sadejakso	Poutajakso
1992	0,005	0,030
1993	0,009	0,026
1994	-	0,088
1995	0,035	0,098
1996	0,003	-

Sääolosuhteet vaikuttavat huomattavasti kentän toimintaan, joten pintakuorman raja-arvo voi vuosittain vaihdella suurestikin. Sadejaksojen aikana koealueelle B kohdistuneesta vesimäärästä ei vuonna 1994 missään vaiheessa poistunut pintavaluntana yli 50 % ja vuonna 1995 koealueelta poistui pintavaluntana yli puolet vasta pintakuorman oltua verraten suuri eli 0,035 m/vrk. Pitkän kuivan poutajakson aikana vuonna 1995 maaperään muodostui vapaata huokostilaa veden varastoitumista varten, joten kenttää voitiin kuormittaa jopa pintakuorman arvolla 0,098 m/vrk ilman merkittävää pintavaluntaa.

Kentän toimivuutta pitemmällä ajanjaksolla voidaan arvioida tarkastelemalla keskimääräisiä kuukausittaisia pintakuorman arvoja, vastaavina ajanjaksoina pintavaluntana poistuneiden vesimäärien suhteellisia osuuksia kentälle kohdistuneista käsiteltävistä kokonaisvesimääristä sekä sadantaa (taulukko 4.3).

Taulukko 4.3. Keskimääräinen kesäkauden kuukausittainen pintakuorma, pintavaluntana poistuneen veden suhteellinen osuus puhdistettavasta vesimäärästä sekä sadanta Utajärven Erkansuolla vuosina 1992 - 1996.

Aika	Keskimääräinen pintakuorma (m/vrk)	Pintavalunnan osuus puhdistettavasta vesimäärästä (%)	Sadanta (mm)
1992			
heinäkuu	0,016	5,9	100
elokuu	0,037	55	111
1. - 18.9.	0,036	68	73
1993			
kesäkuu	0,021	45	82
heinäkuu	0,016	41	60
elokuu	0,019	36	72
syyskuu	0,011	46	45
1994			
kesäkuu	0,024	53	78
heinäkuu	0,008	12	21
elokuu	0,009	0,5	36
syyskuu	0,020	45	67
1995			
kesäkuu	0,015	30	57
heinäkuu	0,013	22	52
elokuu	0,016	9,6	54
syyskuu	0,015	46	42
1996			
kesäkuu	0,018	64	56
heinäkuu	0,016	37	99
elokuu	0,010	34	25
syyskuu	0,009	19	7
1992 *	0,030	49	284
1993	0,017	42	259
1994	0,015	28	202
1995	0,015	27	205
1996	0,013	39	187

* tarkkailujakso 1.7. - 18.9.1992 (vrt. Selin ym. 1994), muina vuosina 1.6. - 30.9.

Erkansuon koealueen B kentälle kohdistuneesta vesimäärästä yli puolet poistui yleensä pintavaluntana kuukauden pituisella ajanjaksolla, kun keskimääräinen pintakuorman arvo oli 0,02 m/vrk tai enemmän. Tällöin kenttä toimi lähinnä pintavalutuskenttänä. Sääolosuhteet vaikuttavat huomattavasti pintakuorman arvoon ja esimerkiksi vuoden 1996 kesäkuussa pintavaluntana poistui 64 % puhdistettavasta kokonaisvesimäärästä, vaikka keskimääräinen pintakuorma oli vain 0,018 m/vrk. Vastaavasti syyskuussa 1994 pintakuorman arvon ollessa 0,020 m/vrk pintavalunnan osuus oli vain 45 % puhdistettavasta kokonaisvesimäärästä.

Mikäli jatkuvista sateista johtuen koealueelle B kohdistui noin 0,005 m/vrk suuruinen pintakuorma, niin maan huokostila kyllästyi vedellä. Tällöin kenttä saattoi muuttua pintavalutuskentäksi huomattavasti ennen kuin pintakuorma oli kasvanut arvoon 0,02 m/vrk, jopa pintakuorman arvolla 0,01 m/vrk. Suositeltavana mitoitusarvona voidaan Erkansuon B-alueen tyyppiselle haihdutus- ja maaperäimeytyskentälle kuitenkin pitää arvoa 0,02 m/vrk (200 m³/ha/vrk). Aikaisemmassa tutkimuksessa on suoalueelle rakennetun pintavalutuskentän hydraulisen kuorituksen enimmäisarvoksi suositeltu arvoa 0,034 m/vrk eli 340 m³/ha/vrk (Ihme 1994).

5 Veden laatu

5.1 Johdanto

Turvetuotantoalueen kuivatusvesien käsittelyyn liittyen on veden laatu keskeinen tekijä arvioitaessa sekä veden puhdistustarvetta että sen soveltuvuutta johdettavaksi alapuoliseen vesistöön. Erkansuon turvetuotantoalueella on vuosina 1991 - 1996 tutkittu sekapuustoa kasvavaan kangasmaastoon sadetun kuivatusveden ja alueelta haihdutus- ja maaperäimeytyskäsittelyn jälkeen poistuneen veden fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia (Selin ym. 1994). Tarkoituksena on ollut selvittää menetelmän vaikutusta veden laatuun turvetuotannon kannalta keskeisten tunnusten osalta.

5.2 Aineisto ja menetelmät

Näytteitä on otettu koealueiden A ja B sadettimilta, lohkon B kuivatusvesien kokoojaojasta, mittapadon kautta poistuneesta koealueelle B sadetetusta vedestä, tuotantoalueen ulkopuolisesta eristysojasta vuodesta 1993 lähtien, Suojärvestä, laskuojasta ja koealueiden A ja B sekä vertailualueen C pohjavesiputkista (kuvat 1.4 ja 1.5). Vuonna 1996 näytteitä otettiin myös koealueelle A asennetul-

ta ylisyoöksypadolta (säädettävä settipato) ja ylivuotoputkelta sekä ylivalumatilanteissa lohkon B pumppausaltaasta automaattisella näytteenottimella ja käsinäytteenottona mittapadolta 24 tunnin kuluttua ylivalumatilanteen alkamisesta.

Kuivatusvesinäytteitä otettiin sulan maan aikana joka toinen viikko ja pohjavesiputkista keskimäärin kerran kuukaudessa sekä lisäksi seitsemän kertaa talvikaudella (lokakuu - huhtikuu) vuosina 1991 - 1993 (taulukko 5.1). Vuonna 1996 näytteitä otettiin koealueen A ylisyoöksypadolta kolme kertaa ja ylivuotoputkelta kerran ja lohkon B pumppausaltaasta ylivalumatilanteissa viisi kertaa. Kuivatusvesinäytteitä otettiin kaikkiaan 387 ja pohjavesinäytteitä 576. Yksittäisiä analyysjä tehtiin kuivatusvesistä 6 579 kpl ja pohjavesistä 8 064 kpl.

Taulukko 5.1. Utajärven Erkansuon turvetuotantoalueen vesinäytteiden ottokerrat vuosina 1991 - 1996.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Yhteensä
Kuivatusvedet	7	9	10	10	9	11	56
Ulkopuolinen vesi			7	10	9	11	37
Pohjavedet	4	13	9	6	5	11	48
Ylivalumanäytteet						5	5

Näytteet analysoitiin voimassa olevien standardien mukaisilla fysikaalis-kemiallisilla menetelmillä Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasemalla. Kuivatus- ja pohjavesinäytteistä analysoitiin pH, sähkönjohtavuus, ammonium- ja nitraattityppi (NH_4 - ja NO_3 -N), fosfaattifosfori (PO_4 -P), rauta (Fe), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), alkaliteetti, kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) ja väriluku sekä lisäksi sulfaatti (SO_4) vuodesta 1993 lähtien. Kuivatusvesinäytteistä mitattiin edellisten lisäksi myös kokonaistyyppi- (Kok-N) ja kokonaisfosforipitoisuudet (Kok-P) sekä kiintoainemäärä.

5.3 Tulokset ja niiden tarkastelu

5.3.1 Koealue A

Koealueelle A sadetetut kuivatusvedet olivat laadultaan samaa luokkaa kuin alueelle B sadetetut vedet (taulukko 5.2). Vuosina 1992 - 1995 alueelta A suotautui ja pintavaluntana poistui niin vähän vettä reunaojaan ja edelleen Suojärveen, ettei sen määrää eikä laatua voitu tutkia. Suojärven pinnankorkeus nousi vuonna 1996 kuitenkin niin korkealle, että kentällä jouduttiin tekemään uusia järjestelyjä ympäröivien penkereiden murtumisen estämiseksi. Järjestelyistä sovittiin

Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen kanssa. Suojärven taakse asennettiin säädettävä ylisyoösyypato, ja pumppaamon lähelle myöhemmin ylivuotoputki, joiden kautta vettä virtasi alapuoliseen vesistöön. Ylisyoösyypadolta ja -vuotoputkelta otettujen näytteiden laatu oli keskimäärin samaa luokkaa kuin koalueen B mittapadolla (taulukko 5.2). Näytteenotto koalueelta A poistuneesta vedestä rajoittui vuonna 1996 otettuihin yhteensä neljään näytteeseen eikä poistunutta vesimäärää voitu mitata samalla tavoin koko seurantajakson aikana. Tämän vuoksi koalueen A puhdistuskykyä ei koko tutkimuksen aikana voida arvioida B-koalueen tulosten tavoin, vaan toimivuutta on arvioitava Suojärvestä sekä mittapadolta ja laskuojasta otettujen vesinäytteiden perusteella.

5.3.2 Koalue B

Koalueen B sadettimilta vuosina 1993 - 1996 otettujen näytteiden kiintoaine- ja ammoniumtyppipitoisuudet olivat korkeat ja lisäksi väri oli hyvin ruskeaa verrattuna luonnontilaiseen suoveteen (taulukko 5.2). Kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} , joka kuvaa lähinnä orgaanisen aineen kokonaismäärää ja pH-arvo olivat luonnontilaisen suoveden kanssa keskimäärin samalla tasolla. Vertailussa käytetyt valuma-alueiden keskimääräiset pitoisuudet perustuvat luonnontilaisilta suovaluma-alueilta Vuolijoen Joutensuolta (1990 - 1995) ja Soinin Puntarisuolta (1985 - 1987) sekä luonnontilaisilta suovaltaisilta valuma-alueilta Pudasjärven Vitmaojalta (1992 - 1996), Simon Kuivasojalta (1995 - 1996) ja Sotkamon Anso-puroilta (1985 - 1986) otettuihin näytteisiin (Kaikkonen ym. 1996 ja 1997, Marja-aho ja Koskinen 1989, PSV Oy 1991, 1992, 1993, 1994a ja b, 1995, 1996a ja b sekä 1997, PSV-Maa ja Vesi Oy 1997, Wahlgren 1988).

Mittapadolta otetuista vesinäytteistä tutkittiin koalueelle B sadetun ja sieltä haihdutus- ja maaperäimeytyskäsittelyn jälkeen poistuneen veden laatua. Tulosten tarkasteluun liittyen on syytä huomioda, että mittapadon asentoa muutettiin kesällä 1993 ja pato asennettiin tutkimusjakson loppuun saakka pysyneelle vakiopaikalle. Mittapadolla ammonium-, kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuudet sekä väriluku olivat keskimäärin pienempiä kuin koalueen B sadettimella (taulukko 5.2). Poistunut vesi oli kuitenkin happamampaa ja puskurikykyä kuvaava alkaliteetti oli alempi kuin sadettimella. Luonnontilaiseen suoveteen verrattuna kokonaistyyppipitoisuus, COD_{Mn} ja väriluku olivat mittapadolla korkeammat ja pH, kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuus olivat samalla tasolla.

Ainemäärien reduktioita on vesistökuormituksen kannalta tärkeimmille komponenteille laskettu koalueen B sadettimelta ja mittapadolta mitattujen vesimäärien ja laatua kuvaavien tunnusten avulla (taulukko 5.3). Ainemäärien reduktioiden ja alueen B vesimäärien perusteella laskettujen ainetaseiden avulla voidaan arvioida alueen B puhdistuskykyä ja siten myös alapuoliselle vesistölle aiheutu-

nutta kuormitusta (kuva 5.1). Ammoniumtypen ja kiintoaineen osalta ainemäärä-
 en reduktiot olivat koko tutkimusjakson ajan erittäin hyvät. Nitraatti- ja koko-
 naistypen, kokonaisfosforin ja raudan reduktiot olivat myös hyvät. Kemiallinen
 hapenkulutus sen sijaan lisääntyi huomattavasti ja pH-arvo ja alkaliteetti alenivat
 osoittaen veden happamoituneen ja puskurikyvyn heikentyneen käsittelyn seu-
 rauksena (taulukot 5.2 ja 5.3).

Taulukko 5.2. Utajärven Erkansuon koealueen B sadettimen (1992 - 1996), mitta-
 padon kautta ennen sadetusta vuonna 1991 ja sadetuksen aikana (1992 - 1996)
 poistuneen, ulkopuolisen eristysojan (1993 - 1996), laskuojan (1991 - 1996) ja
 Suojärven (1991 - 1996) sekä viiden luonnontilaisen vertailualueen keskimääräi-
 set vedenlaatutiedot.

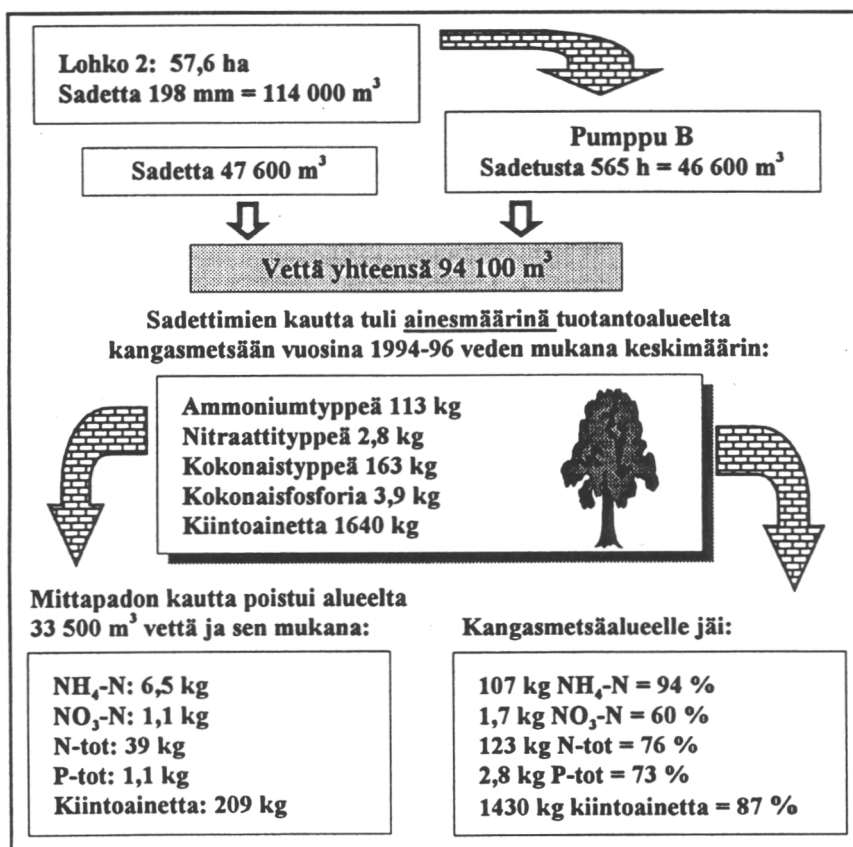
	Sadetin B					Suojärvi	Luonnontilaiset vertailualueet
	1992	1993	1994	1995	1996		
pH	6,4	6,6	6,8	6,9	6,7	6,3	4,8 - 6,9
NH ₄ -N (µg/l)	3100	2270	2590	2190	2480	27	5 - 373
NO ₃ -N (µg/l)	170	110	84	49	72	16	11 - 79
Kok-N (mg/l)	3,3	3,1	3,3	3,4	3,7	0,87	0,35 - 0,78
Kok-P (µg/l)	40	69	86	71	117	57	11 - 48
Alkaliteetti (mmol/l)	0,71	0,81	1,2	1,0	0,99	0,11	0,16 - 0,35
Kiintoaine (mg/l)	16	24	34	32	78	11	2 - 9
COD _{Mn} (mg/l)	31	43	42	35	40	24	15 - 42
Väri (mgPt/l)	1250	1090	1110	1010	1160	350	149 - 290

	Mittapato						Ulko- puolinen eristysoja	Lasku- oja
	1991	1992	1993	1994	1995	1996		
pH	6,0	5,7	5,0	5,5	5,1	5,0	6,3	6,4
NH ₄ -N (µg/l)	740	300	160	400	100	61	640	486
NO ₃ -N (µg/l)	300	100	47	52	24	79	55	64
Kok-N (mg/l)	- *	1,1	0,77	1,2	0,93	1,2	1,4	1,0
Kok-P (µg/l)	33	52	24	32	26	32	31	51
Alkaliteetti (mmol/l)	0,46	0,56	0,05	0,17	0,08	0,09	0,26	0,48
Kiintoaine (mg/l)	6,7	2,0	2,4	5,6	6,2	5,4	18	8,5
COD _{Mn} (mg/l)	41	56	56	59	67	58	38	33
Väri (mgPt/l)	340	680	750	760	860	760	650	610

* ei mittauksia vuonna 1991

Taulukko 5.3. Utajärven Erkansuon koalueelle B sadetettujen ja mittapadon kautta poistuneiden vesien määrän ja laadun avulla lasketut ainemäärien reduktiot vuosina 1993 - 1996.

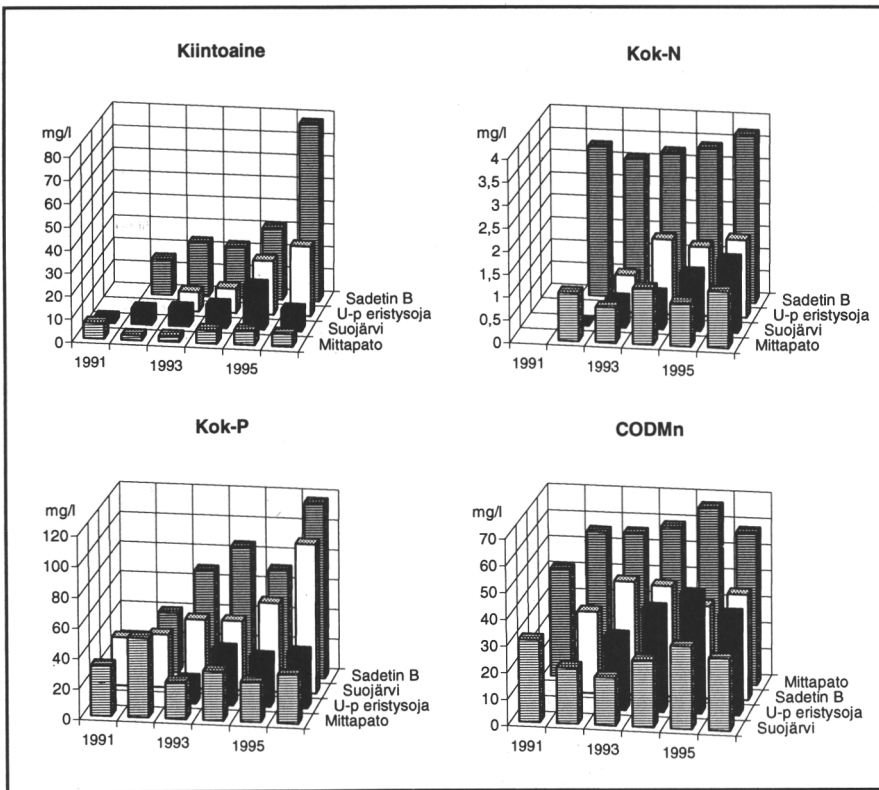
	Reduktiot (%)			
	1993	1994	1995	1996
NH ₄ -N	95	87	97	98
NO ₃ -N	54	52	71	61
Kok-N	81	70	84	75
Kok-P	76	70	78	71
Kiintoaine	93	87	88	87
COD _{Mn}	-42	-11	-31	-19
Fe	35	49	44	40



Kuva 5.1. Utajärven Erkansuon koalueella B keskimäärin vuosina 1994 - 1996 käsitelty vesimäärä sekä veden mukana tulleet, mittapadon kautta poistuneet ja kangasmetsäalueelle jääneet ainemäärät.

5.3.3 Ulkopuolinen eristysoja, laskuoja ja Suojärvi

Ulkopuolisella eristysojalla tarkoitetaan tuotantoalueen ulkopuolella kiertävää eristysojaa (kuva 1.2) ja laskuojalla noin 2 km:n päässä tuotantoalueesta sijaitsevaa näyteenottopistettä, jonka kautta tuotantoalueelta tulevat vedet laskevat alapuoliseen vesistöön. Kyseisistä paikoista otettujen näytteiden perusteella voidaan arvioida tuotantoaluetta ympäröivän suoalueen veden laatua vuosina 1993 - 1996. Ulkopuolisen eristysojan ja laskuojan veden keskimääräiset pH-arvot, alkaliteetit ja COD_{Mn}-arvot olivat korkeampia, nitraatti-, kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet samaa suuruusluokkaa ja ammoniumtyppi- ja kiintoainepitoisuudet sekä väriluvut hieman pienempiä kuin mittapadolla (kuva 5.2 ja taulukko 5.2). Tulokset osoittavat, että koealueelta B mittapadon kautta poistunut vesi ei juurikaan ole vaikuttanut tuotantoalueen ulkopuolisen suoalueen vedenlaatuun.



Kuva 5.2. Kiintoaine-, kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet sekä COD_{Mn} koealueen B sadettimella (tuotantoalueen kuivatusvesi), mittapadolla (koealueelta B poistunut käsitelty vesi), Suojärvässä ja ulkopuolisessa eristysojassa (tuotantoalueen lähellä oleva suo) vuosikeskiarvoina Utajärven Erkansuolla.

Suojärvi (noin 7,5 ha) sijaitsee koealueen A välittömässä läheisyydessä ja alueelle sadetettuja vesiä on johtunut järveen sekä reunaojan kautta että suoraan pintavaluntana etenkin tutkimusjakson loppupuolella. Lisäksi Suojärven läheisyydessä olevia myyräsalaojitettuja lohkoja on valmisteltu tuotantoon vuonna 1995, ja lohkoilta on vuonna 1996 pumpattu kuivatusvesiä alueen A vieressä olevalle kangasmetsäsaarekkeelle. Suojärven veden laadussa tapahtuneet muutokset ovat olleet vähäisiä, mutta etenkin kokonaistyyppi- ja fosforipitoisuuksissa on ollut selvästi kasvava trendi vuosien 1993 - 1996 aikana (kuva 5.2 ja taulukko 5.2) ja tutkimusjakson lopulla todetut pitoisuudet osoittavat veden rehevöityneen (PSV Oy ja Oulun Vesiensojelijyhdistys ry. 1991).

5.3.4 Pohjavesi

Koealueet A ja B eivät kuulu tärkeisiin pohjavesialueisiin. Alueiden pohjavettä tutkittiin kuitenkin pohjavesiputkista otettujen näytteiden avulla, jotta saataisiin selville mitä vaikutuksia käsittelyllä on veden laatuun. Nitraattityyppipitoisuudet (taulukko 5.4) olivat koko tutkimusjakson ajan pieniä ja alittivat selvästi talousvedelle asetetut kemialliset laatuvaatimukset (STM 1994). Lisäksi ammoniumtyppi, fosfaattifosfori, K, Ca, Na, Mg ja SO_4 -S täyttivät teknis-esteettiset laatuvaatimukset kaikkien alueiden pohjavesiputkissa.

Pohjavesiputkien veden nitraattipitoisuuksissa oli kasvava trendi koealueilla A (13 $\mu\text{g/l}$ - 49 $\mu\text{g/l}$) ja B (12 $\mu\text{g/l}$ - 45 $\mu\text{g/l}$), mutta pitoisuudet kasvoivat myös vertailualueella C (12 $\mu\text{g/l}$ - 30 $\mu\text{g/l}$). Lisäksi kaikilla alueilla oli vuosittaisia poikkeamia trendistä. Happamuus lisääntyi tutkimusjakson aikana jonkin verran kaikkien pohjavesiputkien vedessä koealueella A samoin kuin vertailualueella C. Muutos oli suurin putkessa A4; noin 0,8 pH-yksikköä. Alueella B muutokset pH-arvossa olivat vähäisiä. Ammoniumtyppi- ja fosfaattifosforipitoisuuksissa oli jonkin verran vaihtelua vuosien välillä, mutta pitoisuuksissa ei ollut havaittavissa ajallista trendiä.

Koealueen B pohjavesiputkien vesi poikkesi alueiden A ja C vedestä selvästi etenkin rautapitoisuuden ja värin suhteen, mutta lähes kaikki muutkin mitatut arvot olivat suurimpia alueella B. Ero johtuu pääasiassa siitä, että alue B on soistuvaa kangasmetsää ja pohjamaan rautapitoisuus on noin viisi kertaa suurempi kuin alueilla A ja C, jotka ovat selvästi kuivempia mäntyvaltaisia kangasmetsäalueita (Kemppainen 1994).

Taulukko 5.4. Utajärven Erkansuon pohjavesiputkien veden keskimääräinen laatu vuosina 1991 - 1996 ja talousveden laatuvaatimukset mitatuille tunnuksille.

	Koealue A	Koealue B	Vertailualue C	Talousveden laatuvaatimukset
NO ₃ -N (µg/l)	23	50	17	6000
pH	6,5	6,4	6,5	6,5-9,5
NH ₄ -N (µg/l)	17	28	13	400
PO ₄ -P (µg/l)	< 5	< 5	< 5	100
K (mg/l)	0,85	1,7	0,93	12
Ca (mg/l)	2,2	3,6	2,3	100
Na (mg/l)	2,7	3,8	1,6	150
Mg (mg/l)	0,73	1,8	0,71	50
Fe (mg/l)	0,06	2,2	0,12	0,2
SO ₄ -S (mg/l)	1,1	0,85	0,85	50
Alkaliteetti (mmol/l)	0,25	0,47	0,24	-
COD _{Mn} (mg/l)	1,4	4,9	2,6	3
Väri (mgPt/l)	5	170	14	<15

5.4 Yhteenvedo veden laadun muutoksista

Erkansuolla on tutkittu haihdutuksen ja maaperäimeytyksen käyttöä turvetuotantoalueen kuivatusvesien puhdistusmenetelmänä vuosina 1991 - 1996. Menetelmän toimivuutta on selvitetty sadettamalla kuivatusvettä mäntyvaltaisille kangasmetsäalueille ja mittaamalla keskeisiä tunnuksia sadetuksesta ja puhdistuskäsittelyn jälkeen mittapadon kautta poistuneesta vedestä sekä seuraamalla tutkimusalueen pohjaveden, alueella sijaitsevan Suojärven ja ulkopuolisen veden laatua.

Haihdutus- ja maaperäimeytyskäsittelyssä kuivatusveden laatu muuttui huomattavasti; ammonium- ja kokonaistyppe-, kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuudet sekä väriluku pienenevät, mutta COD_{Mn} -arvo kasvoi, vesi happamoitui ja veden puskurikyky heikkeni. Ainemäärien perusteella tarkasteltuna haihdutus- ja maaperäimeytys poisti ammoniumtyyppiä ja kiintoainetta erittäin hyvin ja nitraatti- ja kokonaistyyppiä, kokonaisfosforia ja rautaa hyvin, mutta kemiallinen hapenkulutus lisääntyi.

