



Kuva Juha Kääriä 2003

Turun Seudun Vesi Oy

Turun seudun tekopohjavesihanke

Ympäristövaikutusten arviointia täydentävät selvitykset

Sisältö

TIIVISTELMÄ.....	III
1 JOHDANTO	1
2 RAAKAVEDEN LAADUN VAIKUTUS VEDENOTTOON	2
2.1 RAAKAVEDEN LAADUN VAIHTELU	2
2.2 RAAKAVEDEN OTON KESKEYTTÄMINEN JA KESKEYTYSTEN KESTO	2
3 ESIKÄSITELLYN VEDEN LAADUNVAIHTELUT JA VAIKUTUS TEKOPOHJAVEDEN LAATUUN	4
3.1 IMEYTTETTÄVÄN VEDEN LAATUTAVOITTEET	4
3.2 IMEYTTETTÄVÄN VEDEN JA TEKOPOHJAVEDEN LAATU MUILLA LAITOKSILLA	4
3.3 ARVIO MEKAANISEN ESIKÄSITTELYN TEHOKKUUDESTA	6
3.4 ESIKÄSITTELYMENETELMIEN VERTAILU	8
4 ESIKÄSITTELYSSÄ MUODOSTUVAT LIETTEET JA HUUHTELUVEDET SEKÄ NIIDEN KÄSITTELY	11
4.1 HUUHTELUVESIEN MUODOSTUMINEN JA NIIDEN LAATU	11
4.1.1 Mekaaninen esikäsittely	11
4.1.2 Kemiallinen esikäsittely.....	11
4.2 HUUHTELUVESIEN VAIKUTUKSET LOIMIJOESSA	12
4.2.1 Purkupaikan nykytila.....	13
4.2.2 Mekaanisen esikäsittelyn huuhteluvesien vaikutus	16
4.2.3 Kemiallisen esikäsittelyn huuhteluvesien vaikutus.....	16
4.3 YHTEENVETO ESIKÄSITTELYSSÄ MUODOSTUVISTA VESILAITOSLIETTEISTÄ.....	18
4.4 LIETTEIDEN JATKOKÄSITTELYMAHDOLLISUUDET	18
5 RAAKAVEDEN OTON JA VOIMALAITOSKÄYTÖN YHTEISVAIKUTUKSET KOKEMÄENJOESSA.....	20
5.1 VAIKUTUS KOKEMÄENJOEN VIRTAAAMAAN	20
5.2 VAIKUTUS TOUTAIMEN ELINOLOIHIN	21
6 TEKOPOHJAVEDEN MUODOSTUMINEN JA VAIKUTUKSET MAAPERÄSSÄ	22
6.1 MUODOSTUMISPROSESSIN KUVAUS	22
6.2 TEKOPOHJAVEDEN MUODOSTUMISPROSESSI TALVELLA	23
6.3 VEDENPINNAN NOUSU TUOTANTOTILANTEESSA	24
6.4 IMEYTTÄMISEN PITKÄAIKAISVAIKUTUKSET	24
6.4.1 Kiintoaineen ja ravinteiden kertyminen ja käyttäytyminen maaperässä	24
6.4.2 Tekopohjaveden ravinnepitoisuuden vaikutus lähdekasvillisuuteen.....	25
6.4.3 Raakavedestä aiheutuvat mikrobiriskit	30
6.5 TOIPUMISPROSESSI SADETUSTAUKOJEN AIKANA	30
7 POHJAVEDEN LAADUN HUONONEMISEN ESTÄMINEN	31
7.1 YLEISTÄ	31
7.2 HÄIRIÖIDEN HAVAITSEMINEN.....	31
7.2.1 Automaattinen vedenlaadun seuranta.....	31
7.2.2 Muut havainnointimahdollisuudet.....	31
7.3 TIEDONKULUN JÄRJESTÄMINEN.....	32
7.4 TORJUNTA- JA VARAUTUMISTOIMENPITEET	32