Tutkimusalueen pohjaveden laatuun ei menetelmällä todettu olevan juurikaan vaikutusta. Pohjavesi täytti tutkittujen tunnusten osalta talousvedelle asetetut laatuvaatimukset lukuunottamatta pH-arvoa, rautapitoisuutta, värilukua ja COD_{Mn} -arvoa sadetusalueella B. Toisaalta on muistettava, että haihdutus- ja imeytyskentät eivät ole pohjavesialueella.

Tutkimusalueella sijaitsevan Suojärven veden laatu muuttui tutkimusjakson aikana. Kokonaisfosfori-, kokonaistyyppi- ja kiintoainepitoisuudet sekä väriluku kasvoivat johtuen osaltaan kuivatusvesien ajoittaisista oikovirtauksista koealueelta A Suojärveen sekä mahdollisesti myös lähellä järveä sijaitsevilla myyräsalaojiteilla lohkoilla tehdyistä kuivatusjärjestelyistä.

6. Puusto

6.1 Aineisto ja menetelmät

Erkansuon koealue A on keskiosiltaan ympäröivää suota korkeampi kuivahko kangasmetsäsaareke (5,9 ha). Maanpinta laskee melko tasaisesti muihin suuntiin lukuunottamatta jyrkähköä rinnettä eteläpuoliseen Suojärveen. Puusto on varttunutta mäntyvaltaista sekametsää, jossa kuusta kasvaa sekapuuna sitä enemmän, mitä lähempänä suon reunaa ollaan. Puusto on harvennettu talvella 1987 - 1988. Koealue B on turvekenttien keskellä sijaitseva soistuva kangasmetsäalue (24,1 ha), jonka puusto on eri-ikäistä sekametsää. Vanhojen ylispuumäntyjen alle on syntynyt paikoin tiheää nuorta hieskoivikkoa ja männyntaimikkoa. Seassa kasvaa lisäksi kuusta sekapuuna.

Neulasanalyysia käytetään metsäpuiden ravinnetalouden ilmaisijana. Näytteet otetaan puiden lepokaudella talvella, yleensä tammi-maaliskuussa. Tuolloin ravinesuhteet ovat vakiintuneet ja analyysin tulkinta on luotettavampaa kuin kasvukauden aikana. Ravinnepitoisuuksien ohjearvot (Jukka 1988) on selvitetty lepokauden olosuhteissa ottamalla näytteet latvuksen yläosan nuorimman vuosikerran eli edellisen kesän kasvaimista. Neulasanalyysi osoittaa puun ravinnetilän, joka vaihtelee vuodesta toiseen esim. ilmastovaihteluista johtuen.

Puuston kunnon ja kasvun tutkimista varten perustettiin sadettimista pohjavesi-putkien kautta metsikön reunaan ulottuneet tutkimuslinjat, jotka merkittiin maastoon ennen sadetuksen aloitusta syksyllä 1992 (kuvat 1.4 ja 1.5). Samoilla linjoilla kasvavia puita käytettiin myös neulasten ravinteiden tutkimiseen.

Taustatilannetta kuvaavat neulasnäytteet (81 kpl) otettiin ennen sadetusta helmikuussa 1992 koealueilta A ja B sekä vertailualueelta C. Sadetusta seuranneen kesän jälkeen otettiin uudet näytteet marraskuussa 1993 (74 kpl) ja jälleen kolme vuotta myöhemmin joulukuussa 1996 (66 kpl). Näytepuut sijaitsivat eri etäisyyksillä sadettimista (3-145 m). Neulasten alkuainepitoisuudet määritettiin Metlan Muhoksen tutkimusasemalla. Tutkittavat ravinteet olivat typpi (N), fosfori (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), rauta (Fe), mangaani (Mn), sinkki (Zn), kupari (Cu) ja boori (B). Lisäksi määritettiin neulasten kuivamassa, g/100 neulasta (Halonen ym. 1983).



Kuva 6.1. Korkeapainesadettimet toiminnassa Utajärven Erkansuon koalueella A. Valok. S. Kempainen.

Kasvukoepuut valittiin linjojen varrella olleista terveistä puista siten, että kummankin koalueen tärkeimmistä puulajeista saatiin edustavat otokset eri etäisyyksiltä sadettimista. Puiden sijainti ja rinnankorkeusläpimitta mitattiin. Keskiään määrittämistä varten tehtiin ytimeen saakka ulottuneet kairaukset koalueiden tärkeimpien lajien viidestä puusta.

Sadettimien ympäriltä poistettiin syksyllä 1992 kaikki puut noin 10 m säteeltä, koska niiden kuori irtosi sadettimien rakenteesta johtuvan voimakkaan vesisuihkun vaikutuksesta (kuva 6.1). Samalla puut estivät veden tasaista leviämistä maastoon. Elokuussa 1996 kairattiin sädekasvunäytteet kaikista jäljellä olleista koepuista. Kaadettujen koepuiden tilalle valittiin uudet vastaavan kokoiset puut mahdollisimman läheltä ko. sadettimia. Lopullinen koepuiden määrä oli 88 kpl koalueella A ja 80 kpl koalueella B. Sadettamattomien vertailualueiden puita kairattiin lisäksi seuraavasti: kuivahko kangas alue C, 18 mäntyä ja ojitettu kivennäismaan koivikko D, 18 hieskoivua. Lustot mitattiin Muhoksen tutkimus- asemalla lustomikroskoopilla.

Taulukko 6.1. Sadetusalueiden puusto ja kasvukoeuiden lukumäärä Utajärven Erkansuolla syksyllä 1992.

	Mänty	Kuusi	Hieskoivu	Haapa	Yhteensä
Koealue A					
Puuston tilavuus m ³ /ha	110	14	3		127
Pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta, cm	22	16	10		
Koealue B					
Puuston tilavuus m ³ /ha	20	11	16	1	48
Pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta, cm	18	15	10	11	
Kasvukoeuiden lukumäärä, kpl					
- Koealue A	54	13	21		88
- Koealue B	41	19	20		80
- Vertailualue C	18				18
- Vertailualue D			18		18
Yhteensä	113	32	59		204

Elokuussa 1996 mitattiin puiden rinnankorkeusläpimitta ja arvioitiin niiden kunto 12 m levyiseltä vyöhykkeeltä, joka ulottui 6 m etäisyydelle tutkimuslinjojen molemmin puolin. Linjat käytiin läpi sadettimista lähtien 10 m pituisissa osissa, joten puuston määrä laskettiin lajeittain 10*12 m ruuduissa. Tilavuuden määrittämisessä käytettiin rinnankorkeusläpimittaan perustuvia tilavuusfunktioita puulajeittain (Laasasenaho 1982).

6.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

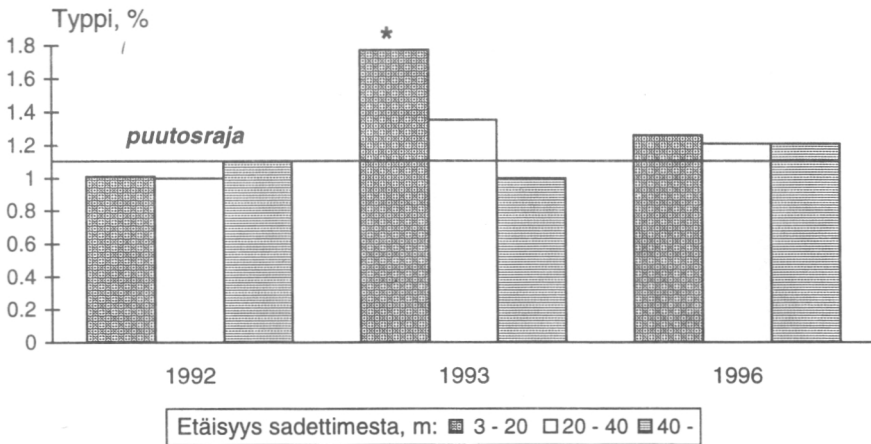
6.2.1 Männyn ravinnetila

Neulasanalyysi osoitti koealueen A mäntyjen kärsineen lievistä typen puutoksesta ennen sadetuksen aloittamista, sillä kesällä 1992 syntyneiden neulasten typpipitoisuus oli 1,0 - 1,1 %, ja puutosrajana kyseisen tyyppisillä kangasmailla pidetään arvoa 1,1 % (Jukka 1988). Fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat vastaavasti 1,2 - 1,3 mg/g ja 3,0 - 4,5 mg/g. Marraskuussa 1993 otettujen neulasten typpipitoisuus oli lähellä sadettimia (3 - 20 m) sijainneissa männnyissä 1,5 % eli merkittävästi korkeampi kuin etäämpänä sijainneissa männnyissä, joiden pitoisuus oli vain 0,92 %. Sadetinten vaikutuspiirissä typpitila oli lähes optimaalinen, kun se kauempana oli hyvin heikko. Neulasmassa oli lähes kaksinkertainen alle 20 metrin etäisyydellä sadettimista ja se poikkesi erittäin merkittävästi kauempana kasvaneista puista. Neulasten kuparipitoisuudet olivat kauttaaltaan alhaisia

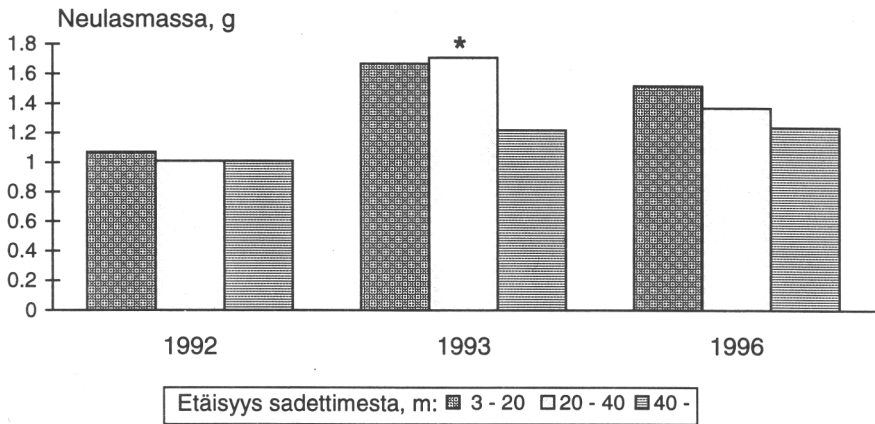
ja näyttivät alentuneen: kun pitoisuus vuonna 1992 oli korkein lähellä sadettimia, niin sadetusta seuranneen kesän jälkeen se oli vastaavasti alhaisin. Muiden tutkittujen ravinteiden osalta muutokset olivat satunnaisia.

Talvella 1996 sadetuksen aloittamisesta oli kulunut neljä kasvukautta. Ensimmäisenä kesänä syntyneet erot neulasten typpipitoisuudessa ja neulasmassassa alueella A näkyivät edelleen selvinä huolimatta vuonna 1995 muutetusta sadetusjärjestelmästä. Puiden typpitila oli kohentunut myös sadettimien vaikutuspiirin ulkopuolella, mahdollisesti reikäputkien käyttöönoton seurauksena. Yleensä ottaen typen puutokset jäivät vähäisiksi. Lähellä sadettimia puiden ravinnetila oli hyvä.

Männyn ravinnetila koalueella B oli kesällä 1992 ennen sadettamisen aloittamista samanlainen kuin koalueella A eli männyissä todettiin lievää typen niukkuutta. Neulasten typpipitoisuus oli 1,0 - 1,1 % ja fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat vastaavasti 1,4 mg/g ja 4,0 - 4,5 mg/g. Sadetuksen seurauksena typpipitoisuus kohosi lähellä sadettimia puutosrajan alapuolelta tasolle 1,8 %. Tätä on pidettävä poikkeuksellisen korkeana arvona lähtötilanteeseen verrattuna (kuva 6.2). Vaikutus näytti myös ulottuvan kauemmaksi (yli 20 m) kuin alueella A. Tämä näkyi erityisesti neulasmassassa (kuva 6.3). Kuparipitoisuudet olivat alhaisia ja alentuivat merkitsevästi (kuva 6.4). Sama ilmiö havaittiin myös mangaanin ja sinkin kohdalla. Vuonna 1996 puuston ravinnetila oli kauttaaltaan parempi kuin tutkimusjakson alussa. Typpipitoisuus oli 1,2 - 1,3 %. Sadetuksen vaikutus typpipitoisuuteen oli koalueesta A poiketen heikentynyt eikä enää näkynyt merkitsevänä muidenkaan tunnusten osalta.

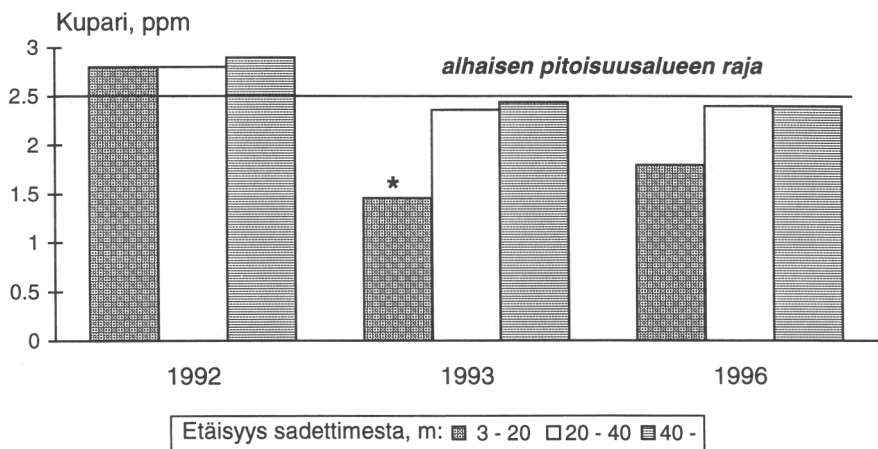


Kuva 6.2. Neulasten typpipitoisuus (%) Utajärven Erkansuon koalueella B. Tähti pylvään päällä osoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa eri etäisyysluokkien välillä ($p < 0.05$).



Kuva 6.3. Neulasmassa, g/100 neulasta, kuivapainoa kohti Utajärven Erkansuon koalueella B. Tähti pylvään päällä osoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa eri etäisyysluokkien välillä ($p < 0.05$).

Vertailualueella C neulasten typpipitoisuus oli keskimäärin vain 0,97 %, ja pitoisuus pysyi jokseenkin samalla tasolla koko tutkimusjakson ajan. Tulokset osoittivat puuston kärsineen typen niukkuutta kaikkina mittausajankohtina. Muiden ravinteiden osalta ei selviä puutoksia havaittu. Kuparipitoisuudet tosin jäivät yleensä alle 2,5 ppm, mitä pidetään puilla jonkinasteisena puutosrajana. Fosforin (1,2 mg/g) ja kaliumin (4,2 mg/g) suhteen ravinnetila oli tyydyttävä. Tutkimusjakson eri vuosien väliset erot ravinnetitoisuuksissa olivat vähäisiä, joskin vuonna 1996 typpipitoisuus oli suuntaa-antavasti korkeampi kuin muina ajankohtina ($p < 0,1$).



Kuva 6.4. Neulasten kuparipitoisuus (ppm) Utajärven Erkansuon koalueella B. Tähti pylvään päällä osoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa eri etäisyysluokkien välillä ($p < 0.05$).

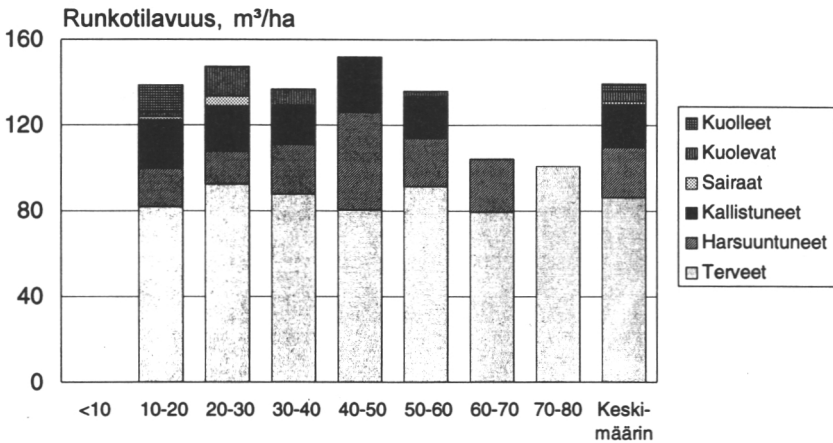
6.2.2. Puuston kunto

Elokuussa 1996 koalueella A kuolleiden mäntyjen osuus tilavuudesta oli 3 % ja ne sijaitsivat kaikki alle 20 m etäisyydellä sadettimista (taulukko 6.2). Kuolleita mäntyjä havaittiin kauempanakin sellaisissa notkelmissa, joissa vesi seisoi sadetuksen jälkeen. Ne eivät kuitenkaan sijainneet tutkimuslinjoilla. Kuolevien mäntyjen osuus tilavuudesta oli 4 % ja niitä esiintyi enimmäkseen alle 40 m etäisyydellä sadettimista. Kuusista kuolleita oli 1 % eikä kuolevia ollut lainkaan. Neulasiston perusteella sairaiksi luokiteltuja puita esiintyi hyvin vähän. Mäntyjen tilavuudesta peräti 16 % oli kallistuneita puita. Kallistumiset todettiin ensimmäisen kerran kesällä 1995, mutta tilanne vakiintui, eikä lisää kallistuneita puita havaittu vuosina 1996 ja 1997. Kallistuminen voi olla vakava oire juuriston kunnosta. Huolestuttavaksi tilanteen tekee erityisesti se, ettei kallistuneita mäntyjä ollut vain sadetetulla alueella vaan niitä esiintyi lähes yhtä paljon jopa 60 m etäisyydelle sadettimista. Kuusissa ei vastaavaa kallistumisilmiötä esiintynyt lainkaan. Kuusen harsuuntuminen eli neulasmassan vähentyminen näytti johtuvan sadetuksesta, koska sitä esiintyi runsaasti alle 40 m etäisyydessä sadettimista, mutta ei ollenkaan sitä kauempana. Männyllä harsuuntuminen oli keskimäärin yleisempää kuin kuusella. Ilmiö ei ilmeisesti johtunut sadetuksesta, koska harsuuntuminen näytti lisääntyvän kauempana sadettimista.

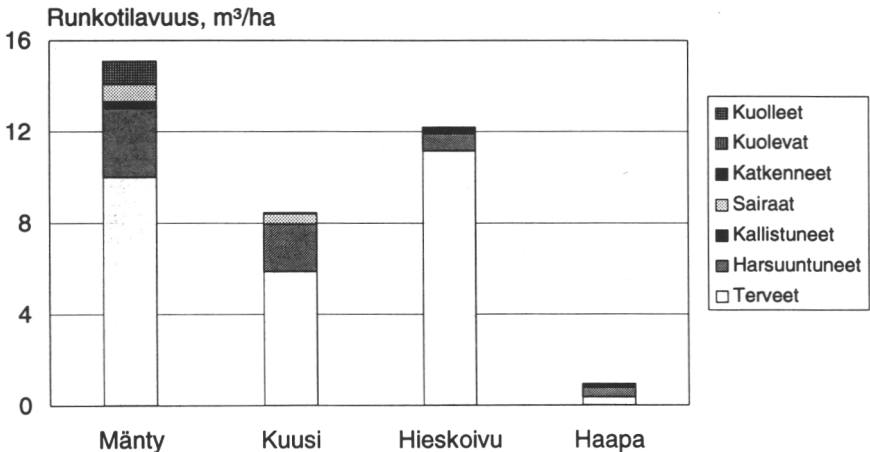
Taulukko 6.2. Puuston tilavuusosuudet puulajeittain ja kuntoluokittain Utajärven Erkansuon koalueella A elokuussa 1996.

Puulaji	Sadettimen etäisyys, m	Terveet	Kuolleet	Kuolevat	Saira	Kallistuneet	Harsuuntuneet
		% tilavuudesta					
Mänty	10-20	53	10	2	1	19	15
	20-30	63	0	10	3	15	10
	30-40	61	0	7	0	16	17
	40-50	47	0	0	0	19	35
	50-60	66	0	2	0	14	18
	60-70	37	0	0	0	0	63
	70-80	100	0	0	0	0	0
	Yhteensä	58	3	4	1	16	19
Kuusi	10-20	96	4	0	0	0	0
	20-30	31	5	0	0	0	64
	30-40	78	0	0	1	0	21
	40-50	95	0	0	4	0	0
	50-60	87	0	0	13	0	0
	60-70	100	0	0	0	0	0
	70-80	100	0	0	0	0	0
	Yhteensä	90	1	0	2	0	7
Puulajit yhdessä:	62	2	3	1	14	17	

Puuston keskimääräinen tilavuus alueella A oli 139 m³/ha syksyllä 1996, josta mäntyä oli 87 %, kuusta 11 % ja hieskoivua 2 %. Täysin terveitä puita oli 85 m³/ha (kuva 6.5). Kuolleita tai kuolevia puita oli 8 m³/ha ja kallistuneita mäntyjä 20 m³/ha.



Kuva 6.5. Puuston tilavuuden jakautuminen kuntoluokittain eri etäisyyksillä sadettimesta syksyllä 1996 Utajärven Erkansuon koealueella A.



Kuva 6.6. Puuston tilavuuden jakautuminen kuntoluokittain eri puulajeilla Utajärven Erkansuon koealueella B.

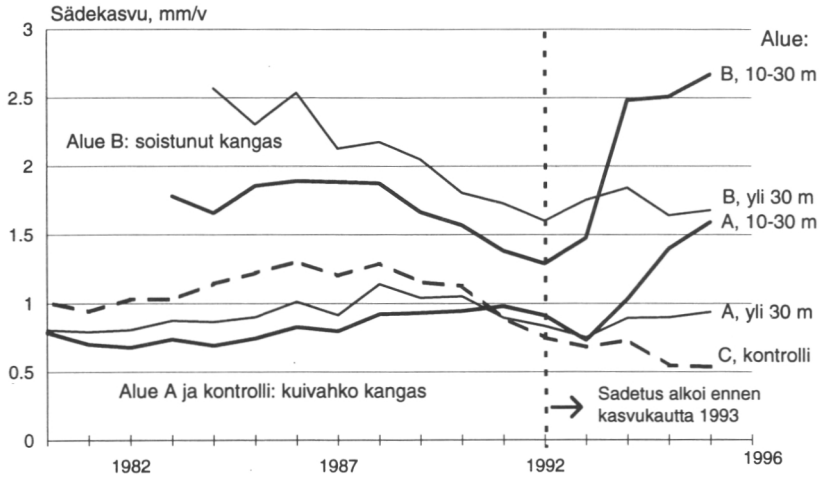
Koealueella B mäntyjen kunto oli selvästi parempi kuin koealueella A, sillä kuolleiden tai kuolevien osuus tilavuudesta oli 3 % ja sairaiden 4 % (taulukko 6.3 ja kuva 6.6). Kuusten kunto sen sijaan oli heikompi alueella B. Vain 39 % kokonaistilavuudesta oli terveitä puita eikä kunto riippunut etäisyydestä sadettimien. Harsuuntuneisuus oli yleisin (36 %) kuusten terveyttä heikentänyt tekijä. Muuten sairaita puita oli 20 % tilavuudesta. Hieskoivujen lehdet olivat humuspitoisen veden likaamia, mutta kunto oli hyvä. Harsuuntuneiden osuus oli vain 4,4 %. Alle 20 m etäisyydellä sadettimista oli kaikista puista terveitä vain 46 % ja yli 30 m päässä sadettimesta kunto oli normaali.

Taulukko 6.3. Puuston tilavuusosuudet kuntoluokittain ja puulajeittain elokuussa 1996 Utajärven Erkansuon koealueella B.

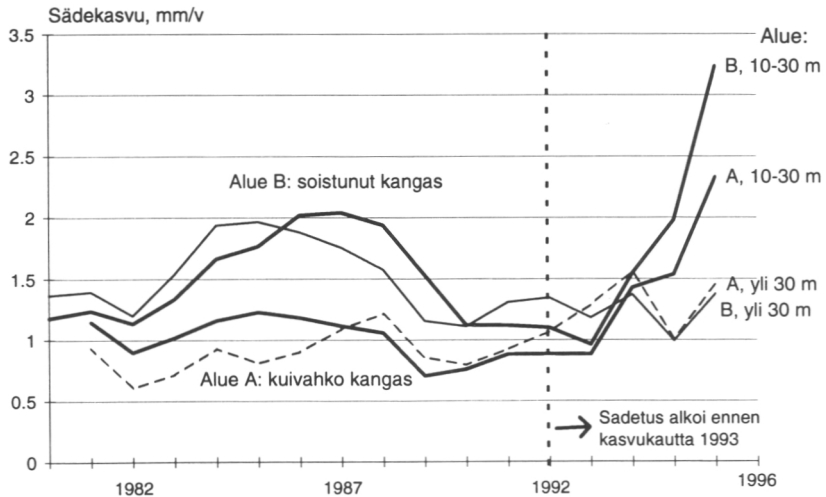
Etäisyys sadettimista, m	Tilavuudesta						
	Terveet	Kuolleet	Kuolevat	Sairaat	Kallistuneet	Harsuuntuneet	Katkenneet
	%						
10-20	46	18	0	14	0	23	0
20-30	72	2	0	1	4	18	2
30-40	86	0	0	2	0	12	0
40-50	81	0	0	3	0	15	1
50-60	86	0	0	1	0	10	3
60-70	85	0	0	0	0	14	0
70-80	49	0	0	7	0	44	0
80-90	98	0	0	0	0	2	0
80-100	99	0	0	0	0	2	0
Yhteensä	74	3	0	4	1	17	1
Mänty	74	2	0	2	2	19	1
Kuusi	39	3	1	20	1	36	1
Hieskoivu	92	1	0	1	1	4	1
Haapa	71	0	0	0	0	13	17

6.2.3 Puiden sädekasvu

Koalueella A tutkittiin puiden sädekasvun muutoksia lajeittain eri etäisyyksillä sadettimista. Sadetuskaudella 1993 - 1996 tapahtui kasvun muutoksia selvästi enemmän alle 30 m etäisyydellä sadettimista kuin kauempana. Männyllä ja kuusella 30 m osoittautui rajaksi, jonka sisäpuolella puut selvästi lisäsivät kasvuaan toisesta sadetuksen jälkeisestä kasvukaudesta lähtien (kuvat 6.7 ja 6.8).



Kuva 6.7. Männyjen keskimääräinen sädekasvu ja sen muutos Utajärven Erkansuon koalueilla A ja B sekä vertailualueella C.

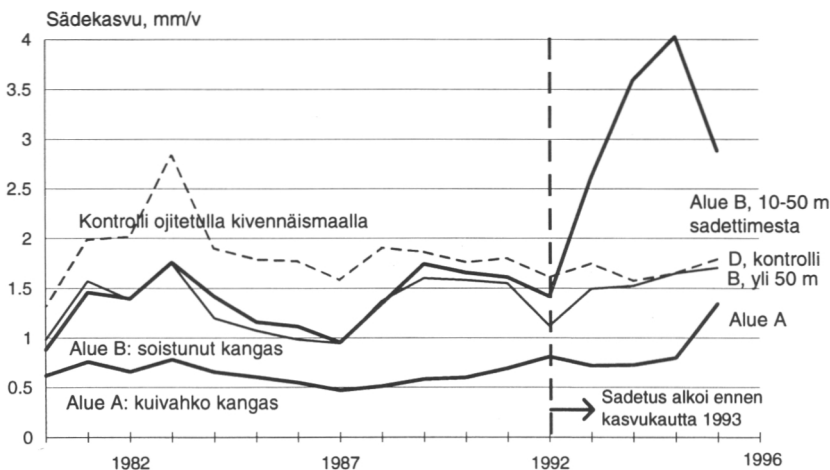


Kuva 6.8. Kuusten keskimääräinen sädekasvu ja sen muutos Utajärven Erkansuon koalueilla A ja B.