	ii
7.4.1 Vedenottamo.....	32
7.4.2 Esikäsittely	32
7.4.3 Tekopohjavesilaitos ja vedensiirtojärjestelmä.....	33
7.5 LIITTYMINEN YLEISEEN PELASTUSTOIMEEN	33
8 IMEYTYSMENETELMIEN VERTAILU	34
9 ERI ESIKÄSITTELYMENETELMILLÄ TUOTETUN TALOUSVEDEN LAADUN VERTAILU.....	35
10 HANKKEEN VAIKUTUS SUUNNITELTUUN MAANKÄYTTÖÖN.....	37
10.1 SATAKUNNAN SEUTUKAAVA	37
10.2 ARVIO HANKKEEN SUHTEESTA VOIMASSAOLEVAAN SEUTUKAAVAAN	37
10.3 HUITTISTEN RANTAYLEISKAAVA.....	38
10.4 HUITTISTEN YLEISKAAVA.....	38
10.5 ARVIO HANKKEEN SUHTEESTA VOIMASSAOLEVAAN YLEISKAAVAAN.....	39
11 VAIKUTUKSET MAISEMAAN JA KULTTUURIYMPÄRISTÖÖN	40
11.1 ARVIOINTIMENETELMÄT	40
11.2 MAISEMAN JA KULTTUURIYMPÄRISTÖN YLEISPIIRTEINEN KUVAUS	40
11.3 RAAKAVEDENOTTAMON VAIKUTUKSET MAISEMAAN	40
11.4 ESIKÄSITTELYLAITOKSEN VAIKUTUKSET MAISEMAAN	42
12 PUTKILINJAN VAIKUTUKSET MAAN ROUTAANTUMISEEN JA MAATALOUTEEN	46
12.1 ROUTAANTUMISEN ESTYMISEN MAHDOLLISET VAIKUTUKSET MAATALOUELLE.....	46
12.2 TSV:N PUTKILINJAN VAIKUTUS MAAN ROUTAANTUMISEEN	46
12.3 PUTKILINJAN VAIKUTUS PELTOJEN VESITALOUTEEN	47
12.4 VAIKUTUKSET RAKENTAMISVAIHEESSA.....	47
13 TEKOPOHJAVESILAITOKSEN KÄYTTÖTARKASTELU.....	49
LÄHDELUETTELO.....	50

Liitteet

- | | |
|----|--|
| I | Luettelo tehdyistä lisäselvityksistä |
| II | Raakaveden laadun vuodenaikaisvaihtelu |

TIIVISTELMÄ

Turun seudun tekopohjavesihanketta koskeva ympäristövaikutusten arviointi on tehty vuosina 2000 - 2001. YVA:a ja hankesuunnittelua varten on tämän jälkeen laadittu useita lisäselvityksiä, jotka on lueteltu liitteessä I. Tämä selvitys täydentää ympäristövaikutusten arviointia siitä annetuissa lausunnoissa esitettyjen lisäselvitystarpeiden osalta. Seuraavassa on esitetty kunkin osaselvityksen merkittävimmät johtopäätökset.

Raakaveden laadun vaikutus vedenottoon

Kokemäenjoesta otettavan raakaveden normaali vuodenaikaisvaihtelu, joka on voimakkaimmillaan huhti- ja toukokuussa, ei aiheuta tarvetta raakaveden oton keskeyttämiseen. Mahdollisia keskeytyksen syitä voivat sen sijaan olla esim. jätevesi-, kemikaali- tai öljyvuodot, sinileväkukinnot, tulviminen ja ns. suppoilmiö, eli hyydejään muodostuminen. Pisimmillään erilaisista poikkeustilanteista johtuva raakaveden oton keskeytymisen arvioidaan olevan muutamia päiviä. Tällaiset keskeytykset eivät aiheuta merkittäviä muutoksia pohjaveden pinnoissa tai virtaamissa, ja niistä aiheutuvan vajauksen palautumista voidaan nopeuttaa yli-imeytyksellä.

Esikäsittelymenetelmien vertailu

Tekopohjavesilaitoksessa imeytettävälle vedelle ei ole olemassa viranomaisen asettamia laatuvaatimuksia, mutta Vesi- ja viemärilaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto (2000) sekä Kivimäki (1992) ovat julkaisuissaan esittäneet laatutavoitteet, joille ei ole asetettu lukuarvoja. Sekä mekaanisella hiekkapikasuodatuksella että kemiallisella esikäsittelyllä päästään raakaveden normaalin laadunvaihtelun puitteissa sellaiseen veden laatuun, että se täyttää imeytettävälle vedelle asetetut laatutavoitteet. Menetelmien välillä on kuitenkin joitain eroavaisuuksia, joista merkittävimpiä ovat seuraavat:

- Kemiallinen menetelmä poistaa myös kolloidisia tai liuenneita aineita, humusta, epäorgaanisia yhdisteitä ja mahdollisia levämyrkyjä; Mekaaninen esikäsittely poistaa lähinnä kiintoainesta ja siihen sitoutuneita aineita.
- Kemiallisessa menetelmässä raakaveteen jää vähäisiä määriä saostuskemikaalijäämiä (joko rautaa tai alumiinia);
- Kemiallinen menetelmä on mekaanista herkempi prosessihäiriöille;
- Mekaanisesti esikäsitellystä vedestä orgaaninen aines poistuu pääasiassa tekopohjaveden muodostumisvaiheessa. Kemiallisessa menetelmässä osa poistuu jo esikäsitellyssä.
- Kemiallisen esikäsittelyn seurauksena tekopohjaveden sulfaatti- ja kloridipitoisuudet saattavat kohota jonkin verran.
- Kemiallisessa esikäsitellyssä muodostuvan lietteen määrä on noin kymmenkertainen mekaaniseen verrattuna.
- Kemiallisessa esikäsitellyssä huuhteluvesien mukana Loimijokeen menevä kiintoaineen määrä on noin 130...260 kg/d, mekaanisessa keskimäärin 55 kg/d.

Mekaanisen esikäsittelymenetelmän tehokkuutta on tutkittu Kokemäenjoen vedellä tehtyjen suodatuskokeiden avulla (Suunnittelukeskus 1999 ja 2002, Kytövaara 2000). Kiintoainereduktio 16 kk jatkuneissa kokeissa osoittautui niin tehokkaaksi, ettei harjun tukkeutumista esiintynyt. Kokeissa veden sameus pieneni keskimäärin > 30 %, kiintoaine > 55 % ja fekaaliset koliformiset bakteerit > 50 %.

Hankkeen vesistövaikutuksista

Raakavedenottamon yläpuolella, noin 20 km etäisyydellä on Tyrvään ja 10 km etäisyydellä Äetsän voimalaitos, joita ajetaan viikkosäännöstelyllä. Alapuolella, noin 30 km etäisyydellä sijaitsee Kolsin voimalaitos jota ajetaan vuorokausisäännöstelyllä. Joen suurimmat virtaamat määräytyvät luonnollisen vesimäärän mukaan. Pieniin virtaamiin sen sijaan vaikuttaa suuresti säännöstelykäytäntö. Raakaveden oton osuus Tyrvään ja Äetsän alimmistakin virtaamista on 4...5 %, joten se ei aiheuta merkittävää vähenemää Kokemäenjoen virtaamaan.

Mekaanisessa esikäsittelyssä muodostuvien kirkastevesien kiintoainepitoisuus on alhaisempi, kuin Loimijoen. Kirkastevesivesillä ei näin ollen ole haitallista vaikutusta joen veden laatuun tai ekosysteemiin. Kemiallisen esikäsittelyn kirkastevedet voivat minimivirtaamakausina nostaa Loimijoen kiintoainepitoisuutta jonkin verran aiheuttaen vähäistä liettymistä purkupaikan lähistöllä.

Tekopohjaveden muodostuminen ja vaikutukset maaperään ja lähdekasvillisuuteen

Maaperässä vajovesivyöhykkeessä vedestä poistuu mm. bakteerit, sameus sekä kiintoaine siihen kiinnittyneine aineineen. Humuksen poistuma vaihtelee 10...50 %. Syvemmällä pohjavesivyöhykkeessä veden laatuominaisuudet, kuten pH ja lämpötila tasaantuvat veden sekoittuessa pohjaveteen. Laimenemisen ja pidättymisen lisäksi humus alkaa hajota. Sadeveden tai raakaveden mukana tulevat tai maaperästä liuenneet liukoiset ravinteet eivät juuri muutu, pidäty tai hajoa.

Mm. Utin, Kouvolan ja Jyväskylän tekopohjavesilaitoksilla sekä Virttaankankaan koeimeytyksissä (2002/2003) saatujen kokemusten perusteella tekopohjavesilaitos toimii hyvin kovillakin pakkasilla. Tällöin imeytysalueille muodostuu jääkansi, jonka alla imeytyminen jatkuu normaalisti.

Mekaanisesti esikäsittelyn veden mukana harjuun tulee keskimäärin 1,8...5,1 t/ha/a orgaanista kiintoainetta (imeytyksen aikana). Lähes kaikki orgaaninen aines pidättyy maan pintaosiin, osa mineralisoituu suhteellisen nopeasti hiilidioksidiksi ja osa muuttuu hitaasti hajoavaksi humukseksi.

VIVA –tutkimuksen mukaan (Helmisaari ym. 1999) imeyttäminen nostaa maaperän pH:ta, mikä puolestaan nopeuttaa typen mineralisaatiota maaperässä. Orgaaniset typpiyhdisteet muuttuvat nitraateiksi, jotka ainakin osittain huuhtoutuvat pohjaveteen. Tutkimushankkeessa imeytettävän veden nitraattipitoisuudet vaihtelivat 133...195 µg/l ja pohjavedessä 166...293 µg/l. Talousveden laatuvaatimukseen, 50 000 µg/l, verrattuna arvot ovat erittäin pieniä, ja muutokset niin vähäisiä, ettei niillä ole merkittävää vaikutusta.

Esikäsittelyn raakaveden imeytys Virttaanharjuun ei juurikaan nosta pohjaveden nitraattityppipitoisuutta eikä fosforipitoisuus tarkkailutulosten perusteella kasva. Virttaankankaan maaperässä on runsaasti helppoliukoista kalsiittia (Lindqvist & Lallukka 2002). Sijoittamalla imeytysalueet kalsiitin suhteen oikein saadaan tekopohjaveden pH nousemaan lähelle kyllästysastetta, eli samalle tasolle luontaisen pohjaveden kanssa.