Sadetusta edeltäneen 5-vuotiskauden sädekasvu männyllä kaksinkertaistui neljänteen kasvukauteen mennessä. Enimmillään sädekasvu oli jopa kolminkertainen verrattuna kontrollialueen samoilta vuosilta mitattuun muutokseen. Lähellä sadettimia kasvun trendi oli jyrkästi nouseva kolmen viimeisen vuoden ajan. Yli 30 m etäisyydellä sadettimista mäntyjen kasvu ei muuttunut sadetusta edeltävään kauteen verrattuna. Siellä ei toisaalta havaittu sellaista sädekasvun taantuma kuin kontrollialueella (kuva 6.7).

Koalueella A kuusten sädekasvu keskimäärin 2,5-kertaistui alle 30 m etäisyydellä sadettimista. Ajallisesti muutos oli samanlainen kuin männyllä (kuva 6.8). Myös yli 30 m etäisyydellä sadettimista havaittiin lievä sädekasvun kohoaminen. Alueella oli harvakseltaan hieskoivuja ja nekin olivat melko kaukana sadettimista. Niiden sädekasvu ei muuttunut sadetuksen alettua lukuunottamatta selvää nousua vuonna 1996 (kuva 6.9). Noin puolet hieskoivuista sijaitsi lähellä reikäputkia, joilla sadettimet korvattiin vuonna 1995. Hieskoivujen sädekasvu näytti parantuneen välittömästi sadetusjärjestelmän teknisen muutoksen jälkeen. Sadettamattomalla vertailualueella D ei vastaavaa muutosta havaittu.

Koalueella B mäntyjen sädekasvu 1,7-kertaistui alle 30 m etäisyydellä sadettimista toisena kasvukautena sadetuksen aloituksen jälkeen ja pysyi siitä lähtien samalla tasolla (kuva 6.7). Kuusten sädekasvu on noussut vuosi vuodelta lukuunottamatta ensimmäistä sadetuksen jälkeistä kasvukautta ja vuonna 1996 se oli kolminkertainen aikaisempaan verrattuna (kuva 6.8). Yli 30 m etäisyydellä ei sadetuksesta johtuvia muutoksia havaittu kummallakaan havupuulla. Hieskoivulla sen sijaan havaittiin selvä kasvun lisääntyminen jopa 50 m etäisyydelle



Kuva 6.10. Hieskoivujen keskimääräinen sädekasvu ja sen muutos Utajärven Erkansuon koalueilla A ja B sekä vertailualueella D.

sadettimista (kuva 6.9). Kauempanakin kasvun lisäys oli jonkin verran korkeampi kuin vertailualueella D. Hieskoivujen sädekasvu reagoi havupuista poiketen heti ensimmäisenä kasvukautena ja kolmanteen vuoteen mennessä kasvu oli 2,5-kertainen (kuva 6.9). Neljäs sadetuksen jälkeinen kasvukausi oli jo heikompi. Erityisesti parhaiten sadetuksen jälkeen kasvaneiden koivujen kasvu alentui. Muutokset ovat olleet kokonaan sadetuksen aiheuttamia, koska vertailualueella D kasvu on pysynyt koko ajan tasaisena. Kasvun alentuminen neljäntenä kasvukautena voi johtua sadetusjärjestelmän muuttumisesta.

6.3. Yhteenveto puustotutkimuksista

Männyn neulasissa todetut reaktiot osoittavat puiden kasvupotentiaalin selvästi parantuneen sadetuksen seurauksena. Puut ovat hyödyntäneet pumppausvettä ja ennen kaikkea sen sisältämää typpeä ja kasvattaneet neulasmassaa. Lisääntynyt neulasmassa on mahdollistanut yhteyttämiskapasiteetin lisääntymisen. On todennäköistä, että vaikutus myös jatkuu sadetuksen lopettamisen jälkeen usean vuoden ajan.

Puiden kasvun ja terveyden kannalta neulasten typpipitoisuuden optimaalinen on kangasmailla n. 1,5 %. Kun pitoisuus ylittää arvon 1,8 %, riski puuston altistumiselle mm. pakkasvaurioille ja talveentumishäiriöille kasvaa selvästi. Alueella B neulasten typpipitoisuudet kohosivat ko. raja-arvon tuntumaan heti ensimmäisen kesän jälkeen. Tiedossa ei ole, jatkuiko kohoaminen vielä seuraavina vuosina. Vuonna 1996 neulasten typpipitoisuudet olivat kuitenkin jo alemmalla tasolla.

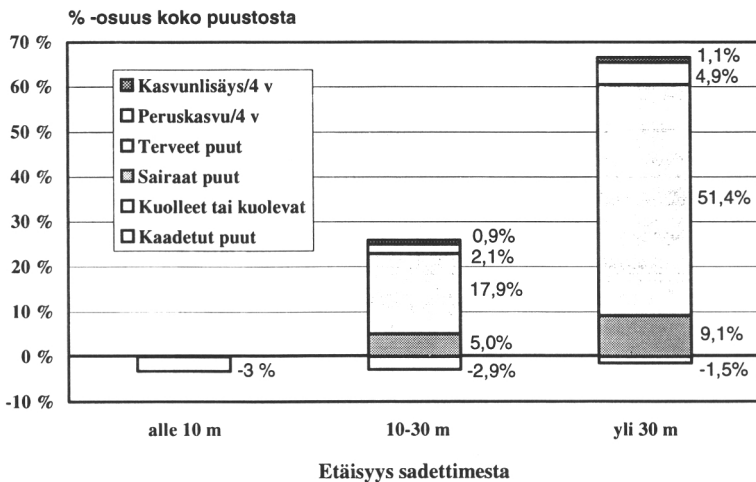
Sadetus alensi männynneulasten hivenainepitoisuuksia etenkin kuparin osalta. Kyseessä on lannoitustutkimuksista tuttu nk. ohentumisilmiö. Vaikka puiden maasta ottamat hivenravinnemäärät pysyvät vakiona, ravinnepitoisuudet yleensä alenevat, koska ravinteet ovat jakautuneena suurempaan neulasmassaan. Kuparin puutosrajaa metsäpuilla ei tarkoin tunneta. Sen vuoksi on vaikeaa arvioida, missä määrin tutkitut puut ovat kärsineet kuparin ohentumisesta.

Turvetuotantoalueen kuivatusvesien metsään sadettamisella oli sekä hyviä että huonoja vaikutuksia puuston kehitykseen. Korkeapainesadettimien aiheuttaman mekaanisen rasituksen vuoksi jouduttiin puut poistamaan noin 10 metrin etäisyydeltä sadettimista. Lisäksi puita kuoli tai sairastui 30 - 40 metrin etäisyydellä sadettimista. Enimmäkseen nämä olivat joko suoralle vesisuihkulle altistuneita tai veden vallassa olleissa notkopaikoissa kasvaneita puita. Puulajeista eniten kärsivät männyt ja vähiten hieskoivut. Kuusten latvusten alaosassa neulaset muuttuivat ruskeaksi humuspitoisen veden vaikutuksesta. Sadetuksen mekaaniset ja puita likaavat vaikutukset voidaan välttää käyttämällä korkeapaineisten sadettimien sijasta esim. reikäputkia ja huolehtimalla veden tasaisesta jakaantumisesta alueelle.

Isojen mäntyjen kallistuminen kuivahkon kankaan sadetusalueella voi johtua esim. siitä, että liika märkyys on estänyt hienojuurten uusiutumista ja on jo voinut aiheuttaa paksumpien pintajuurten lahoamista (Makkonen 1997). Muita mahdollisia syitä juuristovaurioihin voivat olla esimerkiksi maan hapettomuus ja routiminen.

Myönteisenä vaikutuksena oli terveinä pysyneiden puiden lisääntynyt kasvu. Terveiden puiden sädekasvu 2 - 3 kertaistui neljän vuoden tutkimusjakson aikana sadettimien välittömässä vaikutuspiirissä. Hieskoivulla lisäystä tapahtui vielä 50 metrin etäisyydellä sadettimista. Havupuille tyypillistä oli, että kasvu alkoi lisääntyä vasta toisena sadetuskesänä jatkuen sen jälkeen samanlaisena tutkimusjakson loppuun saakka. Hieskoivulla kasvun lisääntymistä todettiin välittömästi sadetuksen alettua. Kasvu kääntyi laskuun tutkimusjakson viimeisenä vuotena. Eräs heikentävästi vaikuttanut tekijä voi olla sadetusjärjestelmässä tapahtunut muutos. Se on muuttanut sadetusveden jakaumaa tutkimusalueen sisällä. Myös muut tekijät ovat voineet rajoittaa kasvua.

Kunnon seurannan kannalta neljän vuoden tutkimusjakso on verrattain lyhyt. Sadetusalueen pinta-ala on tärkeää mitoittaa sellaiseksi, että metsäalueen puhdistuskyky säilyy riittävänä ja puusto pysyy kunnossa. Puuston kehityksen kannalta yhteenveto tähänastisista tuloksista on esitetty kuvissa 6.10 ja 6.11. Lähtökohtana laskelmille on se, että hehtaaria kohden metsäalueelle on sijoitettu yksi vettä tasaisesti jakava reikäputki. Siitä vesi leviää tasaisesti kentälle ja puustolle noin 30 m:n säteellä kaikkiin suuntiin. Korkeapainesadettimien käyttämistä ei suositella niiden puustolle aiheuttaman rasituksen vuoksi.

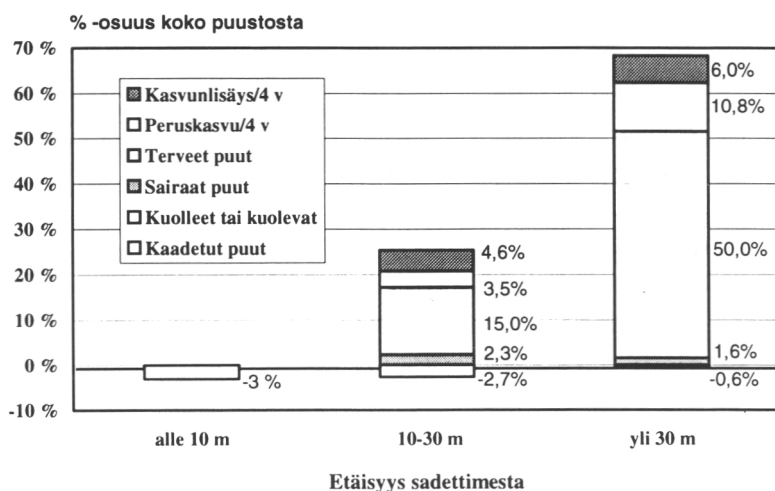


Kuva 6.10. Utajärven Erkansuon turvetuotantoalueen kuivatusvesien sadetusalueena toimivan metsäalueen puustotase neljän sadetuskesän jälkeen. Koealue A on kuivahkoa kangasta, puusto varttunutta mänty-kuusi sekametsikköä. Mitoituksena on yksi 30 m säteellä sadettava laite metsähehtaaria kohden.

Koalueelle A on neljässä vuodessa kertynyt noin 11 m³/ha sekä kuollutta, hakkattua ja kuolevaa puustoa (kuva 6.10). Korvaava normaalikasvun ylittävä lisäys on ollut 3 m³/ha, joten tappiota on tullut noin 8 m³/ha. Lisäksi sairaita puita on 20 m³/ha, joten lisää puustotappioita on odotettavissa.

Alavan, kohtalaisesti vettä läpäisevän sekametsäalueen (koalue B) kohdalla tulos on toisenlainen. Kuolleiden, sekä sadetusmenetelmän vuoksi kaadettujen ja kuolevien puiden yhteenlaskettu tilavuus on neljän vuoden jälkeen 4 m³/ha (kuva 6.11). Vastaavasti sadetuksen aiheuttama lisäkasvu on 7 m³/ha. Vaikka kaikki sairastuneetkin puut luettaisiin menetetyiksi, jää lopputulos tässä vaiheessa puuntuotoksen kannalta positiiviseksi.

Erkansuolta saatujen tulosten perusteella turvetuotantoalueen kuivatusvesien puhdistaminen onnistuu hyvin sadettamalla ne läheisiin kangasmetsiin. Puustoa ajatellen pienemmällä paineella ja tasaisemmin vettä levittävä reikäputkisto on korkeapaineisia pistemäisiä sadetuslaitteita parempi vaihtoehto. Arvokkaissa, etenkin mäntyvaltaisissa tukkipuustoissa tuhoriski voi olla suuri. Isojen mäntyjen kallistuminen koalueella A voi olla vakava oire juuristossa tapahtuneista muutoksista. Maan kivisyyden takia männyt pysyvät pystyssä pääasiassa pinta- ja hienojuuristonsa varassa. Liika märkyys on jo voinut vaurioittaa näitä juuria. Sopivimpia sadetuskohteita ovat tasaiset, vähintään kohtalaisesti vettä läpäisevät kangasmetsät, joissa puusto on mieluiten hieskoivua ja kuusta kasvavaa sekametsää. Mitoituskysymysten ja puuston terveydentilan takia tutkimusta on edelleen syytä jatkaa.



Kuva 6.11. Utajärven Erkansuon koalueen B puustotase neljän sadetuskesän jälkeen. Alue on soistunutta kangasta, jossa kasvaa eri-ikäistä sekametsikköä. Mitoituksena on yksi 30 m säteellä sadettava laite metsähehtaaria kohden.

7 Kasvillisuus

7.1 Aineisto ja menetelmät

Kasvillisuuden seurantaan varten alueelle A perustettiin vuoden 1991 elokuussa 49 kpl 1 m² :n suuruisia kasvillisuusruutuja, alueelle B 54 ja vertailualueelle C 20 vastaavaa kasvillisuusruutua (kuvat 1.4 ja 1.5). Kasvillisuusruudut sijaitsevat sadettimien ympärillä, sadettimista pohjavesikaivojen kautta metsikön reunaan ulottuvilla puuston tutkimuslinjoilla. Ruudut merkittiin maastoon ennen sadetukseen aloitusta syksyllä 1991. Lisäksi Suojärven rantaan merkittiin 16 kasvillisuusruutua.

Ruuduista määritettiin kasvilajit vuosina 1991, 1993 ja 1996. Suojärven ranta-alueen koealoja ei tutkittu vuonna 1996 järven vesipinnan korkeuden takia. Näin ollen vaikutuksia ranta-alueen kasvillisuuteen ei käsitellä tarkemmin tässä raportissa.

Sadetuksen vaikutuksen selvittämiseksi ruudut ryhmiteltiin sadettimen etäisyyden mukaan neljään ryhmään: korkeintaan 10 m, 11 - 30 m, 31 - 50 m ja yli 50 m sadettimesta. Ryhmittely tapahtui sadettimien alkuperäisen sijainnin mukaan, joten syksyllä 1995 asennettujen reikäputkien sijainnin vaikutuksia putkien lähialueiden ruutuihin ei ole tarkastelussa erikseen huomioitu. Koska reikäputket kasvelevat aluetta kauempaa kuin alkuperäiset sadettimet, toimenpiteen seurauksena muutamat kaukanakin alkuperäisistä sadettimista olleet ruudut ovat saaneet runsaasti vettä reikäputkien asennuksen jälkeen.

Välittömästi sadetinten ympäriltä jouduttiin vuonna 1992 poistamaan kaikki puut noin 10 metrin säteeltä, koska paikoitellen niiden kuori irtosi voimakkaan vesisuihkun vaikutuksesta ja puut estivät veden tasaista leviämistä maastoon.

7.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

Lajistomuutokset

Taulukossa 7.1 on esitetty Erkansuon koealueilla A ja B sekä vertailualueella C esiintyvät kasvilajit tutkimuksen alkaessa sekä vuonna 1996, jolloin sadetus oli alueella ollut kesäisin käytössä viisi vuotta.

Taulukossa 7.2 on esitetty yleisimpien kasvilajien esiintymisfrekvenssit ja keskimääräiset peittävyudet vuosina 1991 ja 1996. Ruudut on ryhmitelty sadettimen etäisyyden mukaan.

Taulukko 7.1. Utajärven Erkansuon kasvillisuusruuduissa tavattujen yleisimpien kasvilajien esiintymisfrekvenssit ja keskimääräiset peittävyudet vuosien 1991 ja 1996 tutkimuskerroilla.

Lajit	Alue A						Alue B						Alue C						
	Esiintymisfrekvenssi			Keski-määräinen			Esiintymisfrekvenssi			Keski-määräinen			Esiintymisfrekvenssi			Keski-määräinen			
	1991 kpl	1996 kpl	%	1991 %	1996 %	peittävyys	1991 kpl	1996 kpl	%	1991 %	1996 %	peittävyys	1991 kpl	1996 kpl	%	1991 %	1996 %	peittävyys	
Ahosuolaheinä - <i>Rumex acetosella</i>	1			2.0		0.1													
Haapa - <i>Populus tremula</i>							4	1	7.4	1.9	0.0	0.0	1	0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hieskoivu - <i>Betula pubescens</i>	2	6	4.1	12.2	0.0	0.1	2	16	3.7	29.6	0.0	0.6	4	2	20.0	10.0	0.1	0.0	0.0
Hirvenjäkäliä - <i>Cetraria</i> sp.																			
Juolukka - <i>Vaccinium uliginosum</i>	23	23	46.9	46.9	2.0	2.5	42	42	77.8	77.8	10.9	11.8	5	5	25.0	25.0	0.9	0.5	0.5
Kanerva - <i>Calluna vulgaris</i>	4	2	8.2	4.1	0.1	0.1							6	6	30.0	30.0	0.8	0.8	0.8
Kangaskynsisammal - <i>Dicranum polysetum</i>	47	43	95.9	87.8	3.9	3.3	39	24	72.2	44.4	2.8	1.1	18	19	90.0	95.0	10.6	8.7	8.7
Kangasmaitikka - <i>Melampyrum pratense</i>	7	14	14.3	28.6	0.1	0.2	4	17	7.4	31.5	0.0	0.1	1	2	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0
Karpalo - <i>Vaccinium oxycoccos</i>							3	3	5.6	5.6	0.1	0.0							
Kataja - <i>Juniperus communis</i>	5	4	10.2	8.2	0.3	0.3													
Kerrossammal - <i>Hylacomium splendens</i>	42	40	85.7	81.6	33.2	21.4	50	49	92.6	90.7	26.9	17.8	6	5	30.0	25.0	4.4	2.6	2.6
Kevätpiippo - <i>Luzula pilosa</i>	1			2.0		0.0													
Korpikarhunsammal - <i>Polytrichum commune</i>	2	5	4.1	10.2	0.0	0.1	14	14	25.9	25.9	3.6	3.6							
Kuusi - <i>Picea abies</i>	0	3	0.0	6.1	0.0	0.0	6	4	11.1	7.4	0.0	0.1							
Luhtavilla - <i>Eriophorum angustifolium</i>	1			2.0		0.0		2		3.7		0.1							

Lajit	Alue A						Alue B						Alue C					
	Esiintymisfrekvenssi 49 ruudussa			Keski- määräinen peittävyys			Esiintymisfrekvenssi 54 ruudussa			Keski- määräinen peittävyys			Esiintymisfrekvenssi 20 ruudussa			Keski- määräinen peittävyys		
	1991 kpl	1996 kpl	%	1991 %	1996 %	%	1991 kpl	1996 kpl	%	1991 %	1996 %	%	1991 kpl	1996 kpl	%	1991 %	1996 %	%
Maitohorsma - <i>Epilobium angustifolium</i>	2	2	4.1	0.0	0.0	0.0	3	3	5.6	0.1								
Metsälauha - <i>Deschampsia flexuosa</i>	7	17	14.3	34.7	0.0	0.4	10	14	18.5	25.9	0.4	0.7	1	1	5.0	5.0	0.0	0.0
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	49	47	100.0	95.9	24.1	21.3	51	46	94.4	85.2	7.3	7.5	20	20	100.0	100.0	7.9	7.0
Muurain - <i>Rubus chamaemorus</i>	4	13	8.2	26.5	0.0	0.1	9	11	16.7	20.4	0.1	0.3	4	4	20.0	20.0	0.1	0.1
Nuokkuvarstasammal - <i>Pohlia nutans</i>	2	1	4.1	2.0	0.0	0.0	3	0	5.6	0.0	0.1	0.0						
Nurmilauha - <i>Deschampsia cespitosa</i>	2	2	4.1	0.0	0.0	0.0	6	6	11.1	11.1	0.1							
Paju (useita lajeja) - <i>Salix spp.</i>							37	39	68.5	72.2	0.6	6.4						
Pallosara - <i>Carex globularis</i>							8	1	14.8	1.9	0.1	0.0	5	4	25.0	20.0	0.1	0.1
Pikaritorvijäkälä - <i>Cladonia sp.</i>																		
Pilkkuhajakäkälä - <i>Peltigera apthosa</i>	1	2	2.0	4.1	0	0.0	1	1	1.9	1.9	0.0	0.0	3	4	15.0	20.0	0.3	0.1
Poronjäkälä - <i>Cladonia sp.</i>							13	5	24.1	9.3	0.1	0.0	18	16	90.0	80.0	1.5	0.8
Puikkotorvijäkälä - <i>Cladonia cornuta</i>							10	3	18.5	5.6	0.1	0.0	5	7	25.0	35.0	0.1	0.1
Puoliukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	49	47	100.0	95.9	9.1	10.9	54	52	100.0	96.3	8.5	8.5	20	20	100.0	100.0	26.7	29.4
Raita - <i>Salix caprea</i>													1	1	5.0	5.0	0.2	0.2
Rantanenätti - <i>Rorippa palustris</i>	2	2	4.1															
Riidenlieko - <i>Lycopodium annotinum</i>	1	1	2.0	2.0	0.2	0.0												
Rämekartunsaammal - <i>Polytrichum strictum</i>							11	9	20.4	16.7	1.8	0.6	1	0	5.0	0.0	0.0	0.0
Rämekeynsisammal - <i>Dicranum undulatum</i>	3	0	6.1	0.0	0.1	0.0	7	1	13.0	1.9	0.1	0.0	13	14	65.0	70.0	5.5	3.8

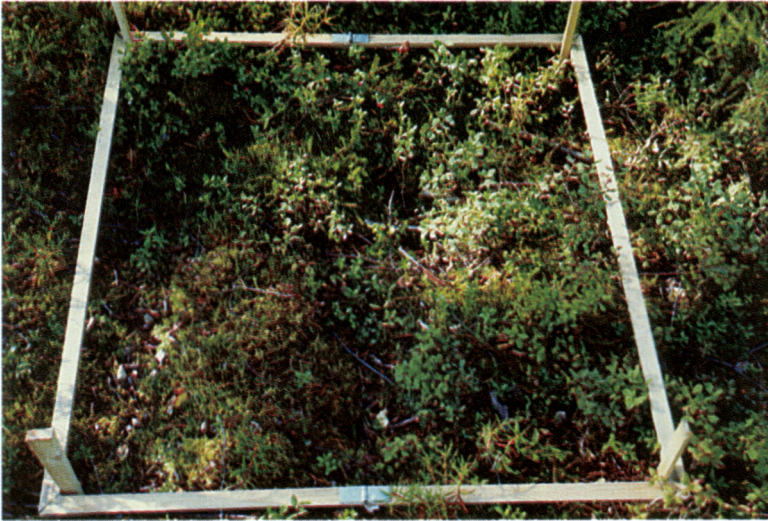
Lajit	Alue A						Alue B						Alue C							
	Esiintymisfrekvenssi			Keski-			Esiintymisfrekvenssi			Keski-			Esiintymisfrekvenssi			Keski-				
	tutkituissa		%	määräinen		%	tutkituissa		%	määräinen		%	tutkituissa		%	määräinen		%		
	1991	1996	1991	1996	1991	1996	1991	1996	1991	1996	1991	1996	1991	1996	1991	1996	1991	1996		
	kpl	kpl	%	%	%	%	kpl	kpl	%	%	%	%	kpl	kpl	%	%	kpl	kpl	%	%
	49	49	49	49	49	49	54	54	54	54	54	54	20	20	20	20	20	20	20	20
Röyhkelötonvijäkälä - <i>Platismatia glauca</i>	5	10.2	0.1		4	7.4							1	1	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sara (useita lajeja) - <i>Carex</i> spp.	48	27	98.0	55.1	47.5	22.1	53	33	98.1	61.1	38.0	14.1	20	20	100.0	100.0	57.0	52.8		
Seinäsammal- <i>Pleurozium schreberi</i>	1	2.0	0.0		4	20.4														
Suikerosammal- <i>Brachyegium</i> sp.	2	1	4.1	2.0	0.1	0.0	1	1	1.9		0.0		1	1	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sulkasammal- <i>Ptilium crista-castrensis</i>	6	12.2	0.3		11	20.4														
Suohorsma - <i>Epilobium palustre</i>					1	0	1.9	0.0	0.0	0.0										
Suokukka - <i>Andromeda polifolia</i>	2	4.1	0.0		8	14.8	16.7	0.5	0.5											
Suonihuopasammal- <i>Aulacomnium palustre</i>	13	12	26.5	24.5	0.9	1.0	42	31	77.8	57.4	3.5	3.1	1	1	5.0	5.0	3.0	3.0	1.0	1.0
Suopursu - <i>Ledum palustre</i>					1	1.9														
Tupasvilla - <i>Eriophorum vaginatum</i>	22	19	44.9	38.8	0.6	0.9	4	3	7.4	5.6	0.2	0.2	1	2	5.0	10.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Vaivero - <i>Chamaedaphne calyculata</i>	15	13	30.6	26.5	1.6	1.4	37	36	68.5	66.7	4.9	3.5	18	18	90.0	90.0	5.2	5.0	5.0	5.0
Vanamo - <i>Linnaea borealis</i>					15	9	27.8	16.7	10.0	8.5										
Variksenmarja - <i>Empetrum nigrum</i>					4	8.2	0.0													
Varvikkorahkasammal - <i>Sphagnum russowii</i>																				
Vesitähti - <i>Callitriche</i> sp.																				

Taulukko 7.2. Yleisimpien kasvilajien esiintymisfrekvenssin ja peittävyden muutoksia vuosien 1991 ja 1996 välillä alueilla A, B ja C Utajärven Erkansuolla. Peittävyden eroja on testattu pareittain t-testillä (- vähentynyt; + lisääntynyt; * p<0.05 ja p>0.01, ** p<0.01 ja p>0.001, *** p<0.001, ns. ero ei ole tilastollisesti merkitsevä).