Hankkeen vaikutukset pohjaveden laatuun ovat tehtyjen selvitysten mukaan vähäisiä. Typpipitoisuuden lievä nousu tuskin vaikuttaa lähdekasvillisuuteen, koska emäksisillä kasvualustoilla minimiravinteena on tyypillisesti fosfori. Ravinnepitoisuuden muutoksia

merkittävämpi tekijä lähdekasvillisuuden esiintymiselle on nimenomaan pohjaveden purkautuminen ja sen luoma poikkeuksellinen kasvuympäristö, missä ravinteista lähinnä korkea kalsiumpitoisuus (ja samalla korkea pH) näyttää vaikuttavan vaateliaan lajiston esiintymiseen.

Pohjaveden laadun muuttumisen estäminen

Pohjaveden laadun muuttumisen riskit aiheutuvat pääosin raakavedenottamon yläpuolella joessa mahdollisesti tapahtuvista haitallisista veden laadun muutoksista. Haittojen ehkäisemisen kannalta on olennaista, että häiriöt havaitaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja torjuntatoimenpiteet voidaan aloittaa pikaisesti. TSV Oy:n riskienhallintaohjelma käsittää mm. seuraavat toiminnot:

- Uhkaavan häiriön havaitseminen
- Tiedonsiirto TSV:n organisaatiolle ja sen sisällä
- Häiriön torjuntatoimenpiteet, joihin on varauduttu suunnittelussa prosessi- ja laite-teknisillä ratkaisuilla
- Tiedonsiirron ja haittojen torjunnan kytkeminen alueen pelastustoimeen.

Sadetusimeytys – allasimeytys

Sadetus- ja allasimeytyksen eroista vedenlaadun kehittymisen kannalta on pitkäaikaisen kokemuksen puuttuessa ristiriitaista tutkimustietoa. Kokemäenjoen vedellä tehtyjen käsittelykokeiden johtopäätöksenä oli, ettei allas- eikä sadetusimeytyksessä tapahdu merkittävää esim. humusaineiden reduktiota. Se oli molemmissa suuruusluokkaa 8...15 % (Suunnittelukeskus 2002, Kytövaara 2000). Ruotsissa tehdyissä kokeissa oli humuksen poistuma allasimeytyksessä suotuisissa oloissa jopa 50 % (Frycklund 1995) ja Utin Kivi- ja teollisuuden teknologian tutkimuslaitoksella 37 – 44 % (Mälkki 2002). Toisaalta mm. TEMU-tutkimuksen tuloksia esitellessä seminaariluennossa todettiin, että sen paremmin sadetus- kuin allasimeytystä käytettäessä ei humusta poistu vajovesivyohtajissa. Humuksen poistumisessa näyttäisi olevan keskeistä erityisesti pidätyminen pohjavesivyohtajissa (Helmisaari ym. 2002). Tutkimuksissa mukana olleilla sadetusimeytystä ja allasimeytystä käyttävillä laitoksilla tuotetun tekopohjaveden laatu oli humuksen suhteen moitteetonta.

Eri menetelmillä tuotettavan talousveden laatu

Tuotettavan tekopohjaveden laatu poikkeaa jonkin verran luontaisesta pohjavedestä; mm. pH on tekopohjavedessä vähän alhaisempi, kuitenkin selvästi emäksinen. *Sähkönjohtavuuden*, alkaliteetin, *kloridin*, *sulfaatin*, COD_{Mn}:n, TOC:n, hiilidioksidin ja *kalsiumin* pitoisuudet ovat tekopohjavedessä jonkin verran korkeampia kuin pohjavedessä. Kursiivilla esitettyjen parametrien suhteen arvot ovat kemiallisesti käsitellyllä vedellä tuotetussa tekopohjavedessä korkeammat kuin mekaanisesti esikäsitellyllä. Hiilidioksidin suhteen tilanne on päinvastainen ja muiden parametrien suhteen suunnilleen sama. Tekopohjaveden laatu poikkeaa paitsi esikäsittelymenetelmien välillä, myös eri kaivoalueilla, jopa yksittäisten kaivojen välillä. Kaikilla menetelmillä tuotettu talousvesi täyttää STM:n talousvedelle asettamat laatuvaatimukset.

Hankkeen vaikutus maankäyttöön ja maisemaan

Esikäsittelylaitoksen sijoittaminen Huittisiin Loimijoen ja Punkalaitumenjoen yhtymäkohtaan ei vaikeuta seutukaavan MT-alueen toteuttamista. Yleiskaavan MT-merkintä on tarkoitettu toteuttamaan seutukaavassa määritettyä maa- ja metsätalousaluetta sekä kulttuurihistoriallisesti merkittävää maisema-aluetta. Kun otetaan huomioon maisema-alueen suurimittakaavainen luonne ja hankkeen pienialaisuus, sen ei voi sanoa merkittävästi vaikeuttavan yleiskaavan toteuttamista.

Raakaveden ottokanava ja huoltorakennus voidaan sopeuttaa hyvin maisemaan sopivia materiaaleja, väritystä, massoitteita jne. käyttäen, sekä istutusten avulla. Myös esikäsittelylaitoksen maisemavaikutuksia voidaan merkittävästi lieventää sopivalla suunnittelulla ja materiaalien valinnalla.

Putkilinjojen vaikutus maan routaantumiseen ja maatalouteen

Jotta putkilinja voisi estää maan routaantumista, tulisi putkessa virtaavan veden lämpötilan olla selvästi lämpimämpää kuin ympäröivän maan. Siirtolinjaputken halkaisija on 120 cm ja sen asennussyvyys on 1 m putken yläreunasta. Koko putkilinjalla veden lämpötila on korkeimmillaankin, välillä Virttaa – Turku 5...7°C, mikä ei ole korkeampi kuin maaperän lämpötila asennussyvyydellä. Maan normaali routaantuminen ei siis tule putkilinjan vaikutuksesta estymään.

Putkilinja rakennetaan siten, että vaikutuksia peltojen vesitalouteen ei esiinny. Esim. virtausten muuttuminen estetään savisuluilla, salaojat kartoitetaan, sekä laaditaan asian-
tuntijoiden toimesta suunnitelma niiden korjaamiseksi asennuksen yhteydessä.

Tekopohjavesilaitoksen käyttötarkastelu

Tekopohjavesilaitoksen käytölle on ominaista, että sekä ympäristövaikutusten, laitoksen huollon ja käytön että veden laadun suhteen paras tulos saadaan tasaisella tuotannolla. Tuotannon muutos - joko imeytettävän tai otettavan veden määrän, niiden keskinäisen suhteen tai niiden alueellisen jakauman suhteen – saa aikaan vaikutuksen, joka näkyy vedenpintojen, virtaamien, sekoitussuhteiden ja viipymien muuttumisena. Juuri nämä seikat määrittelevät laitoksen käytön ympäristövaikutukset ja tuotettavan veden laadun.

Poikkeamat toimintaa koskevan suunnitelman mukaisesta maksimikapasiteetista johtuvat mm. kapasiteettitarpeen vähittäisestä kasvamisesta ajan kuluessa ja erilaisista mahdollisista ongelmatilanteista. Etukäteen on vaikea arvioida mahdollisten poikkeustilanteiden aiheuttamaa joko imeytys- tai vedenottokapasiteetin täsmällistä muutostarvetta. Näin ollen on laitoksen käytön ja ympäristövaikutusten kannalta tarpeellista, että erilaisiin poikkeustilanteisiin voidaan reagoida tapauskohtaisesti ilman että imeytys- ja vedenottokapasiteetteja sidotaan toisiinsa muutoin kuin esim. kuukausi-, puolivuosi- jne. keskiarvoin.

1**JOHDANTO**

Turun seudun tekopohjavesihanketta koskeva ympäristövaikutusten arviointi on tehty vuosina 2000 - 2001 (YVA-selostus 29.6.2001). YVA-menettelyn yhteysviranomaisena toiminut Hämeen ympäristökeskus on antanut YVA-selostusta koskevan lausuntonsa 20.12.2001. Tämä selvitys täydentää ympäristövaikutusten arviointia mm. lausunnossa esitettyjen lisäselvitystarpeiden osalta. Työ sisältää seuraavat erillisissä luvuissa esitetyt lisäselvitykset:

1. Raakaveden otto – mahdollisten keskeytysten syyt ja seuraukset
2. Esikäsitellyn veden laadun vaihtelu
3. Esikäsitellyssä muodostuvat lietteet ja huuhteluvedet ja niiden käsittely
4. Raakaveden oton ja voimalaitoskäytön yhteisvaikutukset Kokemäenjoessa
5. Tekopohjaveden muodostuminen ja vaikutukset maaperässä ja ekosysteemeissä
6. Pohjaveden laadun huononemisen estäminen
7. Imeytysmenetelmien vertailu
8. Eri menetelmillä tuotetun talousveden laadun vertailu
9. Kaava- ja maisemataarkastelu
10. Putkilinjan vaikutus maan routaantumiseen ja edelleen maatalouteen
11. Tekopohjavesilaitoksen käyttötarkastelu

Turun Seudun Vesi Oy:n toimeksiannosta on lisäksi tehty lukuisia hankkeen suunnittelua, mitoitusta ja ympäristövaikutusten arviointia täydentäviä erillisiä tutkimuksia ja selvityksiä. Luettelo merkittävimmistä lisäselvityksistä on liitteessä I.

Tämän raportin laatimiseen ovat projektipäällikkö FM Jaana Tyynismaan lisäksi osallistuneet seuraavat Maa ja Vesi Oy:n asiantuntijat: DI Jukka Taskinen, FM Jukka Sihvo, FM Riitta Ikäheimo, FM Lauri Erävuori, FM Pasi Rajala, maisema-arkkitehti Mariikka Manninen ja FM Jukka Ikäheimo.