Laji	Esiintyminen ruuduissa vuosina				Peittävyden keskiarvot vuosina				Peittävyden erot			
	1991 ja 1996				1991 ja 1996				(pareittainen t-testi)			
	<11 m (n = 17)	11-30 m (15)	31-50 m (9)	>50 m (8)	<11 m (n = 17)	11-30 m (15)	31-50 m (9)	>50 m (8)	<11 m (n=17)	11-30 m (15)	31-50 m (9)	>50 m (8)
Alue A												
Mustikka	17-15	15-15	9-9	8-8	23,5-16,3	27-24,9	32,3-35,3	0,6-9,5	ns	ns	ns	ns
Puolukka	17-15	15-15	9-9	8-8	10,2-7,7	7,6-11,7	10,9-16,8	7,6-9,5	ns	ns	ns	+
Juolukka	5-5	10-10	4-4	4-4	0,3-0,5	4,2-5,7	1,9-1,3	1,9-1,9	ns	ns	ns	ns
Suopursu	3-2	4-4	2-2	4-4								
Variksenmarja	0-0	5-5	5-3	5-5		0,5-0,6	4,8-3,6	3,1-3,6		ns	ns	ns
Vanamo	9-7	9-8	3-3	1-1	0,5-0,3	1,2-2,2	0,4-0,4	0,1-0,3	ns	ns	ns	ns
Metsälauha	1-8	4-7	2-2	0-0								
Pallosara	0-0	0-0	0-0	0-0								
Kerrossammal	17-15	14-14	7-6	4-5	33,9-15,6	36,7-28,3	44,4-32,2	12,4-8,9	-*	-*	ns	ns
Seinäsammal	17-0	15-10	8-9	8-8	42,7-0,0	46,0-20,7	43,9-37,8	64,8-54,0	-***	-***	ns	ns
Kynsisammal	16-11	15-15	9-9	8-8	4,4-0,9	2,8-2,6	1,6-1,8	8,2-11,1	-*	ns	ns	ns
Alue B												
Mustikka	15-11	16-16	11-11	10-10	3,0-0,8	6,8-7,9	10,8-14,2	11,0-10,8	-*	ns	+	ns
Puolukka	17-15	16-16	11-11	10-10	6-2,6	10,7-13,0	10,8-12,3	6,8-7,2	-*	ns	ns	ns
Juolukka	16-16	14-14	5-5	7-7	14,1-15,1	12,4-13,0	6,7-8,3	9-9,5	ns	ns	ns	ns
Suopursu	16-5	14-14	5-5	7-7	3,5-0,6	3,4-4,4	4,3-5,1	2,2-3,2	-***	+	ns	ns
Variksenmarja	14-13	12-12	5-5	6-6	5,5-1,8	4,8-4,0	2,6-3,3	4,3-6,0	-**	ns	ns	ns
Vanamo	0-0	0-0	0-0	0-0								
Metsälauha	4-8	3-2	1-2	2-2	0,1-1,2	0,2-0,3	0,3-0,6	1,2-1,0	+	ns	ns	ns
Pallosara	9-13	12-12	8-6	8-8	0,4-10,8	0,5-2,1	0,6-2,1	1,3-2,3	+	+	ns	ns
Kerrossammal	16-15	15-15	11-11	8-8	20,9-13,1	31,6-23,1	33,6-24,1	19,1-11,3	ns	-*	ns	ns
Seinäsammal	17-0	16-15	11-10	9-8	43,3-0,0	43,9-19,4	35,9-22,6	23,1-20,2	-***	-***	-*	ns
Kynsisammal	14-2	11-10	7-6	7-6	3,8-0,1	1,8-1,0	1,8-0,9	4,6-3,3	-*	-*	-*	-*

Ainoat erot vuosien 1991 ja 1996 välillä olivat kynsisammalella (-*) ja poronjäkälellä (-***).

Sadettimien lähellä (korkeintaan 10 m) kasvilajien esiintymisessä oli tapahtunut muutoksia selvästi enemmän kuin kauempana sadettimista. Alueilla A ja B oli seinäsammal (*Pleurozium schreberi*) hävinnyt kokonaan lähiruuduista ja sen esiintymisfrekvenssi sekä peittävyys olivat pienentyneet myös kauempana (kuvat 7.1 ja 7.2). Kerrossammalta (*Hylocomium splendens*) kasvoi edelleen sadetinten lähialueillakin, mutta sen peittävyys oli merkitsevästi pienentynyt.

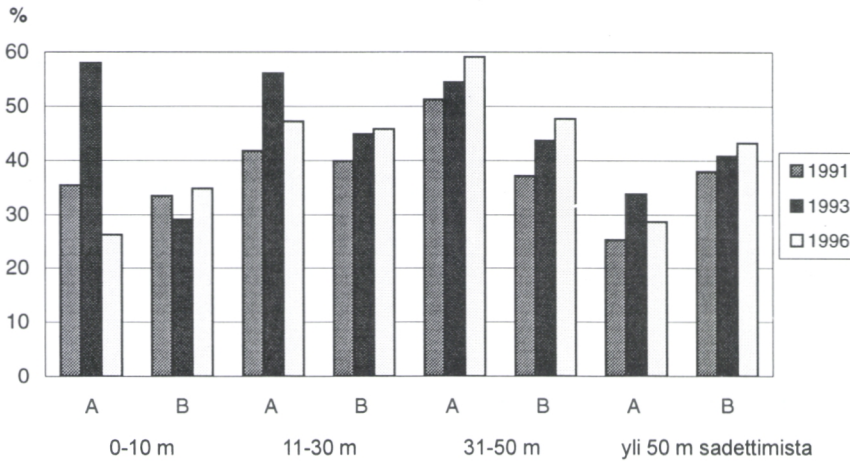


Kuva 7.1. Utajärven Erkansuon kasvillisuusruutu B4 elokuussa 1991 ennen sadetusta. Kenttäkerroksessa valtalajit ovat juolukka ja variksenmarja, pohjakerroksessa seinäsammal. Etäisyys sadettimeen 10 m. Valok. L. Ijäs.

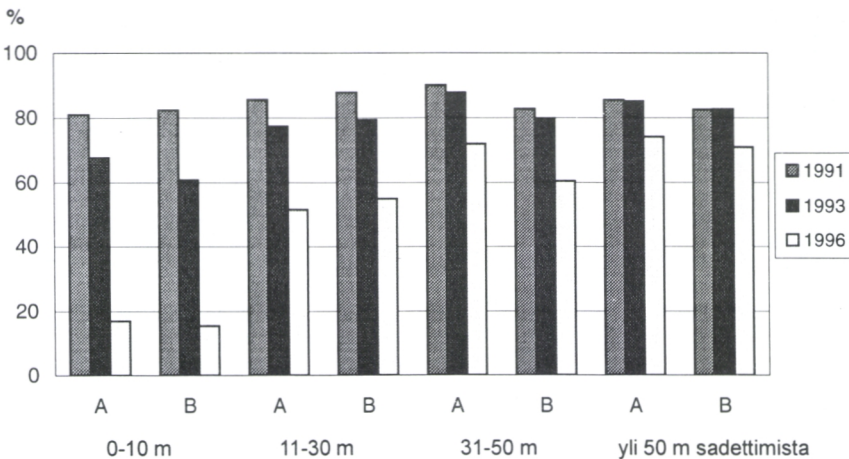


Kuva 7.2. Utajärven Erkansuon kasvillisuusruutu B4 elokuussa 1996. Pallosara on vallannut voimakkaasti alaa varvuilta. Juolukka on säilyttänyt asemansa, mutta variksenmarja on vähentynyt selvästi. Seinäsammal on hävinnyt kokonaan. Valok. L. Ijäs.

Mustikan (*Vaccinium myrtillus*), puolukan (*Vaccinium vitis-idaea*), suopursun (*Ledum palustre*) ja variksenmarjan (*Empetrum nigrum*) peittävyys väheneminen oli tilastollisesti merkitsevää vain alueella B. Metsälauha (*Deschampsia flexuosa*) ja pallosara (*Carex globularia*) olivat runsastuneet varsinkin sadetinten lähellä, pallosara vielä 11 - 30 m etäisyydelläkin. Koivun (*Betula* sp.) ja männyn (*Pinus sylvestris*) pieniä taimia tavattiin vuonna 1996 selvästi useammassa ruudussa kuin tutkimuksen alussa.



Kuva 7.3. Kenttäkerroksen kasvilajien keskimääräinen kokonaispeittävyys Utajärven Erkansuon alueilla A ja B eri etäisyyksillä sadetimesta vuosina 1991, 1993 ja 1996.



Kuva 7.4. Pohjakerroksen kasvilajien keskimääräinen kokonaispeittävyys Utajärven Erkansuon alueilla A ja B eri etäisyyksillä sadetimesta vuosina 1991, 1993 ja 1996.

Muutokset kenttäkerroksen kasvillisuudessa eivät olleet niin suuria kuin pohja-kerroksessa (kuvat 7.3 ja 7.4). Joissakin ruuduissa tosin kenttäkerroksenkin kasvillisuus oli kokonaan hävinnyt liian kosteuden ja sadetuksen mekaanisen rasi- tuksen vuoksi. Kenttäkerroksen lajien esiintymisfrekvenssi oli sadettimien lähel- lä vähentynyt verrattuna kaukaisempiin ruutuihin.

Kenttäkerroksessa varsinkin sadettimien lähellä (alle 10 m) tavattiin vuonna 1996 useita uusia lajeja, joita vuonna 1991 ei havaittu.

Koalueella A uusia lajeja olivat:

maitohorsma (*Epilobium angustifolium*, 2 ruudussa 17:sta tutkitusta)
suohorsma (*Epilobium palustre*, 5/17)
luhtavilla (*Eriophorum angustifolium*, 1/17)
nurmilauha (*Deschampsia flexuosa*, 2/17)
saroja (*Carex canescens*, lajeja useampiakin, mutta porojen ja jänisten laidunnuksen takia ei voitu määrittää, 4/17)
kevätipiippo (*Luzula pilosa*, 1/17)
ahosuolaheinä (*Rumex acetosella*, 1/17)
rantanenätti (*Rorippa palustris*, 2/17)
vesitähti (*Callitriche* sp., 4/17)

Koalueella B uusia lajeja olivat:

maitohorsma (*Epilobium angustifolium*, 2/17)
suohorsma (*Epilobium palustre*, 11/17)
luhtavilla (*Eriophorum angustifolium*, 2/17)
saroja (*Carex canescens*, lajeja useampiakin, mutta porojen ja jänisten laidunnuksen takia ei voitu määrittää, 4/17)
paju (*Salix* sp., 6/17)
tupasvilla (*Eriophorum vaginatum*, 1/17)

Peittävyyksien tarkastelussa havaittiin puolukalla (alue A) sekä mustikalla ja suopursulla (alue B) muutamissa vertailuryhmissä peittävyuden lisääntymistä kauempana sadettimista (kuva 7.5).

Aikaisemmin on jo todettu (Selin ym. 1994), että vuonna 1993 havaitut kasvilli- suusmuutokset lähtötilanteeseen verrattuna olivat selvästi havaittavissa vain sa- dettimien runsaan kastelun alueilla ja notkelmissa. Vuoden 1996 tutkimuskerral- la voitiin nähdä selvästi pitemmän jakson ja tehostuneen sadetuksen aiheuttama kehityssuunta tutkimusalueella. Pääpaino tässä raportissa on pantu vuosien 1991 ja 1996 välisten erojen tarkasteluun.



Kuva 7.5. Kosteuden ja ravinteiden lisääntymisestä aiheutunut varpukasvuston (mustikka, juolukka) selvä rehevöityminen Utajärven Erkansuon ruudussa A54 elokuussa 1996. Etäisyys sadettimien 30 m. Valok. L. Ijäs.

Sadettimien ja reikäputkien suoran kastelun alue on joutunut vuosien mittaan suuren hydraulisen kuormituksen kohteeksi, kuten aikaisemmin tässä raportissa on todettu. Tällöin maaperän vedenläpäisykyky ja pinnanmuodot vaikuttavat ratkaisevasti vesien liikkeisiin ja mahdolliseen kerääntymiseen maan pinnalle (kuva 7.6). Sadetusalueilla on havaittavissa painanteissa ja suoran vesisuihkun vaikutuspiirissä kasvillisuuden täydellinen häviäminen. Pahimmilla paikoilla jäljellä on enää varpujen kappaleita ja pohjakerroksen kasvien tummuneita jäänteitä (kuva 7.7).

Selvimmät vaikutukset näkyvät melko pienillä alueilla ja niiden pinta-ala voidaan karkeasti arvioida sadettimien kastelualan etäisyyden perusteella. Jos arvioidaan, että 20 - 30 m päässä sadettimista haitallisia vaikutuksia oli vielä selvästi nähtävissä, sadettimien ympärillä tällainen alue olisi kooltaan noin 1 000 - 3 000 m². Tällöin kolmen sadettimen kokonaispinta-ala olisi 3 000 - 9 000 m², ja alue edustaa noin 5 % alueen A kangasmetsän pinta-alasta ja 1 - 3 % alueen B kangasmetsän alasta. Voimakkaasti muuttuneet alueet eivät ole pinta-alaltaan merkittäviä koko metsikkökuvioita tarkasteltaessa.

Sadetusalueilla olevat notkelmat, joista vesi ei ole imeytynyt tai virrannut pois, muuttuivat tehokkaan sadetuksen alettua pysyviksi lammikkoalueiksi. Alueella A oli kaksi erillistä lammikkoa. Alueella B vastaavaanlaisia kohtia ei ollut, koska maanpinta vietti tasaisemmin eri suuntiin valuttaen vettä ympärillä oleviin reuna-oggiin. Alueen A notkelmissa vaikutukset ovat suuria sekä aluskasvillisuudessa



Kuva 7.6. Sadetuksen aiheuttamat suuret kasvillisuusmuutokset rajoittuvat kaltevalla paikalla korkeintaan muutamien kymmenien neliömetrien alueelle. Kuvassa nähdään, että vesisuihku on piiskannut kasvillisuuden lähes olemattomiin. Utajärven Erkansuon koealue A elokuussa 1996. Valok. L. Ijäs.



Kuva 7.7. Notkelmiin kuivatusvesiä kerääntyy lammikoksi, jolloin kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuus häviää. Utajärven Erkansuon ruutu A17 elokuussa 1996. Valok. L. Ijäs.

että puustossa, jotka ruskettuivat liiasta kosteudesta. Alueen A toisesta notkelmasta vedet johdettiin vuonna 1994 ojalla kaltevampaan rinteeseen. Toisella notkelma-alueella reikäputkien asentaminen on vähentänyt kastelualan kuormitusta, mutta alue oli vuonna 1996 hyvin märkä estäen tai ainakin huomattavasti haitaten normaalin kangasmetsä-kasvillisuuden menestymistä. Sopivan kosteissa notkelmissa uudet tulokaslajit, kuten horsmat, sarat, rantanenätit ja suolaheinät esiintyvät runsaimmillaan. Kasvit ovat hyötäneet kasteluvesien mukana tulleist ravinteista ja kiintoaineesta. Kiintoaineen määrän osalta voidaan todeta, että viidenkään vuoden sadetuksen jälkeen alueella ei ole havaittavissa merkittäviä kuivatusvesien mukana tulleita, kasveille haitallisia kiintoainekerääntymiä.

Siirryttäessä sadetusalueiden ulkopuolelle uusia lajeja tai haitallisia vaikutuksia ei ole helposti nähtävissä. Ruuduittaisessa tarkastelussa voi kuitenkin havaita, että kenttäkerroksen lajien peittävyudessa on tapahtunut paikoin selvää rehevöitymistä sadetusalueen reunoilla ja rinteillä vesien valuntapinnoilla. Kosteudesta ja ravinteiden lisääntymisestä johtuvaa rehevöitymistä oli nähtävissä myös puiden katveeseen jääneissä lähiruuduissa erityisesti mätäspinoilla (kuva 7.5). Paikoittaista rehevöitymistä osoittivat myös keskimääräisissä peittävyyksissä todetut erot näyteruuduissa eräissä vuosien 1991 ja 1996 välillä tehdyissä testeissä. Ravinteisuuden ja rehevyyden lisääntymistä osoittavat myös esim. sammalien tummanvihreä väri sadettimien vaikutuspiirissä.

7.3 Yhteenveto kasvillisuudesta

Sadetusalueilla kasvilajien menestymiseen vaikuttaa oleellisesti ruudun sijainti sadettimien nähden. Sijainnista voi olla kasvilajille hyötyä kosteuden ja ravinteiden lisääntymisen muodossa tai haittaa mekaanisen rasituksen tai esimerkiksi liiallisen kosteuden vuoksi. Näin ollen keskiarvojen erot eivät välttämättä kerro kaikkea ilmenneistä kasvupaikkakohtaisista muutoksista. Tarkastelujakson pidentyminen on tehnyt erot selvemmiiksi aikaisempiin tuloksiin verrattuna. Tulosten kokonaistarkastelu antaa viitteitä myös siitä, että vuonna 1993 kenttäkerroksen kasvilajit hyötivät niukoista sadetusvesistä, mikä ilmeni lajien peittävyuden kasvuna lähtötilanteeseen verrattuna. Tilanne kuitenkin muuttui sadetuksen lisääntyessä.

Kaikki koealueilla havaitut muutokset sadettimien lähialueiden kasvillisuudessa eivät johdu kuivatusvesien vaikutuksesta. Merkittävä tekijä kasvillisuuden muuttumiseen on puiden poisto sadettimien ympäriltä syksyllä 1992. Tällaisten alueiden kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuus muuttuu luonnollisesti valaistus-, kosteus- ja ravinneolojen muuttuessa. Myös ennen kokeen alkua tehdyt puuston harvennushakkuut koealueilla aiheuttavat kasvillisuuteen pitkän aikavälin muutoksia. Vuoden 1996 havaintojen perusteella on kuitenkin pääteltävissä, että suurin

yksittäinen tekijä tutkimuksessa havaittuihin muutoksiin on kuitenkin sadetuksesta johtuva mekaaninen räsitus sekä kosteus- ja ravinneolojen muutos.

Pohjakerroksen kasvillisuudelle muuttuneet olosuhteet aiheuttavat ymmärrettävästi suurimmat vaikutukset. Varsinkin seinäsammal näyttää kärsivän kerrosammalta enemmän ja häviää kosteimmilta sadetusalueilta kokonaan. Kenttäkerroksen lajeille olosuhteiden muutokset eivät aiheuta yhtä suuria sopeutumisvaikeuksia ja haitta-alueet ovat suppeampia. Rehevöityviä kohtia syntyy varjostuksen ja pinnanmuotojen puolesta suotuisiin paikkoihin. Vähiten vaikutuksia kasvillisuudelle aiheutuu silloin kun vedet saadaan jaettua mahdollisimman hienona suihkuna ja maanpinta on tasaisesti viettävä estäen vesien kerääntymisen lamikoiksi. Putkilinjojen siirrettävyys parantaisi myös kasvillisuuden selviytymismahdollisuuksia. Siirtäminen olisi tarpeen tehdä 1 - 2 kertaa kesän aikana ja vuosien välillä voitaisiin käyttää samaa kiertoa.

8 Kasviplankton

8.1 Aineisto ja menetelmät

Vuonna 1995 ja 1996 otettiin sekä kasvi- että eläinplanktonnäytteitä Erkansuon koealue A:n lähellä sijaitsevasta Suojärvestä. Näytteet analysoitiin Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy:ssä. Kasviplanktonnäytteet otettiin Ruttner-noutimella (n. 2 l). Näyte (200 ml) kestäväitettiin maastossa Lugolin -liuoksella ja myöhemmin laboratoriossa neutraloidulla formaliinilla. Kasviplanktonlajiston mikroskooppinen määrittäminen tehtiin ns. 500-yksikkömenetelmällä ja määrittästyön teki FK Kristiina Eskonen T:mi Bikrobiosta. Lisäksi Suojärvestä määritettiin a-kloorofyyllipitoisuus Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy:n laboratoriossa standardin SFS5772 mukaisesti.

8.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

Kasviplanktonitutkimustulokset käyvät ilmi taulukosta 8.1 ja kuvista 8.1 ja 8.2.

Taulukko 8.1. Utajärven Erkansuon lähellä sijaitsevan Suojärven kasviplanktonilajisto ja biomassa kesällä 1996.

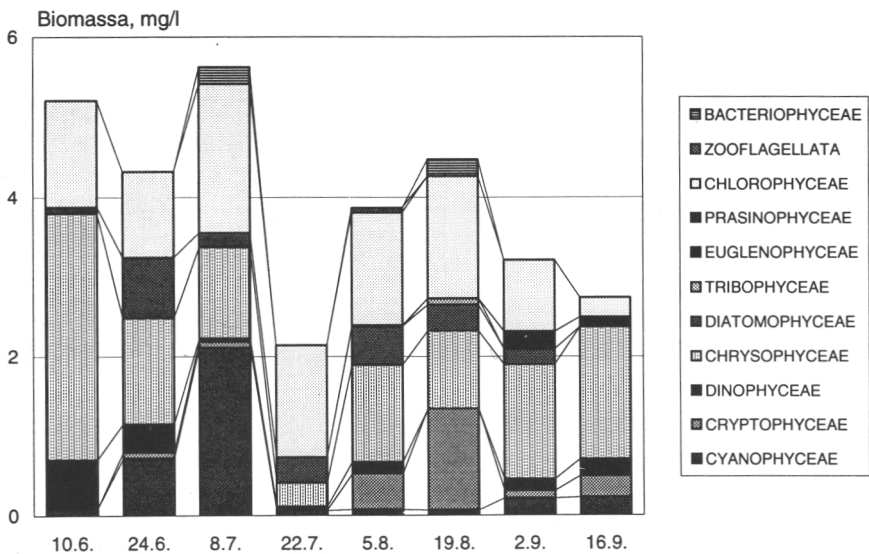
Pvm	1996	10.6.	24.6.	8.7.	22.7.	5.8.	19.8.	2.9.	16.9.
					µg/l				
Cyanophyceae									
	<i>Aphanocapsa clathrata</i> y	-	-	251	59.7	35.8	-	-	-
	<i>Aphanocapsa elachista</i> y	89.3	223	-	-	-	-	-	-
	<i>Gomphosphaeria lacustris</i> y	-	44.6	188	-	-	-	-	-
	<i>Gomphosphaeria lacustris</i> var. <i>compacta</i> y	-	-	-	-	-	62.5	-	-
	<i>Merismopedia punctata</i> 4-s	-	-	-	-	-	-	3.8	11.3
	<i>Merismopedia warmignia</i> 4-s	-	-	-	-	-	0.3	0.2	1.0
	<i>Microcystis pulverea</i> var. <i>incerta</i>	-	-	-	-	-	-	-	208
	<i>Microcystis reinboldii</i> iso y	-	446	1667	-	-	-	208	-
	<i>Microcystis reinboldii</i> pieni y	-	-	-	-	37.5	-	-	-
		89.3	714	2100	59.7	73.3	62.8	212	221
CRYPTOPHYCEAE									
	<i>Gyptomonas</i> sp. <i>keskik.</i> s	-	-	-	-	-	767	-	192
	<i>Gyptomonas</i> sp. <i>pieni</i> s	-	29.8	83.3	-	417	500	83.3	41.7
	<i>Katablepharis ovalis</i> s	-	10.7	-	4.2	30.0	7.5	-	37.5
	<i>Rhodomonas lacustris</i> <i>pieni</i> s	-	33.3	-	-	-	-	10.0	-
		0.0	73.8	83.3	4.2	447	1270	93.3	271
DINOPHYCEAE									
	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>keskik.</i> s	536	298	-	-	-	-	-	104
	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>pieni</i> s	71.4	59.5	41.7	46.3	146	-	146	104
		607	357	41.7	46.3	146	0.0	146	208
CHRYSOPHYCEAE									
	<i>Bitrichia chodatii</i> s	-	-	-	-	-	-	20.0	-
	<i>Chromulina</i> sp. s	714	89.3	-	-	271	-	250	558
	<i>Chrysococcus</i> sp. s	143	104	62.5	-	83.3	125	-	41.7
	<i>Dinobryon borgei</i> s	2.9	-	5.0	-	0.8	3.3	-	-
	<i>Flagellata</i> spp. <i>pieni</i> s	42.9	44.6	37.5	10.4	-	-	109	99.4
	<i>Mallomonas caudata</i>	-	-	667	-	333	-	-	-
	<i>Mallomonas crassiquama</i> s	-	238	83.3	-	41.7	-	83.3	208
	<i>Mallomonas tonsurata</i> s	35.7	-	-	-	-	-	-	-

Pvm	1996	10.6.	24.6.	8.7.	22.7. ug/l	5.8.	19.8.	2.9.	16.9.
	<i>Pseudopedinella</i> sp. s	2050	714	-	-	417	854	979	719
	<i>Pseudopedinella</i> iso s.	107	-	-	-	-	-	-	41.7
	<i>Stichogloea</i> sp. s	-	34.8	282	286	78.5	-	-	-
	<i>Uroglona</i> sp. pieni s	-	89.3	-	-	-	-	-	-
		3100	1310	1140	296	1230	982	1440	1670
	DIATOMOPHYCEAE								
	<i>Asterionella formosa</i> s	-	-	-	-	-	244	-	-
	<i>Melosira tenella</i> s	82.1	268	104	275	165	87.5	123	-
	<i>Rhizosolenia longisetata</i> s	-	-	75.0	41.7	300	-	75.0	-
	<i>Synedra acus</i> s	-	14.9	-	-	20.8	-	-	-
	<i>Tabellaria flocculosa</i> s	-	476	-	-	-	-	-	-
		82.1	759	179	317	485	331	198	0.0
	TRIBOPHYCEAE								
	<i>Ophiocytium capitatum</i> s	-	-	-	-	-	79.2	-	-
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.2	0.0	0.0
	EUGLENOPHYCEAE								
	<i>Euglena viridis</i> s	-	-	-	-	-	-	104	-
	<i>Trachelomonas hispida</i> s	-	-	-	-	-	-	-	89.6
	<i>Trachelomonas volvocina</i> s	-	-	-	-	-	-	113	37.5
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	217	127
	PRASINOPHYCEAE								
	<i>Nephroselmis olivacea</i> s	-	-	-	-	10.4	-	6.3	-
		0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	0.0	6.3	0.0
	CHLOROPHYCEAE								
	<i>Actinastrum hanitzschii</i> s	-	-	-	-	41.7	-	26.0	-
	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> s	-	-	52.5	-	-	-	-	-
	<i>Chlamydomonas</i> sp. iso s	-	59.5	-	-	125	250	-	-
	<i>Chlamydomonas</i> sp. keskik. s	-	-	-	69.4	41.7	125	41.7	104
	<i>Chlamydomonas</i> sp. pieni s	118	71.4	25.0	-	-	-	156	-
	<i>Cosmarium bioculatum</i> s	-	28.9	-	-	-	40.4	-	-
	<i>Crucigenia fenestrata</i> 4-s	-	87.5	210	219	70.0	87.5	17.5	48.1
	<i>Crucigenia quadrata</i> 4-s	-	7.1	-	22.2	-	-	5.2	-
	<i>Crucigenia tetrapedia</i> 4-s	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> 4-s	-	-	-	-	-	-	16.7	-

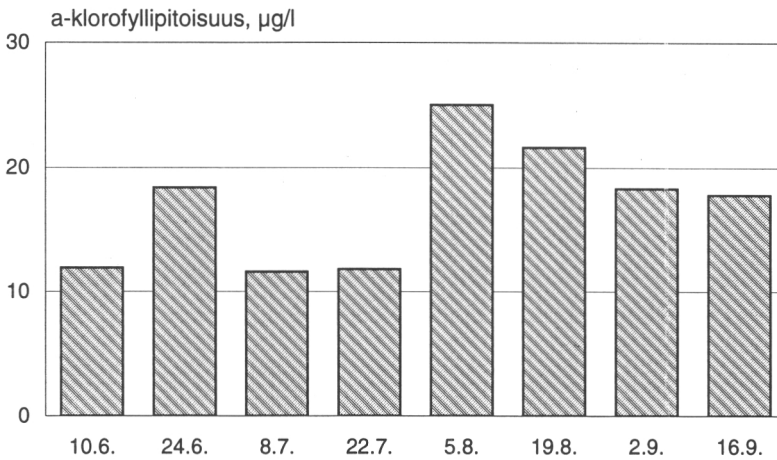
Pvm	1996	10.6.	24.6.	8.7.	22.7. ug/l	5.8.	19.8.	2.9.	16.9.
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> 4-s	414	-	50.0	37.0	125	117	242	33.3
	<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> 4-s	30.4	19.3	-	22.0	10.4	-	20.8	-
	<i>Fusola viridis</i> 2-s	-	-	83.3	-	-	-	62.5	-
	<i>Gleotila fennica</i> s	-	29.8	79.2	44.0	125	250	18.8	-
	<i>Kirchneriella contorta</i> s	-	3.6	-	-	-	-	-	-
	<i>Lagerheimia chodatii</i> s	35.7	149	-	-	-	20.8	72.9	31.3
	<i>Lagerheimia longiseta</i> s	-	-	-	-	-	4.2	-	-
	<i>Monoraphidium contortum</i> s	295	128	233	122	41.7	169	10.4	13.5
	<i>Monoraphidium dybowskii</i> s	-	-	-	-	0.6	-	-	-
	<i>Monoraphidium komarkowae</i> s	32.1	-	-	167	87.5	50.0	125	-
	<i>Monoraphidium minutum</i> s	-	9.8	-	48.6	3.8	50.0	0.6	6.9
	<i>Monoraphidium</i> sp. keskik. s	-	-	25.0	-	-	-	-	-
	<i>Nephrocytium limneticum</i> 4-s	-	-	-	-	27.1	-	-	-
	<i>Oocystis parva</i> s	-	95.2	33.3	-	-	-	-	-
	<i>Oocystis rhomboidea</i> s	21.4	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pediastrum primum</i> y	17.9	14.9	125	46.3	250	292	10.4	10.4
	<i>Quadricula pfitzeri</i> 4-s	42.9	-	650	583	425	-	-	-
	<i>Scenedesmus armatus</i> 4-s	10.7	-	-	-	31.3	-	-	-
	<i>Scenedesmus bicellularis</i> 2-s	-	-	-	-	-	-	1.7	-
	<i>Scenedesmus opoliensis</i> 4-s	57.1	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Selenastrum bibratianum</i> s	28.6	95.2	-	18.5	-	-	-	-
	<i>Staurodesmus incus</i> s	-	-	62.5	-	-	-	-	-
	<i>Staurodesmus mamillatus</i> s	-	-	-	-	-	-	31.3	-
	<i>Teilingia granulata</i> s	62.5	37.2	41.7	17.4	10.4	72.9	-	-
	<i>Tetraedron minimum</i> s	17.9	-	-	-	-	10.4	31.3	-
	<i>Vilherlevä</i> sp. irr. solu	150	250	-	-	-	-	-	-
	ZOOFLAGELLATA	1330	1090	1670	1420	1420	1540	891	248
	<i>Gyromitus cordiformis</i> s	-	-	-	-	62.5	-	-	-
	BACTERIOPHYCEAE	0.0	0.0	0.0	0.0	62.5	0.0	0.0	0.0
	<i>Macromonas bipunctata</i> s	-	-	208	-	-	208	-	-
	YHTEENSÄ µg/l	5210	4300	5420	2140	3870	4480	3200	2740

Suojärvestä on vuonna 1992 myös määritetty levälajistoa. Tällöin näytteistä todettiin 65 taksonia/4 näytettä. Kasviplanktonin kokonaisbiomassa oli korkea, keskiarvon ollessa 15,6 mg/litra. Heinosen (1980) luokituksen mukaan vesistö oli tällöin hypereutrofinen. Tähän viittasi viherlevien runsaus sekä lajistossa että biomassan osalta valtalajina ja sini- ja panssarilevien suhteellisen korkea osuus kokonaisbiomassasta. Viherlevistä runsaimpina esiintyivät *Clamydomonas* sp, *Closterium acutum* var. *variable*, *Gleotila fennica* cf ja *Teilingia granulata*. Näistä lajeista erityisesti *Closterium acutum* var. *variable* kertoo runsaana esiintyessään vesistön korkeasta trofia-asteesta. Myös *Teilingia granulata*lla on runsaana esiintyessään samanlainen selkeä indikaattoriarvo. *Gleotila* -taksoniin kuuluu useampia lähes samankokoisia lajeja, jotka muistuttavat laimean murtoveden alueella esiintyviä lajeja.