21.3.2003, Vantaa

Maa ja Vesi Oy

Karita Åker
Toimialajohtaja

Jaana Tyynismaa
Vanhempi ympäristöasiantuntija

2 RAAKAVEDEN LAADUN VAIKUTUS VEDENOTTOON

2.1 Raakaveden laadun vaihtelu

Kokemäenjoesta otettavan raakaveden laatutiedot on kerätty liitteessä II esitettyihin käyrästöihin. Käyrillä kuvataan vuosina 1990...2002 tehtyjen mittaustulosten keskiarvoja eri vuodenaikoina (Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistykseltä saatu kokooma-aineisto, mittauspiste 06 Karhiniemi, 2002). Veden laadun vuodenaikaisvaihteluiden osalta voidaan todeta, että tyypillisesti aineiden pitoisuudet ovat korkeimmillaan huhti- ja toukokuussa sekä syyssateiden voimakkuudesta riippuen syksyllä. Muina vuodenaikoina pitoisuudet ovat Kokemäenjoen vedelle tyypillisellä, ns. normaalitasolla.

- Hapen kyllästysaste on korkeimmillaan keväällä jäiden lähdön jälkeen, noin 100 %, ja alimmillaan helmi-maaliskuussa, noin 75 %.
- Fekaalisten streptokokkien pitoisuus on normaalisti tasolla 1...50 kpl/100ml, mutta keväällä ja syksyllä nousee tasolle 100...400 kpl/100ml (ka. 55 kpl/100ml).
- Fekaalisten koliformisten bakteerien pitoisuus on normaalisti tasolla 1...50 kpl/100ml, mutta nousee keväällä ja syksyllä tasolle 200...800 kpl/100ml (ka. 96 kpl/100ml).
- Raakaveden kiintoainepitoisuus on normaalisti tasolla 1...4 mg/l, mutta keväällä ja syksyllä tasolla 7...11 mg/l (ka. 5,4 mg/l).
- Raakaveden sameus on normaalisti tasolla 2...4 FNU, mutta keväällä ja syksyllä 6...9 mg/l (ka. 5.0 FNU).
- Raakaveden väri on normaalisti tasolla 30...50 mg/l Pt, mutta nousee keväällä ja syksyllä tasolle 50...80 mg/l (ka. 46 mg/l Pt).
- Raakaveden kokonaisrautapitoisuus on normaalisti tasolla 200...300 µg/l, mutta keväällä ja syksyllä tasolla 300...600 µg/l (ka. 370 µg/l).
- Raakaveden orgaanisen aineksen pitoisuus (COD_{Mn}) on normaalisti tasolla 8...9 mg/l, mutta keväällä ja syksyllä nousee tasolle 9-11 mg/l (ka. 8.8 mg/l).
- Raakaveden kokonaistyyppipitoisuus on korkeimmillaan kevättälvella ollen tasolla 1000...1200 µg/l. Normaalisti kokonaistyyppipitoisuus on tasolla 700-800 µg/l, (ka. 840 µg/l).
- Raakaveden kokonaisfosforipitoisuus on normaalisti tasolla 20...30 µg/l, mutta nousee keväällä ja syksyllä tasolle 30...40 µg/l (ka. 26 µg/l). Liukoisen fosforin (PO₄-P) osuus tästä on vuosina 1997...2002 tehtyjen mittausten mukaan ollut 4...14 µg/l (ka. 6,6 µg/l). Loppuosa fosforista on sitoutunut orgaaniseen aineeseen tai kiintoaineseen.
- Raakaveden lämpötila on alimmillaan + 0,1...0,3 C° tammi-maaliskuussa ja ylimmillään + 18...20 C° kesä-elokuussa (ka. + 8,1 C°).

Edellä esitetyn kaltainen normaali vuodenaikaisvaihtelu ei aiheuta tarvetta raakaveden oton keskeyttämiseen.

2.2 Raakaveden oton keskeyttäminen ja keskeytysten kesto

Mahdollisia vedenottoa uhkaavia poikkeamatapahtumia Kokemäenjoella voivat olla mm. jätevesi- tai kemikaalivuodot jätevedenpuhdistamoista tai teollisuudesta, öljyvuodot, runsaat sinileväesiintymät, tulviminen ja hyhmän muodostuminen eli ns. suppoilmiö. Mahdollisista poikkeustapauksista aiheutuvia vedenoton keskeytysten kestoja on arvioitu seuraavassa.

Raakavedenoton keskeytymisen syy	Arvioitu kesto <i>Huomautukset ja varautuminen</i>
Jätevesi-, kemikaali- tai öljyvuodot jäteveden-puhdistamoista, teollisuudesta, maataloudesta tai liikenteestä	Arvioitu kesto joitakin tunteja tai vuorokausia riippuen päästökohdasta ja –määristä, kunnes päästö on joessa ohittanut vedenottokohdan. <i>Ottamo varustetaan mm. öljypuomilla sekä pH-, sähkönsäilytys- ja öljyantureilla poikkeamien havaitsemiseksi.</i>
Sinileväkukinnot	Arvioitu kesto joitakin tunteja riippuen esiintymisen laajuudesta, kunnes kukinto on ohittanut vedenottokohdan. <i>Sinilevät ja sinilevämyrkyt poistuvat käsittelyprosessissa (=esikäsittely + imeyttäminen).</i>
Tulviminen	Arvioitu kesto joitakin vuorokausia tulvahui-pun aikana. <i>Esikäsittely poistaa pääosin tulvimisen mukanaan tuoman kiintoaineen. Pumppaamon kansirakenteet rakennetaan tulvarajan yläpuolelle.</i>
Hyydejään muodostuminen (ns. suppoilmiö)	Arvioitu kesto joitakin tunteja tai vuorokausia, kunnes hyydejää poistuu. <i>Hyydejään muodostumisriski on suurimmillaan koskien läheisyydessä alavirran puolella. Ottamon vedenottorakenteet mitoitetetaan väljästi, jolloin nopeasti virtaavan alijäähtyneen veden virtausta, josta hyydejään muodostuminen on seurausta, ei esiinny. Lisäksi vedenottorakenteet voidaan varustaa tarvittaessa lämmityksellä.</i>

Pisimmillään erilaisista poikkeustilanteista johtuvan raakaveden oton keskeytymisen arvioidaan siis kestävän muutamia päiviä. Keskeytysten minimoiminen edellyttää kattavaa ennaltaehkäisy- ja havainnointijärjestelmää. Yhtiöllä on häiriötilanteiden varalta tarkoin suunniteltu, ohjeistettu ja nopeasti toteutettavissa oleva toimintasuunnitelma.

Pohjavesimallilla tehdyssä tarkastelussa on todettu, että vedenotto voi olla keskeytyksissä pidempiäkin aikoja ilman, että pohjavesivirtaamissa tai pohjaveden pinnoissa tapahtuu merkittäviä muutoksia tekopohjavesilaitosalueen ulkopuolella. YVA-selostuksessa (Maa ja Vesi Oy & SCC Viatak 2001, s. 94 ja liite XI) on tarkasteltu viikon imeytyskatkon vaikutusta. Keskeytyksen aiheuttaman vajauksen palautumista voidaan nopeuttaa yli-imeytyksellä raakaveden oton taas palaututtua normaaliksi. Mikäli toiminnasta tai vedenoton keskeytyksestä aiheutuu muutoksia keskeisiin luontaisiin virtaussuuntiin, voidaan tilanne palauttaa ennalleen suojaimeytysten avulla. Suojaimeytyksessä vettä siirretään imeyttämällä tietylle alueelle, jolloin pystytään vaikuttamaan tiettyyn suuntaan tapahtuvaan virtaukseen.

3 ESIKÄSITELLYN VEDEN LAADUNVAIHTELUT JA VAIKUTUS TEKOPOHJAVEDEN LAATUUN

3.1 Imeytettävän veden laatutavoitteet

Harjuun imeytettävälle vedelle ei ole olemassa viranomaisen asettamia laatuvaatimuksia. Pääperiaatteena on oltava, että imeytykseen ei saa johtaa aineita, jotka

- aiheuttavat imeytysalueiden tukkeutumista,
- ehkäisevät maaperän kemiallisia ja/tai fysikaalisia ja biologisia toimintoja,
- saastuttavat pohjaveden.

Suurin osa imeytettävän veden sisältämistä yhdisteistä ja aineista (esim. rauta ja orgaaninen aines) poistuu tekopohjaveden muodostumisprosessissa. Seuraavassa on esitetty imeytettävälle vedelle asetetut laatutavoitteet ja/tai toimenpiteet eri muuttujien osalta siten, kuin Vesi- ja viemärilaitosyhdistyksen ja Suomen Kuntaliiton (2000) ja Kivimäen (1992) julkaisuissa on esitetty. Tavoitteille ei ole esitetty lukuarvoja.

Muuttujaryhmä	Tavoite ja/tai toimenpide
Mikrobiologinen laatu	Imeytettävän veden taudinaiheuttajien (lähinnä virusten) määrä on sellainen, että ne poistuvat tekopohjaveden muodostumisen aikana
Desinfioidin sivutuotteet ja orgaaniset saasteaineet	Ei esiinny imeytettävässä vedessä (=pitoisuudet alle STM:n raja-arvon ¹)
Levämyrkyt	Imeytettävässä vedessä määrinä, jotka poistuvat tekopohjaveden muodostumisen aikana
Epäorgaaniset aineet	Ei esiinny imeytettävässä vedessä (pitoisuudet alle STM:n raja-arvon)
Radionuklidit	Ei esiinny imeytettävässä vedessä kohonneina pitoisuuksina
Teknis-esteettiset muuttujat (TOC, permanganaattiluku, haju, maku, väri, sameus, rauta, mangaani)	Määrinä, jotka poistuvat tekopohjaveden muodostumisen aikana
Syövyttävien ominaisuuksien hallinta	Tarvittaessa jälkikäsitteilyn avulla

3.2 Imeytettävän veden ja tekopohjaveden laatu muilla laitoksilla

Taulukossa 3-1 on esitetty muilla Suomessa sekä Ruotsissa toimivilla tekopohjavesilaitoksilla käytettävän raakaveden sekä muodostuvan tekopohjaveden laatu (Suomen ympäristökeskus ja Suunnittelukeskus Oy 1998, Blomberg 1999, Lapinlampi & Raassina 2002, Sundlöf & Kronqvist 1992, vesilaitosten suulliset tiedonannot 14.-16.4.2003).