Vuonna 1995 Suojärven näytteissä oli yhteensä 94 kasviplankton taksonia. Määrä on huomattavan korkea kun ottaa huomioon laskentamenetelmän. Biomassa oli kuitenkin alhaisempi kuin vuoden 1992 näytteissä. Tällöin heinä- ja elokuun keskibiomassa oli 12 mg/litra ja koko kasvukauden 9,2 mg/litra. Kuitenkin Heinosen (1980) luokituksen mukaan vesistöä voidaan edelleen pitää hypereutrofisena ja valtalajina olivat edelleen viherlevät. Lisäksi panssari- ja nielulevät sekä kulta- ja piilevät muodostivat ajoittain suuria biomassoja. Myös silmälevillä oli elokuussa yksi selvä esiintymishuippu.



Kuva 8.1. Utajärven Erkansuolla sijaitsevan Suojärven kasviplanktonin biomassa kesällä 1996.



Kuva 8.2. Utajärven Erkansuo ja Suojärven kasviplanktonin a-klorofyllipitoisuus kesällä 1996.

Viherlevistä runsaimpina esiintyivät *Chlamydomonas* sp., *Gleotila fennica*, *Koliella spirotaenia*. Vuonna 1992 huomattavan runsaana esiintynyttä *Closterium acutum* var. *variabile* -levää tavattiin vuonna 1996 vain tutkimuskauden ensimmäisessä ja viimeisessä näytteessä yksittäishavaintoina. Ekologialtaan samantyyppinen *Koliella spirotaenia* oli vallannut sen paikan. Kirkkaiden ja kaurujen järvien *Quadricula closterioides* oli uusi laji vuoteen 1992 verrattuna.

Kaikki silmäläväesiintymät kertovat joko luontaisesta runsasravinteisuudesta tai hajoavan orgaanisen aineen lisääntymisestä. Suojärvessä tavattiin elokuussa *Euglena* sp., *Schvaghus* sp. ja *Tragelomonas* sp. taksoneja. Näistä erityisesti kaksi ensimmäistä ilmentää orgaanisen aineen suurta määrää vesistössä. Kultaja piilevät mielletään usein ekologialtaan samanlaisiksi kilpailijiksi ryhmiksi, joista kultalevät ovat ravinteiden vähetessä parempia kilpailijoita. Tässä aineistossa *Pseudopedinella* -kultalevät hallitsivat alkukesällä ja syksyllä, kun taas elokuussa runsastuivat *Synedra acus* -piilevät. *Pseudopedinellat* ovat ekologialtaan neutraaleita ja suosivat usein mesotrofisia vesiä. *Synedra acus* -tyyppiset piilevät runsastuvat usein vesistön häiriintyessä ja ravinteisuuden lisääntyessä.

Nielulevät menestyvät hyvin polyhumosisessakin vesissä. Niiden lisääntymistä säätelevät usein energiatekijät, ei niinkään ravinnetilanne. Mikäli olosuhteet eivät suosi sinilevien lisääntymistä ravinteisuuden kasvaessa, korvaantuu niiden odotettavissa oleva runsastuminen panssarilevillä ja piilevillä. Erityisesti tässäkin tutkimuksessa runsaat *Gymnodiniumit* ovat nopeammin lisääntyviä kuin kova-kuoriset, suuret panssarilevät, jotka eivät ravinnekierroltaan nopeasyklisissä pien-vesissä ehdi kasvuun mukaan.

Vuonna 1996 kasvukauden keskibiomassa oli 3,9 mg/l. Kahdeksasta tutkitusta näytteestä laskettiin yhteensä 78 taksonia. Runsain ryhmä oli entiseen tapaan viherlevät.

8.3 Yhteenvedo kasviplanktonista

Muutoksia oli tapahtunut paitsi biomassoissa myös lajistossa. Sinilevien osalta huomio kiinnittyy rihmamaisten sinilevien puuttumiseen lajistosta kokonaan, kun taas lajimäärä on kasvanut.

Kultalevien osalta *Mallomonasten* suhteellinen osuus näytti kasvaneen. *Synedra acus*-piileviä ei tavattu enää lainkaan. Niiden tilalla olivat *Rhizosolenia longiseta*-levät.

Rehevöityneissä pienvesissä tyypillinen *Prasinophyceae* -levä *Spermatozopsis exsultans*, jota vuonna 1995 tavattiin lähes jokaisessa näytteessä, puuttui v. 1996 kokonaan. Vuonna 1996 kohtalaisen runsas *Quadricula pfitzeri* oli korvannut edellisvuonna kohtuullisen biomassan muodostaneet, ekologiaaltaan samanlaisen (oligotrofian suosija) sisarlajinsa *Quadricula closterioides*-ryhmät. Vuonna 1992 valtalajiksi yltänyttä *Closterium acutum* var *variable*-levää ei tavattu enää lainkaan samoin kuin ei myöskään v. 1995 sitä korvannutta *Koliel-la spidotaeniaa*.

Yhteenvedona kasviplanktonlajistosta voidaan todeta, että vuodesta 1992 lajisto on muuttunut köyhempää vesistöä ilmentäväksi. Kuitenkin lajisto kertoo varsin korkeasta rehevyydestä ja vesistön valaistustilanteesta. Suojärven näytteiden mikroskopoinnissa käytetty 300-yksikkömenetelmä osoittautui hieman epäsovivaksi, sillä lajistorikkaus olisi vaatinut tarkemman käsittelyn päätelmien tueksi.

9 Eläinplankton

9.1 Aineisto ja menetelmät

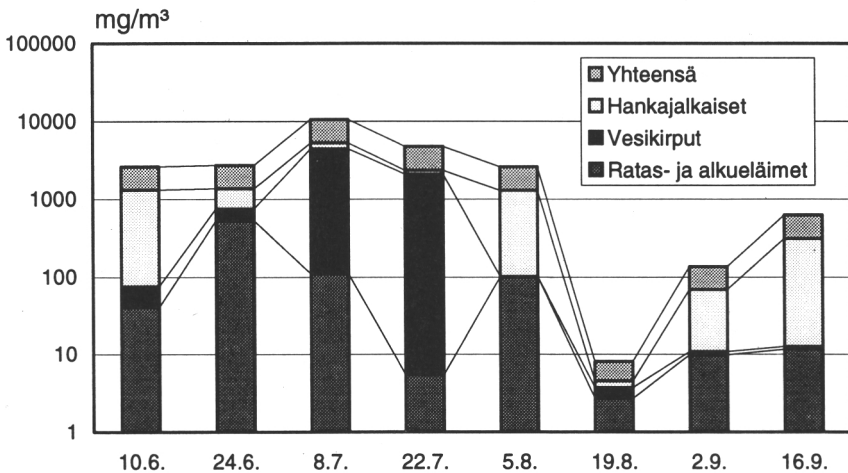
Eläinplanktonnäytteet otettiin Erkansuon koealueella A Suojärvestä Ruttner-noutimella (tilavuus 2 l) siten, että yhden näytteen kokonaistilavuudeksi tuli 10 l. Näytevesi suodatettiin 50 µm planktonhaavin läpi ja haavin sisään jäänyt näyte säilöttiin 200 ml muovipulloon. Näyte kestäväitettiin neutraloidulla formaliinilla. Lajistomääritykset, biomassalaskelmat ja johtopäätökset teki FL Tapio Sutela Oulun yliopiston biologian laitokselta.

9.2 Tulokset

Suojärven eläinplanktonnäytteet olivat selvästi monipuolisempia kuin Haapavedellä sijaitsevassa Haaponevan haihdutusaltaassa. Runsaslukuisimpina esiintyi edelleen rataseläimet, mutta niiden lisäksi todettiin myöskin hankajalkaisia *Copepoda* ja vesikirppuja *Cladocera*. Suojärvi on selvästi laajempi ja syvämpi vesistö kuin keinotekoisesti tehty haihdutusallas Haaponevalla.

Taulukko 9.1. Utajärven Erkansuon lähellä sijaitsevan Suojärven eläinplanktonin biomassat (tuore-painona mg/m^3) kesällä 1996.

	10.6.	24.6.	8.7.	22.7.	5.8.	19.8.	2.9.	16.9.
Ratas- ja alkueläimet	40,2	528	110	5,4	100	2,7	9,8	11,5
Vesikirput	35,2	227	4312	2092	0,0	0,0	0,0	0,0
Hankajalkaiset	1245	619	850	274	1202	0,8	57,6	300
Yhteensä	1320	1374	5272	2371	1303	3,5	67,4	312



Kuva 9.1. Utajärven Erkansuon Suojärven eläinplanktonin biomassa tuorepainona mg/m^3 vuonna 1996.

9.3 Yhteenvedo eläinplanktonista

Vuosien välisiä eroja tarkasteltaessa on erityisesti huomattava *Holopedium gibberum* -vesikirpun runsas esiintyminen vuonna 1996 ja *Heterocope appendiculata* -hankajalkaisen puuttuminen lajistosta samana vuonna. *Holopedium* on vaateliias ja oligotrofiaa suosiva vesikirppu, jonka ympärillä oleva hyytelövaippa on herkkä ärsykeille. Tämän vuoksi *Holopediumin* esiintyminen Suojärnessä osoitti sen, että järveen ei tule haitallisessa määrin vesikirpun ravinnonottoa tai esiintymistä muutenkaan häiritsevää kiintoainesta. Myös *Heterocope appendiculata* -hankajalkaisäyriäinen on luokiteltu oligotrofian indikaattorilajiksi. Se on *Holopediumin* tavoin haluttua kalanravintoa. Vuonna 1995 esiintyneissä vesikirppulajeissa oli sekä oligotrofian että eutrofian indikaattorilajeja. Myös *Collotheca* -rataseläin, jolla on ympärillään hyytelövaippa on herkkä vaippaan pesiytyville bakteereille ja hienoainekselle. Koska *Collotheca* todettiin kohtalaisesti myöskin Suojärven näytteissä, voidaan todeta, että veden laatu oli riittävän hyvä näiden vaateliaitten lajien esiintymiselle ja myöskin bakteerimäärän taso on ollut kohtalaisen alhainen. Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta, että ajoittaisista haihdutus- ja imeytyskentältä tulevista pintavalumista huolimatta Suojärven veden laadussa ei ole tapahtunut eliöstön kannalta sellaisia vaikutuksia, jotka olisivat muuttaneet lajistoa epäsuotuisaan suuntaan. Tämä osoittaa haihdutus- ja imeytyskentän toimivuutta.

10 Haihdutus- ja maaperäimeytysmenetelmän toimivuus

Erkansuon haihdutus- ja maaperäimeytyskentiltä vesi haihtui ilmaan sekä suoraan että kasvillisuuden kautta, imeytyi maaperään ja suotaui eristysojiin. Haihdutustutkimusjakson (1.6. - 17.9.1993) perusteella suotuisissa sääoloissa kentiltä haihtui selvästi sadantaa enemmän vettä. Vuonna 1996 jouduttiin koalueella A kuitenkin rakentamaan ylivuotorakenteet. Rakentamiseen oli osaltaan syynä läheisen tuotantoalueen tuotannon valmistelu- ja kuivatustyöt, jotka lisäsivät alueelle A kohdistuvaa kokonaisvesimäärää.

Kentille pumpattu turvetuotantoalueen kuivatusvesi sisälsi ravinteita ja kiintoainetta. Parhaiten haihdutus- ja maaperäimeytysmenetelmä poisti ammoniumtyppeä ja kiintoainetta. Menetelmä toimi hyvin myös nitraatti- ja kokonaistypen, kokonaisfosforin ja raudan poistamisessa. Kemiallinen hapenkulutus sen sijaan lisääntyi, vesi happamoitui ja sen puskurikyky heikkeni, koska vesi poistui kentältä osittain pintavaluntana maan pintakerrosta huuhtoen.

Veden pumppaaminen kangasmetsään lisäsi huomattavasti maan pintakerroksen vesipitoisuutta. Maaperän tiiviys ja paikoitellen esiintyvät kovaksi tiivistyneet maakerrokset estivät kuitenkin veden tehokkaan imeytymisen syvemmälle. Sadetettavan vesimäärän todettiin vaikuttavan selvästi pohjavedenpinnan korkeuteen varsinkin sillon, kun vettä sadetettiin pohjavesiputken välittömään läheisyyteen. Pohjaveden korkeus palautui kuitenkin luonnontilaiselle tasolle sadetuksen lopettamisen jälkeen. Pohjaveden laatuun sadetuksella ei ollut havaittavaa vaikutusta. Keskeisiltä ominaisuuksiltaan koealueen A pohjavesi täytti talousvedelle asetetut laatuvaatimukset koko tutkimusjakson ajan. Soistuneella koealueella B pohjaveden laatu oli selvästi huonompi kuin alueella A jo ennen sadettamisen aloittamista. Kumpikaan koealueista ei sijainnut varsinaisella pohjavesi-alueella.

Sadetus paransi selvästi puiden kasvupotentiaalia. Puut hyödynsivät sadetusveden sisältämistä ravinteista etenkin tyypeä ja lisäsivät neulasmassaa mahdollistaen yhteyttämiskapasiteetin kasvattamisen. Hivenravinteissa todettiin kuitenkin ns. ohentumisilmiö, mutta selvää osoitusta puutoksista ei todettu. Puiden kuntoon sadetuksella oli kaksitahoisia vaikutuksia. Tutkimusjakson alkupuolella käytetyt korkeapainesadettimet vaurioittivat puiden runkoja ja sadettimet vaihdettiin kesällä 1995 reikäputkiin jolloin mekaanista rasitusta aiheuttaneet tekijät poistui-
vat. Puuston kasvuun sadetus vaikutti lisäävästi, ja etenkin koivuvaltaisella koealueella B sadetuksen aiheuttama kasvun lisäys oli huomattava.

Sadetusalueilla on havaittavissa useita uusia kasvilajeja, mm. suo- ja maitohorsma, rantanenähti ja saroja. Painanteissa ja suoran vesisuihkun vaikutuspiirissä kasvillisuus oli vioittunut tai kokonaan tuhoutunut. Vaikutukset olivat suurimmat pohjakerroksessa, jossa erityisesti seinäsammal oli hävinnyt. Selvimät vaikutukset näkyivät melko pienillä alueilla, pinta-alaltaan 1 - 5 % koko metsikkökuvi-
oista. Siirryttäessä sadetusalueiden ulkopuolelle haitallisia vaikutuksia ja uusia lajeja ei ole todettavissa. Kenttäkerroksen lajien peittävyudessa oli tapahtunut paikoin selvää rehevöitymistä paitsi sadetusalueen reunoilla ja rinteillä vesien valuntapainoilla myös lähiruuduissa mättäillä puiden katveessa.

Suojärven planktonkasvustoon menetelmällä ei ollut suurta vaikutusta. Kasviplanktonlajisto vaihteli vuosittain sääolojen johdosta. Lievää lajiston yksipuolistumista oli havaittavissa. Eläinplanktonlajistossa muutokset olivat kasviplanktonia vähäisempiä. Oligotrofiaa suosivia lajeja esiintyi edelleen Suojärvessä.

Kangasmetsästä sadetettava vesi huuhtoi maaperän ravinteita liikkeelle ja vaikuttaa samalla mikrobitoimintaan. Kuivatusveden mukana metsään tulee myös lisäravinteita. Sadettaminen nosti maaperän ammonium- ja nitraattityypipitoisuuksia huuhtoutumis- ja rikastumiskerroksissa. Pohjamaassa ei todettu selvää ravinnepitoisuuksien nousua lukuunottamatta rautaa, jonka pitoisuus oli noussut myös pohjamaassa. Vertailualueellakin olivat huuhtoutumiskerroksen ammonium-

typpi-, fosfaattifosfori- ja rautapitoisuudet hieman kohonneet ja pohjamaassa muutokset ovat olleet hyvin pieniä.

Menetelmän kokonaiskustannukset Erkansuolla ovat muodostuneet kenttien rakentamisessa tarvittavista laite- ja maanrakennusinvestoinneista, rakenteiden ja laitteiden toimivuuden tarkkailusta sekä kunnossapidosta. Lisäksi investointeihin on laskettu taustatutkimukseen liittyviä kuluja kuten pohjavesipinnan korkeuden ja maaperän kerrostuneisuuden määrittäminen maaperätutkauksella, alueen kartoitus ja korkeussuhteiden määrittäminen sekä suunnittelu. Näiden osuus kokonaisinvestoinnista oli 13 %. Pääosa investointikustannuksista (67 %) muodostui kuivatusveden pumppaamiseen tarvittavista rakenteista ja laitteista.

Investointikustannukset olivat 2 500 mk/tuotantohehtaari eli 16 % tuotantoalueen valmisteluinvestoinneista. Investointeihin ei ole laskettu maa-alueen hankinnasta aiheutuvia kustannuksia. Vuotuiset käyttökustannukset ovat noin 350 - 400 mk/tuotantohehtaari ja ne muodostuvat poltto- ja voiteluaineiden hankinnasta ja vaihdosta, varaosien ja tarvikkeiden hankinnasta ja asennustyöstä, pumppaamoaltaan puhdistuksesta sekä toimivuuden tarkkailusta ja kunnossapidosta. Puhdistamisen kustannukset esim. tarkkailujakson aikana vuonna 1996 olivat poistettua yksikköä kohti seuraavat; poistettu kokonaisfosfori maksoi 0,9 p/mg, poistettu kokonaistyppi 0,02 p/mg ja poistettu kiintoaine 0,002 p/mg. Tarkkailujakson keskiarvo vuonna 1996 Erkansuolla oli 5,3 l/s/km².

11 Johtopäätökset ja suositukset

Erkansuon tutkimustulokset osoittavat, että haihdutus ja maaperäimeytys soveltuu turvetuotannon kuivatusvesien puhdistukseen. Menetelmän avulla voidaan kuivatusvesistä tehokkaasti poistaa typpeä, fosforia, kiintoainetta ja rautaa. Kemialliseen hapenkulutukseen, pH-arvoon ja puskurikykyyn menetelmällä ei kuitenkaan ollut positiivista vaikutusta.

Menetelmä paransi puuston ravinnetilannetta ja lisäsi etenkin koivuvaltaisen puuston kasvua. Samaan aikaan kuitenkin mäntyjen kunto sadetusalueilla heikkeni. Kunnan heikkenemiseen vaikutti etenkin kesinä 1992 - 1995 sadetuksessa käytetyt korkeapainesadettimet, jotka aiheuttivat puiden rungoille fyysistä räsitusta. Reikäputkien käyttöönoton jälkeen puiden mekaanista räsitusta ei todettu.

Erkansuon alueella B voidaan kriittisenä pintakuormana pitää arvoa 0,02 m/vrk (m³/m²/vrk). Kun tämä pintakuorma ylittyy, suurin osa kentälle pumpatusta ja sataneesta vesimäärästä valuu pintavaluntana kentän läpi alapuoliseen vesistöön. Sateen jatkuessa kriittinen pintakuorma pienenee ja lähestyy arvoa 0,01 m/vrk. Hetkellisesti, maksimissaan vuorokauden verran, kentän pintakuor-

ma voidaan nostaa arvoon 0,1 m/vrk ilman pintavalunnan huomattavaa lisäystä. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että maan huokostilavuus ei ole valmiiksi veden kyllästämä, kun kenttää ryhdytään kuormittamaan suurella pintakuormalla.

Haihdutus- ja imeytyskentän tehokkaan, toimivan pinta-alan tulee olla Erkan-suon tyyppisillä alueilla vähintään 5 % tuotantoalueen pinta-alasta mitoitettaessa vuoden keskivalumalle 10 l/s/km² (Vesiyhdistys 1986). Koska turvetuotantoalueen mitoitusvalumat ovat usein suurempia kuin em. 10 l/s/km², kasvaa vastavasti kentän pinta-alavaatimus. Mitoitusvaluman vaihdellessa välillä 10 - 14 l/s/km², kentän pinta-alavaatimus vaihtelee välillä 5 - 7 %. Näillä mitoitusarvoilla kenttä toimii normaali- ja alivalumatilanteissa haihdutus- ja imeytyskenttänä ja ylivalumatilanteissa pintavalutuskentän tavoin.

Haihdutus- ja maaperäimeytyskenttää suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavat seikat:

- kenttää ei suunnitella tärkeälle pohjavesialueelle tai sen välittömään läheisyyteen
- pohjavesipinta on mahdollisimman kaukana maanpinnasta
- kentän maaperä ja pinnanmuodot tutkitaan etukäteen
- kentän toiminta-aika on ainakin kuusi vuotta, ja todennäköisesti pitempääkin
 - käytännössä suositellaan varautumista vaihtokenttään, mikäli suunniteltu käyttöaika on yli 10 vuotta
- kentällä ei ole vanhoja ojia eikä painanteita
 - vanhat ojat tukitaan tarpeen mukaan oikovirtausten estämiseksi
 - painanteisiin ei kerry kasvillisuuden hapensaantia estävää vettä
- kentän maaperä läpäisee vettä mahdollisimman hyvin
- kentän on oltava tasainen, reunat voivat olla hieman jyrkemmät. Haihdunnan ja imeytymisen kannalta optimaalinen kaltevuus on 1,0-1,5 %. Jyrkemmillä kaltevuuksilla veden viipymä kentällä pienenee ja pintavalunta kasvaa, ja tällä voi olla heikentävä vaikutus veden laatuun
- mitoituksen lähtökohdaksi otetaan sallittu pintakuorma, joka arvioidaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon haihdunta, imeytyminen ja kasvillisuuden haihdutuskyky
- mitoitusvaiheessa huomioidaan mm. valuma-alueen koko, sadanta, vesipumpun tuotto ja kentän toimiva pinta-ala

- kentän pinta-ala suhteessa yläpuoliseen valuma-alueeseen tulee olla mahdollisimman suuri pintakuorman minimoimiseksi
- kentän kapasiteetti hyödynnetään tehokkaimmin käyttämällä vaihtokenttää ja/tai useita reikäputkilinjoja
 - vesi jaetaan suunnitellulle pinta-alalle, jolloin saadaan tehokkaasti alue käyttöön
 - riittävän tiheällä reikäputkiverkostolla vesi jaetaan kentälle tasaisesti
 - vaihtokenttää hyödynnetään lisäämällä tarvittaessa putkilinjoja tai vaihtamalla niiden paikkaa
- sadettaessa reikäputket ovat parempia kuin sadettimet
 - puihin kohdistuva mekaaninen rasitus on huomattavasti pienempi
 - puiden terveydentila pysyy parempana
 - reikäputkien sijaintia on helppo muuttaa
- kenttökasvillisuus on soveltuva
 - kasvit ovat erityisesti tyypeä sitovia
 - alueella ei ole suojeltavia kasveja
 - kasvien mekaaninen kiintoaineen pidätyskyky mahdollisimman hyvä
- poistuvia vesimääriä on voitava mitata ja laatua on voitava havainnoida
- pumpun ja putkilinjojen mitoituksessa on otettava häviöt huomioon ja putkilinjojen pituudet on minimoitava
- putkistoon on järjestettävä huuhtelumahdollisuus ja
- kenttää ympäröivien pengerten kuntoa on seurattava.

Jatkossa on edelleen seurattava haihdutus- ja imeytyskentän toimivuutta ja puhdistuskykyä pitkällä aikavälillä sekä puuston ja kasvillisuuden tilan kehitystä.

Kirjallisuus

- Cermak, J., Demel, M. ja Penka M. 1973. A new method of sap-flow rate determination in trees. *Biologia Plantarum* 15: 171-178.
- Gaudahl, R. 1956. Tjälgränsmätare - Svenska Vägförningens tidskrift 2.
- Halonen, O., Tulkki, H. ja Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. Maantutkimusosasto. Vantaa. 28 s.
- Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 37. Vesi- ja ympäristöhallitus. 91 s.
- Heiskanen, J. ja Tamminen, P. 1992. Maan fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 424. 28 s. + liitteet.
- Ihme, R. 1994. Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksesta. *VTT julkaisuja* 798. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 140 s.
- Ilmatieteen laitos. 1991. Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Kesäkuu 1991-Joulukuu 1991.
- Ilmatieteen laitos. 1992. Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Tammikuu 1992-Kesäkuu 1992.
- Jukka, L. toim. 1988. Metsänterveysopas - Metsätuhot ja niiden torjunta. Vaasa Oy. 153-161 s.
- Kaikkonen, K., Kiviniemi, M. ja Salo, O. 1996. Lapin ympäristökeskuksen alueen turvetuotantosoiden käyttö-, kuormitus- ja vesistötarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1996. Lapin vesitutkimus Oy. Rovaniemi. 55 s. + liitteet.
- Kaikkonen, K., Kiviniemi, M. ja Salo, O. 1997. Lapin ympäristökeskuksen alueen turvetuotantosoiden käyttö-, kuormitus-, vesistö- ja biologinen tarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1996. Lapin vesitutkimus Oy. Rovaniemi. 69 s. + liitteet.
- Kemppainen, S. 1994. Turvetuotantoalueen vesienkäsittelyn ympäristövaikutuksista Utajärven Erkansuolla. Tutkielma. Oulun yliopisto, maantieteen laitos. 71 s. + liitteet.
- Kubin, E. ja Poikolainen, J. 1982. Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuualan routa- ja lumisuhteista. *Folia Forestalia* 518. 24 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- Makkinen, K. 1997. Suullinen tiedonanto. Metsäntutkimuslaitos. Vantaa.
- Marja-aho, J. ja Koskinen, K. 1989. Turvetuotannon vesistövaikutukset. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 36.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy (PSV). 1991. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden tarkkailu Oulujoen vesistöalueella v. 1990. Osa I, Kuormitustarkkailu. Oulu. 22 s. + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy ja Oulun Vesien suojeleuyhdistys ry. 1991. Vesianalyysien tulkinta. *Moniste*. 35 s. + liitteet.

- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1992. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden tarkkailu Oulujoen vesistöalueella v. 1991. Osa I, Kuormitustarkkailu. Oulu. 22 s. + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1993. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1992. Oulu. 66 s. + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1994a. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden tarkkailu Oulujoen vesistöalueella v. 1993. Osa I, Kuormitustarkkailu. Oulu. 22 s. + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1994b. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1993. Oulu. 66 s. + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1995. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1994. Oulu. 60 s. + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1996a. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden tarkkailu Oulujoen vesistöalueella v. 1994. Osa I, Kuormitustarkkailu. Oulu. 23 s. + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1996b. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1995. Oulu. 60 s. + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1997. Joutensuon luonnontilaisen valuma-alueen velvoitetarkkailutulokset vuodelta 1995. Oulu. Moniste. 2 s.
- PSV-Maa ja Vesi Oy. 1997. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1996. Oulu. 74 s. + liitteet.
- Selin, P., Marja-aho, J. ja Madekivi, O. 1994. Aqua Peat 95. Uusia menetelmiä turvetuotannon vesienkäsittelyyn. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto. Katsauksia B:182. 195 s.
- Sosiaali- ja terveysministeriö (STM). 1994. Talusveden laatuvaatimukset. STM:n päätös N:o 74.
- Suomen kartasto. 1987. Ilmasto. Maanmittaushallitus, Suomen maantieteellinen seura. Vihko 131. 32 s
- Vesiyhdistys ry. 1986. Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys ry. Mänttä. 503 s.

HAIHDUTUSALLAS

Risto Hiljanen, Samuli Kemppainen, Harri Lippo,
Pirkko Selin ja Lauri Ijäs

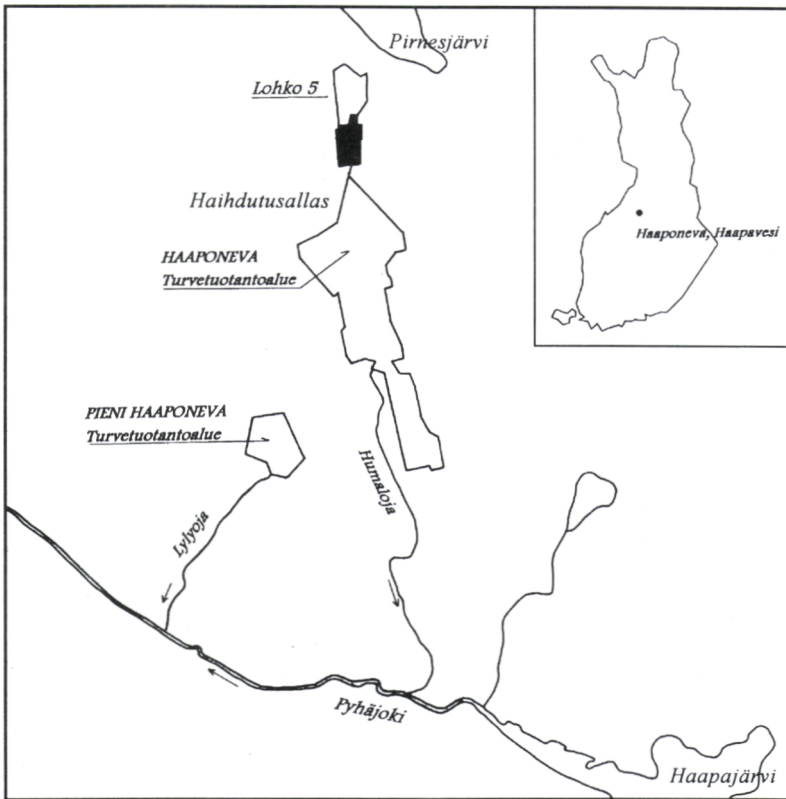
1 Haaponevan tutkimusalue

Tutkimusalueena on ollut Vapo Oy:n Haapaveden Haaponevan turvetuotantoalueen tuotantolohko 5 (36,3 ha) ja sen vieressä sijaitseva haihdutusallas (15,7 ha). Haaponeva sijaitsee Pyhäjoen vesistöalueella (kuva 1.1), Mieluskosken osavaluma-alueella (54.022). Tuotannossa olevan alueen (353 ha) kuivatusvedet johdetaan Humalojan kautta Pyhäjokeen.

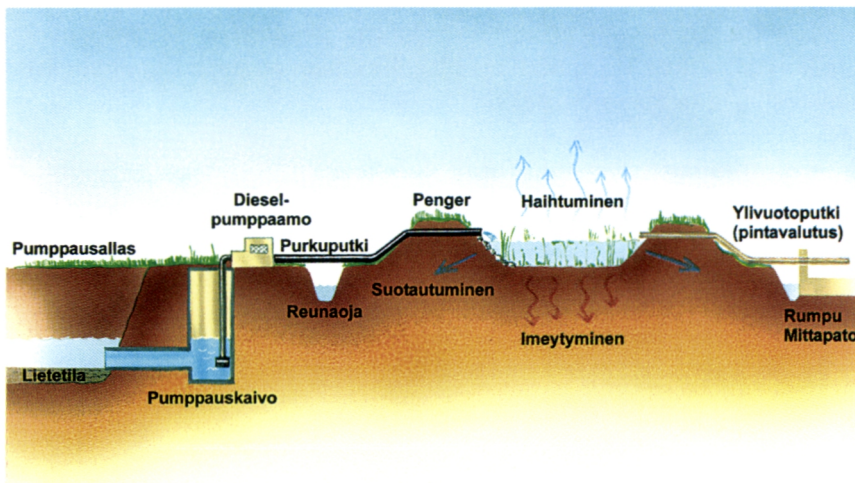
Tuotantolohkon 5 kuivatusvedet johdettiin aikaisemmin laskeutusaltaiden kautta Pirnesjärveen. Haihdutusallas rakennettiin 1991 ja kuivatusvesien pumppaus altaaseen aloitettiin keväällä 1992. Altaasta vesi haihtuu ilmaan, ja lisäksi se suotautuu maakerrosten ja ympäröivien penkereiden läpi allasta ympäröivään reuna-osaan tai imeytyy maaperään (kuva 1.2). Suotautuneet vedet virtaavat mittapadon kautta laskuojaan. Ylivalumatilanteissa altaan varastotilavuuden loppuesa vesi poistuu ylivuotoputken kautta pintavalutukseen.

Haihdutusaltaan alue on aikaisemmin ojitettu, mutta ojitustöiden yhteydessä pintakasvillisuutta ei ole poistettu. Ojituksen jälkeen penkereille on kasvanut pensaita ja koivun taimia. Tyypikkasveja alueella ennen pumppausta olivat sarat, monitähkävillä ja karhunsammalet.

Maalajin määrittämiseksi otettiin altaan alueelta näytteet viidestä pisteestä sekä altaan ulkopuolelta kuuden pohjavesiputken kohdalta. Turvepaksuus on 1 - 1,8 m ja pohjamaassa vallitsevana maalajina on hietainen hiekkamoreeni. Altaan eteläosassa on turvekerroksen alla 2 - 3 m kerros hyvin lajittunutta hiekkaa tai hietaista hiekkaa ja syvemmällä on paikoitellen tiivis savikerros.



Kuva 1.1. Haapavedellä sijaitseva Vapo Oy:n Haaponevan turvetuotantoalue.



Kuva 1.2. Haapaveden Haaponevan haihdutusallasmenetelmän periaatekuva

2 Haihdutusaltaan hydraulinen suunnittelu

2.1 Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa on mitattu tuotantoalueelta haihdutusaltaaseen pumpatun kuivatusveden ja sinne sataneen veden määriä. Sadantaa on mitattu piirtävällä sademittarilla vuosina 1992 - 1996. Täydentävinä tietoina on käytetty Piipsannevan turvetuotantoalueen mittausaseman ja Haaponevan turveyrittäjän säähavaintoja.

Altaaseen pumpattu vesimäärä on laskettu vesipumpun käyntituntien ja pumpun tuoton (270 m³/h) perusteella. Käyntituntimääriä on vuonna 1996 seurattu dataloggerin avulla ja aikaisempina vuosina käyttäjän havaintojen perusteella. Pumpun tuotto on mitattu ultraäänimittarilla. Ylivalumatilanteissa eli vedenpinnan noustua tasolle 132,52 m merenpinnan yläpuolelle, vesi on päässyt poistumaan altaasta ylivuotoputken kautta pintavalutukseen. Ylivuotoputken virtaama on määritetty astiamittauksella ja haihdutusaltaan pinnankorkeuden mittaamisella. Altaasta suotautunut vesimäärä on mitattu mittapadon ja limnigrafien avulla.

Altaaseen pumpatun ja sataneen sekä samanaikaisesti altaasta poistuneen veden määriä vertailemalla on pyritty etsimään tilanne, jossa haihdunta ei ole enää ollut riittävää, vaan osa käsiteltävästä vedestä on poistunut ylivuotona luonnontilaiselle suoalueelle. Hydraulista kuormitusta on tarkasteltu pintakuormana (m/vrk) eli altaaseen vuorokaudessa pumpattu ja satanut kokonaisvesimäärä on jaettu altaan pohjan pinta-alalla (m³/m²/vrk).

2.2 Käsitellyt vesimäärät

Haihdutusaltaan yläpuolisen valuma-alueen kuivatusvedet muodostavat ainoastaan 30 - 40 % altaan pintakuormasta ja loppuosa (60 - 70 %) muodostuu sadanasta. Esimerkiksi vuonna 1995 altaaseen satoi 34 800 m³ vettä, sinne pumpattiin kuivatusvesiä 21 600 m³ ja ylivuotoputken ja mittapadon kautta poistui 29 400 m³ (taulukko 2.1). Haihdunnan osuus oli tällöin 48 % kokonaisvesimäärästä.

Taulukko 2.1. Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaassa käsitellyt kokonaisvesimäärät, altaaseen kohdistunut sadanta sekä sateen ja haihdunnan osuudet kokonaisvesimäärästä.

Vuosi	Käsitelty kokonaisvesimäärä m ³	Sadanta m ³	Sateen osuus kokonaisvesimäärästä %	Kokonaisvesimäärästä haihtunut %
1993*	66 700	38 000	57	95
1994	45 800	27 500	60	66
1995	56 400	34 800	62	48
1996	58 300	42 800	73	54

* ylivuotoputki asennettiin syksyllä 1993

Haihdutusaltaan vesitilavuus täyttyi vuonna 1992, eikä altaasta tällöin poistunut vettä. Altaaseen asennettiin ylivuotoputki syksyllä 1993. Tämän johdosta alapuoliseen vesistöön poistui vuonna 1993 huomattavasti vähemmän vettä kuin seuraavina vuosina. Lisäksi vuoden 1993 tarkkailujakso päättyi kuukautta normaalia aiemmin eli jo elokuun lopussa joten ko. vuoden tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia vuosien 1994 - 1996 kanssa.

Altaaseen kohdistuva sadanta vaikuttaa mitoituksellisiin suositusarvoihin ja heikentää puhdistustuloksia vaikuttamalla käsiteltäviin vesimääriin. Koska Haaponevan haihdutusaltaan pinta-ala on yläpuoliseen valuma-alueeseen verrattuna suhteellisen suuri (43 %), niin suoran sadannan merkitys korostuu.

Haaponevan haihdutusallas käyttäytyy veden jakautumisen suhteen toisin kuin esim. Erkansuon kenttäkasvillisuutta ja puustoa kasvava soistuva kangas. Mikäli altaan pinnankorkeus on pumppauksen aloitushetkellä pieni eli altaassa on käyttämätöntä varastotilaa, ylivuotoa ei tapahdu. Mikäli allas on jäässä tai täynnä lumen sulamisvesiä, niin altaaseen johdetut vedet poistuvat oikovirtauksena ja lähes käsittelemättöminä ylivuotoputken kautta. Vuosina 1994 ja 1995 keväällä alkanut yhtäjaksoinen ylivuotojakso päättyi heinäkuun lopussa ja vuonna 1996 ylivuoto loppui elokuun 20. päivä.

Haihdutusaltaan toimintaa on tarkasteltu kuukauden jaksoissa (taulukko 2.2), koska allas tasaa virtaamia ja vaikutukset näkyvät useiden vuorokausien, jopa viikkojen viiveellä. Pintakuorman arvot voivat hetkellisesti olla hyvinkin suuria ilman merkittäviä muutoksia altaan hydraulisessa toiminnassa.

Taulukko 2.2. Haapaveden Haaponevan keskimääräiset pintakuormat, ylivuotoputken ja mittapadon kautta vesistöön poistuneen vesimäärän osuudet kokonaisvesimäärästä ja sadanta vuosina 1993 - 1996.

Vuosi	Pintakuorman keskimääräinen arvo m/vrk	Ylivuotoputken ja mittapadon kautta poistunut vesimäärä %	Sadanta mm
1993			
kesäkuu	0,002	9,6	34
heinäkuu	0,004	6,1	75
elokuu	0,007	3,9	133
1994			
kesäkuu	0,007	44	82
heinäkuu	0,001	4,9	25
elokuu	0,000	0,0	21
syyskuu	0,003	1,1	48
1995			
kesäkuu	0,006	62	78
heinäkuu	0,006	7,7	69
elokuu	0,001	13	57
syyskuu	0,002	5,2	19
1996			
kesäkuu	0,005	64	117
heinäkuu	0,004	43	98
elokuu	0,002	26	30
syyskuu	0,001	8,7	29
vuosi 1993	0,004	4,8	242
vuosi 1994	0,003	21	175
vuosi 1995	0,004	23	222
vuosi 1996	0,003	46	272

Ylivuodon osuus käsitellystä vesimäärästä nousee yli 50 %:iin silloin, kun keskimääräinen pintakuorma lähestyy arvoa 0,005 m/vrk. Sääolojen vaihtelulla on kuitenkin huomattava merkitys menetelmän toimivuuteen, joten pintakuorman raja-arvo 0,005 m/vrk on ohjeellinen. Esimerkiksi vuoden 1995 heinäkuussa altaasta poistui ylivuotoputken ja mittapadon kautta vain 7,7 % käsiteltävästä vedestä, vaikka keskimääräinen pintakuorma oli jopa 0,006 m/vrk. Vuonna 1993 alapuoliseen vesistöön poistui huomattavasti vähemmän vettä kuin seuraavina vuosina, sillä ylivuotoputki asennettiin syksyllä 1993 vedenpinnan noustessa lähelle altaan penkereiden harjakorkeutta.

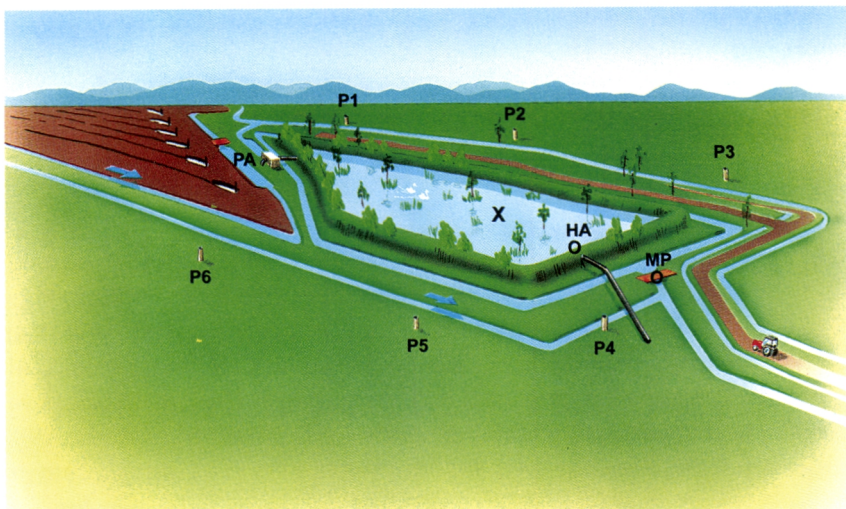
3 Veden laatu

3.1 Johdanto

Turvetuotantoalueen kuivatusveden laatu on keskeinen tekijä arvioitaessa sekä veden puhdistustarvetta että soveltuvuutta johdettavaksi alapuoliseen vesistöön. Haaponevalla on tutkittu tuotantoalueelta pumppausaltaaseen johdetun kuivatusveden ja haihdutusaltaaseen pumpatun sekä sieltä suotautuneen ja ylivuotona pintavalutukseen johdetun veden fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia. Tarkoituksena on ollut selvittää menetelmän vaikutusta veden laatuun turvetuotannon kannalta keskeisten tunnusten osalta.

3.2 Aineisto ja menetelmät

Vesinäytteitä otettiin pumppausaltaasta ja haihdutusaltaan ylivuotoputken suulta sekä mittapadolta, jonka kautta pengerten läpi suotautunut vesi johdettiin alapuoliseen vesistöön (kuva 3.1). Näytteitä otettiin vuosina 1991 - 1996 kaikkiaan 98 kpl. Haihdutusaltaan lähiympäristön suoalueen pohjaveden laatua tutkittiin vuosina 1991 - 1995 eristysojan ulkopuolelle, luonnontilaiselle suoalueelle asennettujen pohjavesiputkien (6 kpl) avulla. Vertailunäytteitä putkista otettiin kaikkiaan 168 kpl. Näiden näytteiden vedenlaadussa ei tutkimusjakson aikana tapahtunut olennaisia muutoksia, joten seurantaa ei jatkettu enää vuonna 1996.



Kuva 3.1. Haapaveden Haaponevan tutkimusalueen pohjavesiputket (P1 - P6) ja vesinäytteiden ottoapaikat; PA (pumppausallas), HA (haihdutusallas), MP (mittapato) ja X (plankton).

Vesinäytteet analysoitiin voimassa olevilla standardimenetelmillä Metlan Muehoksen tutkimusasemalla. Kuivatusvesi- ja suoalueen pohjavesinäytteistä mitattiin pH-arvo, ammonium- (NH_4) ja nitraattityppi- (NO_3) sekä fosfaattifosforipitoisuudet (PO_4), alkaliteetti, kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) ja väriluku. Kuivatusvesinäytteistä mitattiin lisäksi kokonaistyyppi- (Kok-N) ja kokonaisfosforipitoisuudet (Kok-P) sekä kiintoaine.

3.3 Tulokset ja niiden tarkastelu

Pumppausaltaassa veden ammonium- ja kokonaistyyppi-, kiintoaine- ja fosforipitoisuudet sekä väriluku olivat vuosina 1992 - 1996 suurempia kuin luonnontilaisella valuma-alueella keskimäärin (taulukko 3.1). Nitraattityppi- ja rautapitoisuudet, pH-arvo sekä COD_{Mn} , joka kuvaa lähinnä orgaanisen aineen kokonaisuutta (humus) olivat luonnontilaisen alueen kanssa samalla tasolla. Vertailussa käytetyt valuma-alueiden keskimääräiset pitoisuudet perustuvat luonnontilaisilta suovaluma-alueilta eli Vuolijoen Joutensuolta (1990 - 1995) ja Soinin Puntarisuolta (1985 - 1987) sekä luonnontilaisilta suovaltaisilta valuma-alueilta Pudasjärven Vitmaojalta (1992 - 1996), Simon Kuivasojalta (1995 - 1996) ja Sotkamon Ansopurolta (1985 - 1986) otettuihin näytteisiin (Kaikkonen ym 1996 ja 1997, Marja-aho ja Koskinen 1989, Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy 1991, 1992, 1993, 1994a ja b, 1995, 1996a ja b sekä 1997, Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto -Maa ja Vesi Oy 1997, Wahlgren 1988).

Haihdutusaltaassa veden kiintoaine-, rauta-, fosfori- ja nitraattityppipitoisuus olivat pienempiä, mutta kokonais- ja ammoniumtyppipitoisuus, COD_{Mn} ja väriluku olivat selvästi suurempia kuin pumppausaltaassa keskimäärin (taulukko 3.1). Lisäksi etenkin ammoniumtyppipitoisuudella oli tutkimusjakson aikana selvästi kasvava trendi. Altaan vesi oli pH-arvon perusteella myös happamampaa ja veden puskurikykyä kuvaava alkaliteetti oli huomattavasti pienempi kuin pumppausaltaassa.

Haihdutusaltaasta suotautuneen veden laatua tutkittiin mittapadolta otetuista vesinäytteistä. Mittapadolla kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuudet sekä väriluku olivat pienempiä, mutta ammonium-, nitraatti- ja kokonaistyyppipitoisuudet sekä COD_{Mn} suurempia kuin pumppausaltaassa keskimäärin (taulukko 3.1). Suotaunut vesi oli myös happamampaa ja sen alkaliteetti oli pienempi kuin pumppausaltaassa. Mittapadon kautta alapuoliseen vesistöön johdetun veden pH-arvo sekä kokonaisfosfori- ja rautapitoisuus olivat samalla tasolla, mutta tyyppipitoisuudet, kiintoainemäärä, COD_{Mn} sekä väriluku olivat suuremmat kuin keskimäärin luonnontilaisella valuma-alueella. Lisäksi alkaliteetti oli mittapadolla keskimäärin pienempi kuin luonnontilaisella suovaluma-alueella.

Taulukko 3.1. Haapaveden Haaponevan pumppausaltaan (1992 - 1996), haihdutusaltaan (1993 - 1996) ja mittapadon (1992 - 1996) sekä viiden luonnontilaisen vertailualueen keskimääräinen veden laatu.

	Pumppausallas					Haihdutusallas			
	1992	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996
pH	5,8	6,4	7,0	6,5	6,6	5,0	5,0	5,1	5,2
NH ₄ -N (µg/l)	1260	1120	290	1070	520	1200	1750	2470	2970
NO ₃ -N (µg/l)	55	85	37	120	80	16	7	17	11
Kok-N (mg/l)	-	1,7	0,76	1,9	1,3	2,4	2,9	7,5	6,1
Kok-P (µg/l)	130	290	260	200	340	81	120	210	120
Alkalit. (mmol/l)	0,65	0,80	1,1	0,62	1,1	0,08	0,12	0,07	0,07
Kiintoaine (mg/l)	17	16	23	40	30	11	18	29	7,2
COD _{Mn} (mg/l)	34	39	25	49	25	81	100	95	99
Fe (mg/l)	3,0	3,8	3,6	2,0	2,8	1,8	2,0	1,9	2,1
Väri (mgPt/l)	1050	910	800	1070	1000	1130	1540	1680	1680

	Mittapato					Luonnontilaiset
	1992	1993	1994	1995	1996	vertailualueet
pH	6,0	6,0	5,8	5,7	5,9	4,8-6,9
NH ₄ -N (µg/l)	1060	1440	1050	1120	1350	5-373
NO ₃ -N (µg/l)	330	420	65	160	140	11-79
Kok-N (mg/l)	-	2,5	1,6	2,4	3,2	0,35-0,78
Kok-P (µg/l)	28	47	33	57	59	11-48
Alkalit. (mmol/l)	0,21	0,13	0,14	0,14	0,14	0,16-0,35
Kiintoaine (mg/l)	14	15	15	25	7,1	2-9
COD _{Mn} (mg/l)	37	37	45	57	53	15-42
Fe (mg/l)	2,6	1,7	1,8	2,3	3,2	0,9-4,2
Väri (mgPt/l)	670	610	630	940	990	149-290

Haihdutusaltaan lähiympäristön pohjavesihavaintoputkista (kuva 3.1) vuosina 1992 - 1995 otetuissa suoalueen pohjavesinäytteissä olivat pH-arvo, ammonium- ja nitraattityppi- sekä rautapitoisuudet, alkaliteetti ja väriluku keskimäärin suurimmat putkessa P1 (taulukko 3.2). Suurimman COD_{Mn}-arvon osalta oli putkien välillä vaihtelua vuosittain. Ammoniumtyyppipitoisuus ja väriluku olivat keskimäärin pienimmät putkessa P3 ja pH-arvo ja alkaliteetti putkessa P4. Pienimmän nitraattityppi- ja rautapitoisuuden sekä COD_{Mn}-arvon osalta oli putkien välillä myös vuosittaista vaihtelua.

Haihdutusaltaasta suotautuneen veden vaikutusta suoalueella seisovan veden laatuun voidaan arvioida vertaamalla toisiinsa mittapadolta ja havaintoputkista otettuja vesinäytteitä (taulukot 3.1 ja 3.2). Mittapadon veden laatu oli vain nitraattityypen osalta selvästi huonompaa kuin havaintoputkissa ja lisäksi ammoniumtyyppipitoisuus oli mittapadolla putken P1 jälkeen toiseksi suurin. Alkaliteetti ja rautapitoisuus olivat hieman suurempia mittapadolla kuin suoalueen havainto-

Taulukko 3.2. Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaan lähiympäristössä olevien havaintoputkien keskimääräinen veden laatu vuosina 1992 - 1995.

	P1				P2			
	1992	1993	1994	1995	1992	1993	1994	1995
pH	6,0	5,7	5,6	6,0	5,6	5,5	5,5	5,7
NH ₄ -N (µg/l)	2240	2230	1140	1030	120	47	79	45
NO ₃ -N (µg/l)	28	19	70	17	25	14	7	26
Alkaliteetti (mmol/l)	0,93	0,66	0,31	1,2	0,54	0,42	0,37	0,62
Rauta (mg/l)	24	33	14	47	15	18	16	27
COD _{Mn} (mg/l)	67	87	37	24	39	35	25	42
Väri (mgPt/l)	2350	2380	1540	2320	660	1100	600	1050
	P3				P4			
	1992	1993	1994	1995	1992	1993	1994	1995
pH	5,5	5,0	5,1	5,4	5,0	4,9	4,7	4,9
NH ₄ -N (µg/l)	14	7	11	15	960	950	590	530
NO ₃ -N (µg/l)	18	18	9	-	20	9	6	15
Alkaliteetti (mmol/l)	0,30	0,10	0,11	0,24	0,12	0,06	0,05	0,07
Rauta (mg/l)	9,1	0,89	3,8	13	7,4	4,0	4,6	5,9
COD _{Mn} (mg/l)	41	10	24	54	56	70	60	61
Väri (mgPt/l)	790	170	330	930	1190	910	830	870
	P5				P6			
	1992	1993	1994	1995	1992	1993	1994	1995
pH	5,1	5,0	5,2	5,9	5,7	5,4	5,3	5,2
NH ₄ -N (µg/l)	490	400	260	460	200	68	66	47
NO ₃ -N (µg/l)	11	9	9	6	10	9	8	22
Alkaliteetti (mmol/l)	0,15	0,08	0,08	0,61	0,81	0,32	0,30	0,18
Rauta (mg/l)	6,1	7,3	10	33	21	12	12	18
COD _{Mn} (mg/l)	40	57	40	46	60	53	38	52
Väri (mgPt/l)	890	900	1000	1770	1200	1440	1250	1600

putkissa. Muiden tunnusten suhteen mittapadon veden laatu oli samaa luokkaa kuin lähiympäristön suovesi keskimäärin. Tulosten perusteella haihdutusaltaasta suotautunut vesi ei heikentänyt lähiympäristössä olevan luonnontilaisen suoalueen veden laatua.

Arvioitaessa alapuolisen vesistön kuormitusta vuosina 1991 - 1996 on huomioitava mittapadon virtaaman (max. 6 l/s, kesäkuu 1996) ja marraskuussa 1993 asennetun ylivuotoputken virtaamien vaikutukset. Ylivuotoputken kautta poistunut vesi on johdettu pintavalutuskenttänä toimineelle luonnontilaiselle suoalueelle, josta se on kulkeutunut pintavalutuksen jälkeen käsiteltynä vesistöön. Altaaseen pumpattun ja sieltä mittapadon ja ylivuotoputken kautta poistuneen veden määrien ja laadun perusteella on laskettu vesistökuormitus sekä ainemäärien reduktiot (taulukko 3.3).

Taulukko 3.3. Ainemäärien reduktiot Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaassa vuosina 1993 - 1996. Vuonna 1992 altaasta ei lähtenyt vettä alapuoliseen vesistöön (Selin ym. 1994).

	Reduktiot (%)			
	1993*	1994	1995	1996
NH ₄ -N	83	-390	-170	-680
NO ₃ -N	36	61	37	13
Kok-N	81	-205	-350	-550
Kok-P	98	66	-16	53
Kiintoaine	95	34	5,4	62
COD _{Mn}	71	-210	-140	-450

* ylivuotoputki asennettiin syksyllä 1993.

Ammonium- ja kokonaistypen sekä COD_{Mn}-arvon reduktiot ovat vaihdelleet voimakkaasti. Vuosina 1994 - 1996 todetut selvästi negatiiviset reduktiot osoittavat puhdistuskyvyn heikkenemistä. Tämä johtuu mm. altaassa tapahtuneen aktiivisen mikrobitoiminnan seurauksena muodostuneista typpiyhdisteistä, jotka näkyvät kokonaistyyppipitoisuuden kasvuna. Selkeä muutos reduktioissa vuoden 1993 jälkeen on johtunut haihdutusaltaan varastotilavuuden loppumisesta. Tämän seurauksena vettä on jouduttu johtamaan ylivuotoputken kautta pintavalutuskentälle vuosittain heinä-elokuun vaihteeseen saakka. Pintavalutuskentän toimivuutta ei ole tässä yhteydessä tutkittu ja sen vaikutusta vedenlaatuun ei ole huomioitu.

Haihdutusallas on poistanut koko ajan tyydyttävästi nitraattityppeä ja kiintoainetta. Kokonaisfosforin reduktio on ollut positiivinen lukuunottamatta vuotta 1995.

Tärkeimpien vedenlaatutekijöiden osalta Haaponevan keskimääräinen ominaiskuormitus on moninkertainen verrattaessa esimerkiksi Utajärven Erkansuon haihdutus- ja maaperäimeytyskentällä todettuihin vastaaviin lukuihin (taulukko 3.4). Myös COD_{Mn}-arvo Haaponevalla on selkeästi korkeampi kuin Erkansuola.

Verrattaessa Haaponevan ominaiskuormituslukuja vuosina 1994 ja 1995 tarkkailussa olleisiin pintavalutuskentällisten tuotantosoiden touko-syyskuun keskimääräisiin ominaiskuormituslukuihin (PSV 1996b), voidaan todeta Haaponevan kuormituslukujen olevan huomattavasti suurempia (taulukot 3.4 ja 3.5).

Taulukko 3.4. Haapaveden Haaponevan ja Utajärven Erkansuon (koealue B) keskimääräiset ominaiskuormitusluvut (brutto) vuosina 1994 - 1996.

	Haaponeva			Erkansuo		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
	g/ha/vrk			g/ha/vrk		
Kok-P	0,36	1,1	0,56	0,12	0,07	0,15
PO ₄ -P	-	-	-	-	-	-
Kok-N	9,6	41	30	4,5	2,4	5,7
NH ₄ -N	5,8	14	14	1,5	0,25	0,31
Kiintoaine	63	204	40	22	16	29
COD _{Mn}	320	570	484	230	180	270

Taulukko 3.5. Ominaiskuormitusluvut (brutto) pintavalutuskentillä varustetuilta turvetuotantosoilta touko-syyskuussa 1994 ja kesä-syyskuussa 1995. Sekä turvetuotantoalueiden että Vitmaojan luonnontilaisen suon kuormitusluvut perustuvat vuosien 1994 - 1995 tarkkailututkimuksiin (PSV 1994b, 1995).

	Turvesuon bruttokuormitus		Luonnonsuon bruttokuormitus	
	1994	1995	1994	1995
	g/ha/vrk		g/ha/vrk	
Kok-P	0,17	0,21	0,07	0,04
Kok-N	5,9	5,8	1,1	0,5
Kiintoaine	22	24	13	10
COD _{Mn}	130	150	82	30

4 Linnusto

4.1 Aineisto ja menetelmät

Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaan linnustoa tutkittiin vuosina 1993 - 1995. Havainnot ja yhteenvedon teki Jorma Pessa Oulun yliopiston Perämeren tutkimusasemalta dosentti Jouko Siiran ohjauksessa (Pessa 1996).

Haihdutusallas on pengerrytetty muuta ympäristöä korkeammalle ja altaan ympärillä on syvät reunaojat. Vettä on eniten altaassa olevissa vanhoissa ojissa ja alueen kaltevuudesta johtuen altaan kaakkoiskulmassa. Haihdutusaltaan vesimäärä vaihtelee sateista ja säätilasta riippuen, joten altaan vesipinta-ala vaihtelee huomattavasti ollen laajimmillaan toukokuussa lumensulamisesien aikana. Kesä- ja syysateet vaikuttavat myös selvästi altaan vesipintaa nostavasti.

Linnustohavainnointia tehtiin seuraavasti:

Vuosi	Aika	Laskentapäivät
1993	18.2. - 15.10.	8 havaintokertaa
1994	28.4. - 10.10.	17 ”
1995	4.5. - 10.10.	17 ”

Parimäärälaskennoissa käytettiin kartoitus-, kierto- ja pistelaskentamenetelmiä (Koskimies & Väisänen 1988). Lepäilijä- ja poikuelaskennoissa menetelmänä oli koko alueen kattava pistelaskenta.

4.2 Haihdutusaltaan lajisto

Kahta pesimäkautta kattavan seuranta-aineiston perusteella voidaan todeta, että altaalle on kehittynyt monimuotoinen pesimälinnusto. Pesiviksi todettujen lajien kokonaismäärä oli 29 ja parien yhteismäärä keskimäärin 162. Pesimälajisto koostuu seuraavista lajiryhmistä:

Vesilinnut ja uikut	11 lajia
Kahlaajat	8 ”
Lokkilinnut	5 ”
Varpuslinnut	5 ”

Pesimälajistossa on useita varsinaisille lintuvesille ominaisia lajeja, kuten heinä-tavi (*Anas querquedula*), lapasorsa (*Anas clypeata*), punasotka (*Aythya ferina*) ja pikkulokki (*Larus minutus*) sekä jänkäsirriäinen (*Limicola falcinellus*), joka edustaa rimmikkoisten aapasoiden lajistoa.

Pesivien parien tiheydet olivat, ehkä altaan pinta-alan pienuudesta johtuen, huomattavan korkeita, useimmissa tapauksissa selvästi korkeampia kuin vertailussa mukana olevilla maamme parhaimmiston kuuluvilla Ainalin lintujärven kohteilla.

4.3 Muuton aikainen lajisto

Muuton aikaisia lintumääriä seurattiin kolmena vuotena, tosin vuonna 1993 vain elokuun puolivälistä alkaen. Vesilintujen esiintymistä kuvaa selvästi kolmihuip-pisuus. Ensimmäinen huippu ajoittuu toukokuun jälkimmäiselle puoliskolle, kes-kimmäinen keskikesälle ja kolmas huippu sorsastuksen alkuun elokuulle. Vesilin-tuja on havaittu haihdutusaltaassa enimmillään 195 yksilöä (14.8.1994). Tavi (*Anas*

crecca) on ollut lajeista selvästi runsaslukuisin. Vuonna 1993 taveja havaittiin enimmillään 75, vuonna 1994 191 ja 1995 130 yksilöä. Tukkasotkan (*Aythya fuligula*), punasotkan (*Aythya ferina*), heinätavin (*Anas querquedula*) ja harmaasorsan (*Anas strepera*) esiintyminen painottuu selvästi kevääseen. Muilla lajeilla esiintyminen on tasaisempaa.

Kahlaajia esiintyy eniten keväällä. Lepäilijöitten huippu ajoittuu hieman kevään säätiloista riippuen toukokuun jälkimmäiselle puoliskolle. Keväällä 1994 havaittiin enimmillään 84 ja keväällä 1995 jopa 470 kahlaajaa. Toinen vaatimattomampi huippu ajoittuu syysmuuttokaudelle, heinäkuun puolivälin seutuville. Liro (*Tringa glareola*) ja suokukko (*Philomachus pugnax*) ovat selviä valtalajeja. Liroja on havaittu enimmillään 330 yksilöä ja suokukkoja 120 yksilöä.

Lokkilintuja esiintyi alueella melko tasaisesti eikä selvää huippua havaittu. Pesivät parit saapuivat keväällä ja aloittivat pesinnän toukokuussa. Petolintujen esiintyminen oli satunnaista. Yksittäisiä muuttajia tai lähiseudulla pesiviä lintuja pysähtyi aika-ajoin saalistamaan altaan ympäristöön. Selvimät havainnot painotuvat syysmuuttokaudelle.

Varpuslintuja esiintyi melko tasaisesti, vaikka selvästi oli todettavissa sekä kevätmuutto toukokuulla että syysmuutto heinäkuun lopulta alkaen. Hyönteissyöjät, pääskyt, västäräkit ja kirviset olivat selvästi siemensyöjiä yleisimpiä ruokavierailijoita altaalla.

Lepäilevien vesilintujen määrät kohosivat Haaponevan haihdutusaltaalla elokuun aikana melko tasaisesti. Huippu ajoittui lähelle sorsastuksen alkua. Vuonna 1995 alueella oli paikallisten metsästäjien kanssa sovittu yhteisjahti. Metsästyksen alun jälkeen lintukannat laskivat jyrkästi. Edellisinä vuosina lintukannat pysyivät metsästysajankin selvästikin korkeampina. Syksy 1995 oli poikkeuksellinen, koska vesilintumäärä kohosi uudelleen syyskuussa. Vastaavaa ilmiötä ei muina vuosina havaittu. Haaponevan altaan kaltaisella suppealla alueella metsästyspaine kohoo liian korkeaksi. Tämän vuoksi alueelle ei yleensä saavu enää uusia lintuja metsästyksen aloituksen jälkeen.

4.4 Lajiston monimuotoisuus ja suojeluarvo

Haaponevan haihdutusaltaan lajistoa voidaan pitää monimuotoisena ja runsaslukuisena. Kaikkiaan alueella oli 72 lintulajia (taulukko 4.1). Pesivien lajien määrä on 29, eli peräti 40 % alueen kokonaislajimäärästä.

Taulukko 4.1. Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaalla havaitut lintulajit vuosina 1993 - 1995 (Pessa 1996).

Laji		Vuosi 1993	Vuosi 1994	Vuosi 1995
Mustakurku-uikku	<i>Podiceps auritus</i>	x	x	x
Laulujoutsen	<i>Cygnus cygnus</i>	x		x
Haapana	<i>Anas penelope</i>	x	x	x
Harmaasorsa	<i>Anas strepera</i>			x
Tavi	<i>Anas crecca</i>	x	x	x
Sinisorsa	<i>Anas platyrhynchos</i>	x	x	x
Jouhisorsa	<i>Anas acuta</i>	x	x	x
Heinätavi	<i>Anas querquedula</i>			x
Lapasorsa	<i>Anas clypeata</i>	x	x	x
Punasotka	<i>Aythya ferina</i>		x	
Tukkasotka	<i>Aythya fuligula</i>	x	x	x
Telkkä	<i>Bucephala clangula</i>	x	x	x
Mehiläishaukka	<i>Pernis apivorus</i>	x	x	x
Sinisuohaukka	<i>Circus cyaneus</i>	x	x	x
Kanahaukka	<i>Accipiter gentilis</i>	x	x	x
Varpushaukka	<i>Accipiter nisus</i>		x	x
Hiirihaukka	<i>Buteo buteo</i>	x	x	x
Piekana	<i>Buteo lagopus</i>	x	x	x
Ampuhaukka	<i>Falco columbarius</i>	x		
Riekko	<i>Lagopus lagopus</i>	x		
Kurki	<i>Grus grus</i>	x	x	x
Tylli	<i>Charadrius hiaticula</i>			x
Kapustarinta	<i>Pluvialis apricaria</i>		x	x
Töyhtöhyppä	<i>Vanellus vanellus</i>		x	x
Lapinsirri	<i>Calidris temminckii</i>	x	x	
Suosirri	<i>Calidris alpina</i>	x	x	
Jänkäsirriäinen	<i>Limicola falcinellus</i>		x	x
Suokukko	<i>Philomachus pugnax</i>	x	x	x
Taivaanvuohi	<i>Gallinago gallinago</i>	x	x	x
Pikkukuovi	<i>Numenius phaeopus</i>		x	x
Mustaviklo	<i>Tringa erythropus</i>		x	x
Punajalkaviklo	<i>Tringa totanus</i>			x
Valkoviklo	<i>Tringa nebularia</i>		x	x
Metsäviklo	<i>Tringa ochropus</i>		x	x
Liro	<i>Tringa glareola</i>	x	x	x
Rantasipi	<i>Actitis hypoleucos</i>		x	
Vesipääsky	<i>Phalaropus lobatus</i>	x		
Pikkulokki	<i>Larus minutus</i>	x	x	x
Naurulokki	<i>Larus ridibundus</i>		x	x
Kalalokki	<i>Larus canus</i>			x
Harmaalokki	<i>Larus argentatus</i>		x	x

Laji		Vuosi 1993	Vuosi 1994	Vuosi 1995
Kalatiira	<i>Sterna hirundo</i>		x	x
Käki	<i>Cuculus canorus</i>		x	
Tervapääsky	<i>Apus apus</i>		x	x
Kiuru	<i>Alauda arvensis</i>	x	x	x
Törmäpääsky	<i>Riparia riparia</i>	x	x	x
Haarapääsky	<i>Hirundo rustica</i>	x	x	x
Räystäspääsky	<i>Delichon urbica</i>	x	x	x
Niittykirvinen	<i>Anthus pratensis</i>	x	x	x
Lapinkirvinen	<i>Anthus cervinus</i>			
Keltavästäräkki	<i>Motacilla flava</i>	x	x	x
Västäräkki	<i>Motacilla alba</i>	x	x	x
Sinirinta	<i>Luscinia svecica</i>			x
Pensastasku	<i>Saxicola rubetra</i>			x
Kivitasku	<i>Oenanthe oenanthe</i>	x	x	x
Räkättirastas	<i>Turdus pilaris</i>		x	x
Laulurastas	<i>Turdus philomelos</i>	x		
Punakylkirastas	<i>Turdus iliacus</i>	x	x	x
Kulorastas	<i>Turdus viscivorus</i>		x	
Pajulintu	<i>Phylloscopus trochilus</i>		x	x
Hömötiainen	<i>Parus montanus</i>	x		x
Kuusitiainen	<i>Parus ater</i>			x
Lapinharakka	<i>Lanius excubitor</i>		x	
Varis	<i>Corvus corone</i>		x	x
Korppi	<i>Corvus corax</i>	x	x	x
Kottarainen	<i>Stumus vulgaris</i>	x		
Peippo	<i>Fringilla coelebs</i>		x	
Järripeippo	<i>Fringilla montifringilla</i>		x	x
Uрпиainen	<i>Carduelis flammea</i>			x
Lapinsirkku	<i>Calcarius lapponicus</i>		x	
Pohjansirkku	<i>Emberiza rustica</i>	x	x	x
Pajusirkku	<i>Emberiza schoeniclus</i>	x	x	x
Lajimäärä/vuosi		40	55	57
Kumulatiivinen lajimäärä		40	63	72
Ryhmittäiset lajimäärät				
Vesilinnut		9	9	11
Päiväpetolinnut		6	6	6
Kanalinnut		1	0	0
Kurkilinnut		1	1	1
Kahlaajat		6	13	12
Lokkilinnut		1	4	5
Käkilinnut		0	1	0
Tervapääskyt		0	1	1
Varpuslinnut		16	20	21

Vesilintujen poikastuotto on tärkeä arvioitaessa kosteikon linnustollista arvoa. Poikastuottoa tutkittiin vuosina 1994 - 1995 Haaponevan altaan lisäksi neljältä vertailualueelta (taulukko 4.2). Vuosien välillä oli todettavissa selvästi eroja, mutta kuitenkin alueiden välinen vaihtelu pysyi pienenä. Haaponevalla vesilinnut tuotivat molempina vuosina 17 poikuetta. Poikasmäärä oli kuitenkin vuonna 1995 pienempi kuin useimmilla vertailualueilla. Pesinnät onnistuivat Haaponevalla hyvin, jopa muita vertailualueita paremmin onnistumisasteen ollessa 47 %.

Haaponevan haihdutusaltaan linnuston arvoa voidaan mitata käyttämällä maa- ja metsätalousministeriön asettaman lintuvesityöryhmän (1981) ns. suojelupiste-arvojärjestelmää (taulukko 4.3). Siinä kukin lintuvedelle ominainen laji saa suojelupistearvon ja tämän menetelmän avulla voidaan verrata erilaisia kosteikkoja keskenään.

Tämän pisteytyksen mukaan on selvää, että Haaponevan haihdutusallas on lintuvesialtaana varsin onnistunut. Vertailussa mukana olevista alueista Apaja, Korkatti ja Litukka ovat osa Ainalin kansainvälistä lintuvesikokonaisuutta.

Taulukko 4.2. Vesilintujen poikastuotto Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaalla ja läheisillä vertailualueilla heinäkuussa 1994 ja 1995.

Laji	Poikastuotto alueittain									
	Haaponeva		Apaja		Korkatti		Litukka		Haaralampi	
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995
Silkkiuikku	-	-	3/2*	-	5/3	-	-	-	-	-
Härkälintu	-	-	2/1	-	1/1	-	-	-	-	-
Musta- kurkku-uikku	6/3	4/2	-	-	-	-	-	-	-	-
Haapana	10/2	-	9/2	19/6	22/4	13/2	4/1	9/2	-	-
Tavi	41/9	48/12	20/5	35/7	13/3	15/3	28/5	40/7	-	-
Sinisorsa	-	4/1	7/1	-	6/1	-	-	7/1	-	-
Jouhisorsa	4/1	7/2	43/7	24/3	23/4	17/3	47/8	34/6	-	-
Lapasorsa	8/1	-	17/3	21/3	13/2	-	-	-	-	-
Punasotka	-	-	6/1	5/2	5/1	-	-	-	-	-
Tukkasotka	-	-	54/9	35/16	50/6	25/4	29/4	12/3	-	-
Telkkä	3/1	-	18/3	5/2	15/2	5/1	6/1	5/1	6/1	5/1
Uivelo	-	-	-	-	-	-	3/1	-	-	-
Yhteensä	72/17	63/17	179/34	144/39	153/27	75/13	117/20	107/20	6/1	5/1

* Merkintä esim. 3/2 tarkoittaa yhteensä kolmea poikasta kahdessa poikueessa.

Taulukko 4.3. Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaan linnuston suojelupistearvo verrattuna lähialueen muihin arvokkaisiin lintuvesiin (Komiteanmietintö 1981:32, Pessa, 1996).

	Suojelupistearvo	
	1994	1995
Haaponevan haihdutusallas	56	68
Apaja	96	102
Korkatti	70	68
Litukka	36	58
Haaralampi	9	5

Kosteikkoalueen pinta-ala vaikuttaa tietenkin linnuston määrään merkittävästi. Vertaamalla Haaponevan haihdutusaltaan linnuston laji- ja parimääriä tilastollisesti (vrt. Pessa 1996) voitiin todeta, että Haaponevan altaasta lähes koko pinta-ala on linnuille sopivassa pesintäkäytössä. Normaalisti järvisä vain tietyt kohteet sopivat pesintään. Haaponevan haihdutusaltaaseen on kehittynyt nopeasti monipuolinen ja runsaslukuinen pesimälinnusto. Lajisto on lintuvesille ominaista ja siinä on edustettuna useita vaateliaita kosteikkolajeja.

Alueen kokoon suhteutettuna pesivien lajien ja parien määrät sekä luonnollisesti myös tiheydet ovat vertailualueita korkeampia. Pesimälinnuston suojelupistearvon perusteella allas on siten jopa valtakunnallisesti arvokas lintuvesi. Linnuston ja kosteikon välisen pinta-alavertailun perusteella voi ennustaa, että jos altaan kokoa kasvatettaisiin ja vesiolot sekä kasvillisuusvyöhykkeet pysyvät linnuston kannalta sopivina, pesimälajiston määrä edelleen monipuolistuisi ja parimäärät kasvaisivat. Tämä tulos antaa ideoita Haaponevan tulevaan turvetuotantoalueen jälkikäyttöön. Haaponevan altaan osalta parimäärien kasvu olisi alueen laajentumisen seurauksena ilmeistä, mutta tällä suppealla alueella monipuolistuminen on jo epävarmaa lajiston ollessa jo nyt monipuolinen. Vesialueiden määrän lisääminen ja niiden osittainen syventäminen voisi lisätä sukeltajasorsien ja erityisesti tukkasotkan ja telkän parimääriä alueella. Pesäuuttujen sijoittaminen altaan läheisyyteen myös lisäisi todennäköisesti telkkäkantaa. Lintukannan vahvuuteen vaikuttaa alueen kasvillisuuden ja pieneliöstön kehitys tulevina vuosina.

5 Kasvillisuus

5.1 Aineisto ja menetelmät

Haaponevan haihdutusaltaaseen merkittiin vuonna 1991 yhteensä 16 pinta-alaltaan 1 m² suuruista kasvillisuusruutua, joista määritettiin kasvilajit ja niiden peittävydet vuosina 1991 ja 1992. Näyteruudut kuvasivat rimpipintojen kasvilajistoa. Kasvillisuusruutujen kartoituksen yhteydessä tehtiin myös havaintoja luonnontilaisen osan kasvillisuudesta. Vuodesta 1993 lähtien altaan kasvillisuusruudut ovat olleet pääosin veden peitossa ja sen vuoksi ruutujen kasvillisuutta ei ole voitu analysoida. Havainnot kasvillisuuden muutoksista vuosilta 1993 - 1996 ovat hajanaisia ja yleispiirteisiä.

5.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

Haaponevan haihdutusallas ojitettiin vuonna 1980 muun suoalueen ojituksen yhteydessä. Kasvillisuusutkimuksen aloittamisen aikaan v. 1991 suo oli rimpinevamuuttumaa. Alueella kasvoi yksittäisiä koivun (*Betula pubescens*) ja männyn (*Pinus sylvestris*) taimia jäniteillä ja ojien penkoilla. Jäniteiden yleisimmät kenttäkerroksen lajit olivat vaivaiskoivu (*Betula nana*), suokukka (*Andromeda polifolia*), variksenmarja (*Empetrum nigrum*), tupasvilla (*Eriophorum vaginatum*) ja pullosära (*Carex rostrata*).

Rimpipintojen kasvillisuutta selvitettiin tarkemmin 16 näyteruudusta. Vuonna 1991 rimpipinnoilla kenttäkerroksen yleisimmät lajit olivat luhtavilla (*Eriophorum angustifolium*), suokukka, valkopiirtoheinä (*Rhynchospora alba*) ja tupasvilla. Kaikkia näitä lajeja oli yli puolella tutkituista ruuduista. Peittävyydeltään suurin osuus kenttäkerroksessa oli luhtavillalla (11 %), muiden yksittäisten lajien osuuden jäädessä alle viiden prosentin. Pohjakerroksessa valtalajeina olivat korpi-karhunsammal (*Polytrichum commune*) ja rämekarhunsammal (*Polytrichum strictum*), joiden yhteenlaskettu peittävyys oli 45 %. Karhunsammalet olivat vallanneet alaa ojituksen jälkeen, sillä niiden osuus läheisillä ojittamattomilla rimpipinnoilla oli selvästi vähäisempi. Toinen merkittävä muutos haihdutusaltaan rimpipinnoilla oli raatteen (*Menyanthes trifoliata*) puuttuminen. Luonnontilaisilla alueilla raatetta esiintyi yleisesti. Rahkasammalten esiintyminen rimmissä ja niiden reunoilla oli laikuttaista ja niiden kokonaispeittävyys oli vain runsaat 7 %.

Vuonna 1992 muutokset olivat pieniä vähäisistä pumppausvesistä johtuen. Karhunsammalet olivat kuitenkin kärsineet kohonneesta vesipinnasta ja rahkasammalet hiukan hyötäneet. Kasvillisuusruuduista tavattiin tuolloin uusina lajeina raate ja kihokki (*Drosera* sp.).

Yleispiirteisen tarkastelun ja valokuvien perusteella haihdutusaltaan kasvillisuudessa tapahtuneet muutokset ovat olleet suuria niin kokonaan veden peittämällä rimpipinnoilla kuin myös matalilla ranta-alueilla ja jänteillä. Syvässä rimmistä kasvillisuus on hävinnyt lähes kokonaan. Jänteillä, niiden reunoilla sekä altaan matalassa länsireunassa lähes kauttaaltaan sarat ovat runsastuneet ja muodostavat sopivissa kosteusoloissa vallitsevan kasvuston. Altaan länsireunassa sarojen lisääntymisen havaitsee parhaiten, sillä siellä rimpipintojen osuus pinta-alasta on huomattavasti pienempi kuin itä- ja kaakkoisosassa. Kuva 5.1 havainnollistaa kasvillisuuden muuttumista altaan alavimmilla alueilla lähellä mittapatoa, jossa vesisyvyys on suurin.



Kuva 5.1. Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaan kasvillisuutta kaakkoiskulmalla syksyllä 1991 (yläkuva) ja syksyllä 1996 (alakuva).

6 Kasvi- ja eläinplankton

6.1 Aineisto ja menetelmät

Haaponevan haihdutusaltaasta otettiin vuosina 1995 - 1996 kasvi- ja eläinplanktonnäytteitä (kuva 3.1). Kasviplanktonnäytteet otettiin Ruttner-noutimella (tilavuus n. 2 l) ja näyte oli yhteensä 200 ml. Näyte kestäväitettiin välittömästi Lugolinliuoksella ja seuraavana päivänä laboratoriossa neutraloidulla formaliinilla. Kasviplanktonin lajisto määritettiin mikroskooppisesti vuonna 1995 MS 300 -yksikkömenetelmällä ja vuonna 1996 500 -yksikkömenetelmällä. Määrittästyön teki FK Kristiina Eskonen T:mi Mikrobiosta.

Eläinplanktonnäytteet otettiin Ruttner-noutimella (tilavuus 2 l) siten, että yhden näytteen kokonaistilavuudeksi tuli 10 l. Näytevesi suodatettiin 50 µm planktonhaavin läpi ja haavin sisään jäänyt näyte säilöttiin 200 ml muovipulloon. Näyte kestäväitettiin neutraloidulla formaliinilla. Lajistomääritykset, biomassalaskelmat ja johtopäätökset teki FL Tapio Sutela Oulun yliopiston biologian laitokselta.

6.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

Vuonna 1995 Haaponevan haihdutusaltaan kasviplanktonnäytteiden keskimääräinen biomassa oli 7,8 mg/l ja lajisto koostui pääasiassa pienistä mikсотrofisina pidetyistä flagellaateista, mm. *Cromulina* sp. ja *Dinobryon* sp. Vuonna 1996 vastaava kasviplanktonin keskibiomassa oli 9,7 mg/l. Vuosien välinen ero saattoi johtua myös siitä, että vuonna 1996 tutkittiin 9 näytettä/näytteenottopiste ja vuonna 1995 vastaavasti 5 näytettä/näytteenottopiste. Toisaalta lajistoa tarkasteltaessa voidaan todeta, että yleisilme on hieman monipuolistunut vuonna 1996.

Haaponevan näytteenottopisteeltä tutkittiin viisi kasviplanktonnäytettä vuonna 1995 ja yhdeksän vuonna 1996. Vuoden 1995 keskimääräinen kasviplanktonbiomassa oli 12,7 mg/l ja vuonna 1996 selvästi alhaisempi eli 4,7 mg/l. Elokuussa 1995 pikkuflagellaatit muodostivat lähes 40 mg/l biomassan. Vuonna 1996 taksoneita oli yhteensä 35.

Planktonkuva on hieman monipuolistunut tutkimuksen aikana. Tärkein ryhmä on edelleen kultalevät, (*Chrysophyceae*), mutta myös nielulevien (*Cryptophyceae*), piilevien (*Diatomophyceae*) ja viherlevien (*Chlorophyceae*) osuus oli kasvanut. *Chromulina* sp. ja tunnistamattomat pikku flagellaatit muodostivat merkittävän osan biomassasta. Pieniä bakteereita tavattiin merkittäviä määriä. Lajistoissa oli niukasti olikotrofiaindikaattoreita ja jonkin verran eutrofiaa suosivia lajeja. Erityisesti eutrofiaa suosivia lajeja todettiin kesä-heinäkuun näytteissä.

Taulukko 6.1. Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaan kasviplanktonlajisto ja bi massa µg/l v. 1996.

Kasviplanktonlajisto Vuosi 1996	Biomassa, µg/l								
	3.6.	17.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.	5.9.	22.8.
CYANOPHYCEAE									
<i>Microcystis reinboldii</i> iso y	-	174	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis reinboldii</i> pieni y	-	-	-	-	-	-	-	-	18,8
	0,0	174	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8
CRYPTOPHYCEAE									
<i>Gyromonas</i> sp, iso s	-	-	-	125	208	208	-	-	-
<i>Gyromonas</i> sp, keskik, s	-	1810	6390	288	95,8	-	192	144	20,8
<i>Gyromonas</i> sp, pieni s,	83,3	81,0	347	750	-	-	-	125	-
	83,3	1890	6740	1160	304	208	192	269	20,8
DINOPHYCEAE									
<i>Gymnodinium</i> sp, keskik, s	-	-	868	-	-	-	-	-	-
	0,0	0,0	868	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CHRYSTOPHYCEAE									
<i>Chromulina</i> sp, s	1460	134	833	930	1580	2920	4580	1920	167,5
<i>Chrysidiastrum catenatum</i> s	53,8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chrysococcus</i> sp, s	-	17,4	-	25,0	-	-	62,5	-	-
<i>Dinobryon pediforme</i> s	-	6,9	-	-	-	-	-	-	-
<i>Flagellata</i> spp, pieni s	34,4	125	781	176	-	1250	563	209	40,0
<i>Mallomonas crassisquama</i> s	-	139	208	-	-	-	-	-	-
<i>Mallomonas tonsurata</i> s	-	-	34,7	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudopedinella</i> sp, s	-	40,5	69,4	-	-	-	-	-	-
<i>Uroglena</i> sp, pieni s	12,5	2,3	34,7	-	-	-	-	-	-
	1560	465	1960	1130	1580	4170	5210	2130	167,5
DIATOMOPHYCEAE									
<i>Eunotia</i> sp, iso s	-	-	-	-	-	500	1500	-	-
<i>Eunotia</i> sp, keskik, s	-	-	-	-	-	41,7	-	20,8	-
<i>Tabellaria flocculosa</i> s	-	-	111	-	-	333	-	-	-
	0,0	0,0	111	0,0	0,0	875	1500	20,8	0,0
EUGLENOPHYCEAE									
<i>Trachelomonas volvocina</i> s	-	-	125	45,0	75,0	-	75,0	37,5	-
	0,0	0,0	125	45,0	75,0	0,0	75,0	37,5	0,0
PRASINOPHYCEAE									
<i>Prasinophyceae</i> sp,	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-
	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CHLOROPHYCEAE									
<i>Chlamydomonas</i> sp, iso s	-	-	208	650	-	333	-	83,3	41,7
<i>Chlamydomonas</i> sp, keskik, s	208	34,7	243	1130	1380	41,7	-	-	62,5
<i>Chlamydomonas</i> sp, pieni s	100	55,6	62,5	90,0	62,5	-	-	-	-

Kasviplanktonlajisto Vuosi 1996	Biomassa, µg/l								
	3.6.	17.6.	1.7.	15.7.	29.7.	12.8.	26.8.	5.9.	22.9.
<i>Closterium acutum</i> var, variable s	-	-	-	-	-	-	-	-	10,4
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> 4-s	-	4,6	83,3	40,0	16,6	16,7	-	-	-
<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> 4-s-	-	-	1,7	-	-	-	-	-	-
<i>Fusola viridis</i> 2-s	-	-	-	-	-	-	-	10,4	-
<i>Koliella longiseta</i> s	-	27,8	10,4	7,50	-	-	-	-	-
<i>Mougeotia</i> sp, s	-	1160	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spondylosium planum</i> s	-	34,7	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum lunatum</i> s	-	-	-	118	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum setigerum</i> s	-	-	486	-	-	-	-	-	-
<i>Teilingia granulata</i> s	-	49,2	34,7	6,3	31,3	-	-	-	-
	308	1360	1130	2040	1490	392	0,0	93,8	115
BACTERIOPHYCEAE									
<i>Macromonas bipunctata</i> s	-	-	-	-	-	417	-	-	-
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	417	0,0	0,0	0,0
YHTEENSÄ (µg/l)	1950	3900	10900	4375	3450	5640	6980	2570	2020
(mg/l)	1,95	3,90	10,9	4,38	3,45	5,64	6,98	2,57	

6.3 Eläinplanktonlajisto

Eläinplanktonlajistoja oli vuonna 1996 yhteensä 18 kappaletta. Rataseläinlajisto (*Rotatoria*) oli kohtalaisen runsas ja siinä esiintyi selvästi tyypillisiä bakteeriravintoa ja hajottavaa ainesta hyväkseen käyttäviä lajeja. Vesikirppuja ei näytteissä esiintynyt vuonna 1995 ja hankajalkaisäyriäisiäkin (*Copepoda*) vähän. Tyypillisimpiä olivat *Cyclopoida naupliukset* ja joitakin *Eudiaptomus graciloides* -yksilöitä. Lajisto oli tyypillinen pienvesien lätäkkölajistoa muistuttava. Vesikirput puuttuivat Haaponevan haihdutusaltaasta lähes kokonaan. Ainoa tavattu vesikirppulaji (*Acantholeberis curvirostris*) ei ole varsinainen planktonlaji vaan tyypillinen pohjan tuntumassa esiintyvä vesikirppu.

Sekä vesikirppujen että hankajalkaisten vähyyteen lajistossa vaikuttaa altaan pienuus ja mataluus sekä vedenlaatutekijät kuten happamuus ja kiintoainepitoisuus. Kiintoaine saattaa häiritä joitakin eläimiä ympäröivää hyytelövaippaa tai mm. vesikirppulajien suodatukseen perustuvaa ravinnonotto mekanismia. Haaponevan eläinplanktonlajistossa esim. *Bdelloidea* sp. ja *Vorticella* sp. taksonien tiheydet osoittavat selvästi pienvesistön tai lätäkön luonnetta. Vuonna 1996 oli rataseläinten yksikkömäärä edellisvuotta korkeampi, mutta lajistossa ei kuitenkaan ollut muutosta rehevyyttä suosiviin lajeihin. Todedut vuosien väliset erot sekä lajiston tiheydessä että yksikkömäärissä johtuvat mm. vuosien välisistä säätilaeroista ja näytteenottoon liittyvistä tekijöistä.

Taulukko 6.2. Haaponevan haihdutusaltaasta todetut eläinplanktonit kesällä 1996.

Eläinplanktonitaksi
Protozoa, alkueläimet

Diffugia sp
Vorticella sp

Rotatoria, rataseläimet

Bdelloidea sp.
Brachionus urceus
Collotheca sp.
Conochilus unicornis
Kellicottia longispina
Kellicottia longispina
Lecane luna
L. lunaris
Lepadella sp.
Polyarthra remata
P. vulgaris
Synchaeta sp.
Trichocerca sp.

Cladocera, vesikirput

Acantholeberis curvirostis

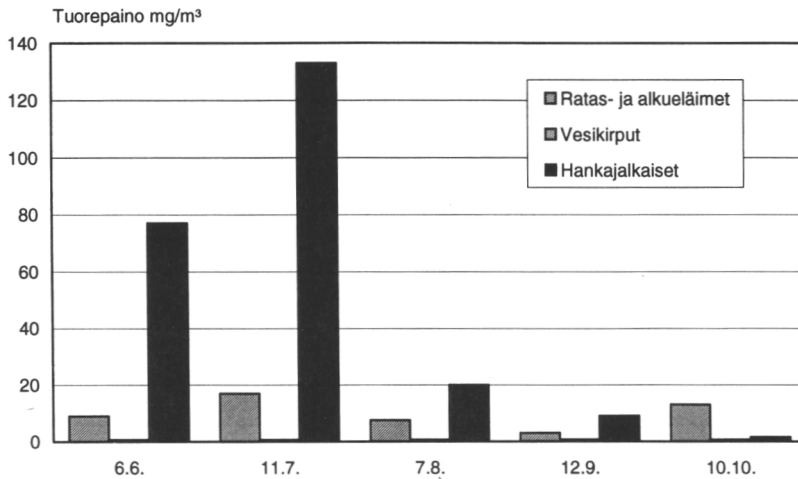
Copepoda, hankajalkaisyriäiset

Cyclopoida

nauplius
kopepodiitti

Calanoida

nauplius
kopepodiitti



Kuva 6.1. Eläinplanktonbiomassa (mg/m³) Haapaveden Haaponevalla kesällä 1996.

7 Haihdutusaltaan toimivuus

Haaponevan haihdutusaltaasta vesi haihtui ja lisäksi se imeytyi maaperään ja suotautui reunaosaan. Suotuisissa sääoloissa kesäkuukausina yli 50 % altaaseen kohdistuneesta kokonaisvesimäärästä haihtui, koska tällöin pintakuorma oli toimivuuden kannalta sallituissa rajoissa. Ylivuotoputken kautta poistui 30 - 40 % vesimäärästä ja loppuosa suotautui pengerten läpi reunaosaan.

Keväisin on lumen sulamisvesiä johdettu ylivuotoputken kautta pintavalutukseen. Altaaseen on ajoittain sateena kohdistunut hydraulista lisäkuormitusta, joten vedenkorkeus on pysynyt ylivuotorajalla ja vesiä on johdettu pintavalutuskentälle vuosittain heinä-elokuulle saakka. Tämä osoittaa sen, että altaan varastotilavuus oli liian pieni sekä sulamis- että sadevesien samanaikaiseen varastointiin.

Haihdutusaltaaseen pumpattu kuivatusvesi sisälsi humusta ja runsaasti ravinteita. Haihtumiselle ja samalla mm. mikrobitoiminnalle otollisten sääolojen takia veden laatu altaassa muuttui huomattavasti - vesi happamoitui ja mm. ammonium-, nitraatti- ja kokonaistyyppipitoisuudet sekä COD_{Mn}-arvo kasvoivat. Kokonaisfosforipitoisuus ja kiintoainemäärä sen sijaan pienenivät.

Altaan puhdistusteho vaihteli suuresti. Kokonaisfosforin, nitraattitypen ja kiintoaineen määrät pienenivät. Ammonium- ja kokonaistyyppien sekä kemiallisen hapenkulutuksen ainemäärät kuitenkin kasvoivat allaskäsittelyn tuloksena. Tämä osoittaa, että Haaponevan allas ei sovellu useita vuosia kestävään kuivatusvesien puhdistuskäyttöön.

Suoalueen pohjavedessä tapahtui pohjavesiputkista otettujen vesinäytteiden perusteella vähäisiä vedenlaatumuutoksia, mutta selkeää trendiä ei todettu. Suoalueen pohjavedenpinta oli vuosittain korkeimmillaan keväisin, jonka jälkeen se laski kesäkuukausien ajan ja kääntyi syksyllä jälleen nousuun. Runsaat sateet nostivat tilapäisesti pohjavedenpintaa.

Haihdutusaltaan kasvi- ja eläinplanktonlajisto oli suppeaa, lähinnä suoperäisiä lätäkölajia tai pienvesien lajeja edustavaa. Myös lintujen predaatio on saattanut vaikuttaa vesikirppu- ja hankajalkaislajien niukkuuteen samoin kuin joissakin määrin haihdutusaltaan veden laatuun. Flagellaattien runsaus, varsinkin syksyllä, kuvaa voimakasta orgaanisen karikkeen hajotusta altaaseen vesienkäsittelyn ohella. Myönteiseksi asiaksi on osoittautunut altaan toimiminen lintujen pesimis- ja levähdyspaikkana. Linnut ovat hyvin sopeutuneet pumpun ääneen sekä vähäiseen työpaikkaliikenteeseen. Lajisto on monipuolinen ja runsaslukuinen.

Haaponevan haihdutusaltaan rakentaminen on aiheuttanut yhtä paljon kustannuksia kuin vastaavankokoisen pintavalutuskentän rakentaminen. Rakenteet ovat

samat; pumppausallas, pumppukaivo, pumppu ja allasta kiertävät penkereet. Lisäksi kustannuksia on aiheutunut ojituksista, mittapadon rakentamisesta ja virtaamamittauslaitteista. Pintavalutuskenttään verrattaessa lisäkustannuksia voi tapauskohtaisesti muodostua myös korkeampien penkereiden sekä ylivuotorakenteiden rakentamisesta. Haihdutusaltaan käyttökustannukset ovat samaa suuruusluokkaa kuin vastaavankokoisen pintavalutuskentän.

8 Johtopäätökset ja suositukset

Haaponevan tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että haihdutusallas ei sellaisenaan ole yleisesti hyödynnettävissä vesienkäsittelymenetelmänä. Käsittely tasaa virtaamia, mutta sen *tehokas käyttöikä on vain muutamia vuosia. Sitä voidaan käyttää esim. kaksi - kolme vuotta peruskunnostusvaiheen aikaisien ojitusvesien käsittelyssä, jolloin tarvitaan normaalin perustason vesienkäsittelyn lisäksi tehostustoimia.* Lisäksi altaan rakentaminen voi olla perusteltua, jos samalla aiotaan edistää alueen jälkikäyttöä monipuolisena lintuvenä.

Altaan avulla voidaan poistaa kokonaisfosforia, kiintoainetta ja nitraattityyppiä. Toisaalta allaskäsittelyssä COD_{Mn}, ammonium- ja kokonaistyyppikuormitukset kasvavat mm. pohjan laadusta riippuen. Puhdistusteho paranee, mikäli allasta kuormitetaan pienemmällä pintakuormalla kuin Haaponevalla. Käytännössä tämä aiheuttaa niin suuren pinta-alatarpeen, että altaan rakentaminen on kyseenalaisia taloudellisten seikkojen vuoksi. Altaan puhdistusteho on vaihdellut vuosittain ja trendi on ollut tyyppiyhdisteiden ja humuksen osalta heikkenevä. Viimeisten kolmen vuoden aikana allas on lisännyt lähtevän veden kokonais- ja ammoniumtyyppi sekä COD_{Mn}-kuormitusta.

Haaponevan haihdutusaltaan varastotilavuuden loppuessa ja altaan pintakuorman ollessa pitkäaikaisesti yli 0,005 m/vrk vettä on jouduttu juoksuttamaan ylivuotorakenteiden kautta altaasta pois. Pintakuorma voi sääolosuhteista johtuen kuitenkin tapauskohtaisesti vaihdella. Yksistään sadanta voi muodostaa yli 50 % altaaseen kohdistuvasta pintakuormasta. Turvetuotantoalueen keskivaluma vaihtelee vuosittain ja käytettäessä mitoituksessa sallitulle pintakuormalle arvoa 0,005 m/vrk ja valumalle arvoa 10 l/s/km² (Vesiyhdistys 1986), saadaan Haaponevan tapauksessa altaan tehokkaan pinta-alan vaatimukseksi vähintään 18 % yläpuolisesta valuma-alueesta. Kuitenkin turvetuotantoalueiden kesäajan keskivalumat ovat ajoittain suurempia kuin 10 l/s/km². Tämä on todettavissa mm. monista turvetuotantoalueiden tarkkailutkimustuloksista jo useilta vuosilta. Jos esim. mitoitusvaluman arvona käytetään Hämeen ympäristökeskuksen toiminta-alueella vuonna 1996 tarkkailutkimuksissa todettua keskivalumaa 13,9 l/s/km²

(Perälä 1997) saadaan Haaponevan tapauksessa tehokkaan pinta-alan vaati-
mukseksi vähintään 25 % yläpuolisesta valuma-alueesta. Em. mitoitusarvoilla
allas toimii normaali- ja alivalumatilanteissa haihdutusaltaana ja ylivalumatilan-
teissa altaasta poistuu vettä ylivuotoputkien kautta.

Jos haihdutusallas halutaan mitoittaa tätäkin suuremmalle valuman arvolle salli-
tun pintakuorman pysyessä samana (0,005 m/vrk), niin vaadittu tehokas pinta-
ala kasvaa samassa suhteessa. Esimerkiksi viranomaisten antamana laskeutus-
altaiden mitoitusarvona käytetään 300 l/s/km². Tätä mitoitusarvoa ei ole syytä
käyttää haihdutusaltaan mitoitusarvona, koska altaaseen johdettava vesimäärä
tulee tuotantoalueelta pumppauksen kautta. Pumput mitoitetaan yleensä valu-
malle 100 l/s/km² ja pumpattaessa mitoitusarvon ylittävät vesimäärät pysähtyvät
tuotantoalueen ojustoihin odottamaan pumppausta altaaseen. Haihdutusaltaan
mitoittaminen laskeutusaltaille annettua mitoitusarvoa käyttäen vaatisi altaan pinta-
alan kasvattamista kohtuuttoman suureksi eikä tilanne muutenkaan olisi realisti-
nen.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että haihdutusallasta suunniteltaessa on otetta-
va huomioon seuraavat seikat:

- Allasta ei suunnitella tärkeälle pohjavesialueelle tai sen välittömään läheisyy-
teen.
- Allasalueen maaperä ja pinnanmuodot tutkitaan etukäteen.
- Allasalueella on oltava mahdollisimman vähän ojia oikovirtauksien
minimoimiseksi.
- Allasalueelta ei poisteta kasvipeitettä.
- Mitoituksen lähtökohdaksi arvioidaan sallittu pintakuorma.
- Mitoitusvaiheessa huomioidaan mm. vesipumpun tuotto, valuma-alueen koko,
sadanta ja suunniteltavan altaan toimiva pinta-ala.
- Altaan pinta-ala suhteessa yläpuoliseen valuma-alueeseen tulee olla mahdol-
lisimman suuri pintakuorman minimoimiseksi.
- Sallitun pintakuorman ylittymisen varalta on rakennettava ylivuotorakenteet,
joiden asennuskorkeudella voidaan hallita ja säännellä ylivuodon ajallista kes-
toa. Mitä korkeammalle ylivuotorakenteet asennetaan, sitä lyhyemmän ai-
kaa vesi poistuu niiden kautta.
- Altaaseen voidaan pumpata vettä sitä enemmän, mitä korkeammat penkereet
altaaseen rakennetaan. Allastilan riittävyys on kriittisintä lumensulamisen jäl-
keen.
- Altaasta ylivuotorakenteiden kautta poistuva vesi on ohjattava pintavalutuksen
tai muun jatkokäsittelyn kautta alapuoliseen vesistöön.

- Poistuvia vesimääriä on voitava mitata ja laatua on voitava havainnoida.
- Pumpun ja putkilinjojen mitoituksessa on otettava häviöt huomioon ja putkilinjojen pituudet on minimoitava.
- Pengerten kuntoa on säännöllisesti seurattava.

Haihdotusallas voi soveltua mataloituneiden tuotantokenttien vesienkäsittelyyn, tehostamaan muutaman vuoden aikana kentän vesienkäsittelyä. Tällöin voidaan altaana käyttää tuotannosta jo vapautuneita lohkoja. Menetelmä on tutkimisen arvoinen erityisesti niissä kohteissa, joissa kuivatus on hoidettu pumppaamalla ja tulevana jälkikäyttömuotona on esimerkiksi lintuvesi.

Kirjallisuus

- Kaikkonen, K., Kiviniemi, M. & Salo, O. 1996. Lapin ympäristökeskuksen alueen turvetuotantosoiden käyttö-, kuormitus- ja vesistötarkkailu. Yhteenvedoraportti v. 1996. Lapin vesitutkimus Oy. Rovaniemi. 55 s + liitteet.
- Kaikkonen, K., Kiviniemi, M. & Salo, O. 1997. Lapin ympäristökeskuksen alueen turvetuotantosoiden käyttö-, kuormitus-, vesistö- ja biologinen tarkkailu. Yhteenvedoraportti v. 1996. Lapin vesitutkimus Oy. Rovaniemi. 69 s + liitteet.
- Komiteamietintö 1981:32. Valtakunnallinen lintuvesien suojeluohjelma. Lintuvesityöryhmä. Helsinki.
- Koskimies, P. & Väisänen, R.A. 1988. Linnustoseurannan havainnointiohjeet. Helsingin yliopiston eläinmuseo. Helsinki.
- Marja-aho, J. & Koskinen, K. 1989. Turvetuotannon vesistövaikutukset. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 36: 1-278.
- Perälä, H. 1997. Hämeen ympäristökeskuksen toimialue. Turvetuotantoalueiden käyttö- ja kuormitustarkkailu v. 1996. Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistys ry.
- Pessa, J. 1996. Haapaveden Haaponevan haihdutusaltaan linnustotutkimukset 1993 - 1995. Loppuraportti. Perämeren tutkimusasema, Oulun yliopisto. Oulu. 6 s + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy (PSV). 1991. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden tarkkailu Oulujoen vesistöalueella v. 1990. Osa I, Kuormitustarkkailu. Oulu. 22 s + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1992. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden tarkkailu Oulujoen vesistöalueella v. 1991. Osa I, Kuormitustarkkailu. Oulu. 22 s + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1993. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvedoraportti v. 1992. Oulu. 66 s + liitteet.

- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1994a. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden tarkkailu Oulujoen vesistöalueella v. 1993. Osa I, Kuormitustarkkailu. Oulu. 22 s + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1994b. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1993. Oulu. 66 s + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1995. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1994. Oulu. 60 s + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1996a. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden tarkkailu Oulujoen vesistöalueella v. 1994. Osa I, Kuormitustarkkailu. Oulu. 23 s + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1996b. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1995. Oulu. 60 s + liitteet.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy. 1997. Joutensuon luonnontilaisen valuma-alueen velvoitetarkkailutulokset vuodelta 1995. Oulu. Moniste. 2 s.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto - Maa ja Vesi Oy 1997. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen alueen turvetuotantosoiden käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1996. Oulu. 74 s. + liitteet.
- Selin, P., Marja-aho, J. & Madekivi, O. 1994. Aqua peat 95, Uusia menetelmiä turvetuotannon vesienkäsitelyyn. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto. Katsauksia B:182: 1-195.
- Vesiyhdistys ry. 1986. Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys ry. Mänttä. 503 s.
- Wahlgren, A. 1988. Soinin ja Karstulan kunnissa olevien turvetuotantoalueiden lähtötilanteen vedenlaatuselvitys. Imatran Voima Oy. Raportti. 14 s. + liitteet.

Tiedonantoja -sarjassa aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

Rimmler, Thomas, Kurttila, Mikko & Pesonen, Mauno. 1998. Metsäsektorin kansantaloudelliset vaikutukset - Hakkuuskenaarioiden analyysi kokonaistasa-painomallilla. MT 675.

Lindroos, Antti-Jussi. 1998. The effect of emissions from the Cu-Ni smelters in the Kola Peninsula on the chemical properties of forest soil. (Väitöskirja). MT 676.

Tasanen, Tapani (toim.). 1998. Research and management of the northern timberline region - Proceedings of the Gustav Sirén symposium in Wilderness Center Inari, September 4.-5. 1997. MT 677.

Poron vaikutus metsä- ja tunturiluontoon. Tutkimusseminaari Hetassa 1997. 1998. MT 678.

Hietala, Ari. 1998. Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. associated with nursery-grown conifer seedlings suffering from root dieback. (Väitöskirja). MT 679.

Hakkila, Pentti, Heino, Maija & Puranen, Essi. 1998. Wood fuels from conventional forestry. Proc. of the third annual workshop of Activity 1.2 (Harvesting) / Task XII / IEA Bioenergy in Jasper, Alberta, October 18, 1977. MT 680.

Aalto, Tarmo & Jalkanen, Risto. 1998. Neulasjälkimenetelmä. The needle trace method. MT 681.

Komulainen, Minna. 1998. Kylämaisema eläväksi! – asukakeskeinen suunnittelu maaseudun kehittäjänä. MT 682.

Ovaskainen, Ville, Mikkola, Jarmo & Pouta, Eija. 1998. Estimating recreation demand with on-site data: an application of truncated vs truncated, endogeneously stratified count data models. MT 683.

Hakkila, Pentti, Nurmi, Juha & Kalaja, Hannu. 1998. Metsänuudistusalojen hakkuutähde energialähteenä. MT 684.

Kangas, Jyrki, Varmola Martti & Virtanen Eija (toim.). 1998. Alue-ekologista tietoa metsäsuunnitteluun. Metsäntutkimuspäivä Rovaniemellä 15.10.1997. MT 685.

Härkönen, Sauli. 1998. Effects of moose browsing in relation to food alternatives in Scots pine stands. (Väitöskirja). MT 686.

ISBN 951-40-1628-9
ISSN 0358-4283