¹ Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousvedelle asetetuista laatuvaatimuksista (461/2000)

TAULUKKO 3-1

Imeytettävän veden ja puhdistetun veden laatu eräillä muilla suomalaisilla ja ruotsalaisilla tekopohjavesilaitoksilla (? = ei analyysitulosta käytettävissä).

Tekopohjavesilaitos (toiminut vuodesta)	Esikäsittelymenetelmä	Vesimäärä m ³ /d	COD _{Mn} mg/l imeytettävä vesi	Väri mgPt/l imeytettävä vesi	COD _{Mn} mg/l tekopohjavesi	Väri mgPt/l teko-pohjavesi	Huom.
Suomalaisia tekopohjavesilaitoksia							
Hämeenlinna, Ahvenisto (1976)	Ei esikäsittelyä	7 770	7,5 – 13,7	20 - 60	< 1	< 5	Kaivoissa rautaa aika ajoin, laimenemissuhde 16-98 %
Tuusula, Jäniksenlinna (1979)	Ei esikäsittelyä	8 979	5 – 7	< 20	< 1	< 5	Osa kaivovesistä johdetaan hidas-suodatuksen kautta kulutukseen
Pori Harjakangas (1977)	Kemiallinen käsittely	22 335	3 – 8,1	5 - 50	1 – 2,3	5 - 10	Ei varsinainen tekopohjavesilaitos
Mikkeli, Pursiala (1974)	Ei esikäsittelyä	6 507	5 –6	20 - 35	0,4– 1,6	5 -10	
Kouvola, Haukka-järvi (1973)	Ei esikäsittelyä	6 871	6,3 – 16,2	?	1,3 – 1,5	?	
Eura, Lohiluoma (1977)	Ei esikäsittelyä	2 005	5	?	1.3 – 3	?	
Utti, Kuivala (1992)	Ei esikäsittelyä	22 000	6 -14	20 - 75	0,28 – 6,9	2 - 4	
Vuonteen tekopohjavesilaitos, Jyväskylä (2000)	Ei esikäsittelyä	13 000	5 - 7	15 - 25	1	< 5	
Ruotsalaisia tekopohjavesilaitoksia*							
Eksjö (n. 1960)	Ei esikäsittelyä	2 890	5	20	1	<5	
Hudiksvall (1950-l.)	Pikasuodatus	5 000	10	50	4	>5	
Kalmar (n. 1970)	Mikrosiivilöinti	16 000	8	25	<1	5	
Karlskoga (1946)	Pikasuodatus	18 900	2,8	10	1,3	5	
Katrineholm (1950-l.)	Ei esikäsittelyä	8 880	7,7	25	?	5	
Kristinehamn (1954)	Pikasuodatus	8 200	7	40	?	?	

Tekopohjavesilaitos (toiminut vuodesta)	Esikäsittelymenetelmä	Vesimäärä m ³ /d	COD _{Mn} mg/l imeytettävä vesi	Väri mgPt/l imeytettävä vesi	COD _{Mn} mg/l tekopohjavesi	Väri mgPt/l tekopohjavesi	Huom.
Luulaja (1935)	Pikasuo-datus	19 800	2,7	20	0,8	5	Jälkikäsittelyn veden arvoja (alkalointi kalkilla)
Malmö*	Mikrosiivilöinti	90 700	8	25	2	<5	Osittain jälkikäsitellyn veden arvoja (osassa kaivoja korkea rauta- ja mangaanipitoisuus, tällä vedellä ilmastus ja suodatus)
Nyköping-Oxelösund (1960)	Ei esikäsittelyä	14 000	7	20	3	5	
Södertälje (1950-l.)	Ei esikäsittelyä	25 000	4,7	15	1	5	
Uumaja (1952)	Ei esikäsittelyä	25 700	3	20	<1	<5	
Västerås*	Kemiallinen esikäsittely (flokkaus, laskeutus ja suodatus)	25 000	2	60	1	5	imeytysaltaat, viipymä imeytyksessä noin 20 vrk
				Talousveden laatusuositus	5,0	ei epä-tav. muutoksia	

* Ruotsalaisia laitoksia koskevat tiedot ovat suullisia tiedonantoja ja aloitusvuodet osittain vastaajien arvioita. Malmön ja Västeråsin laitoksia koskevia tietoja toiminnan aloittamisvuodesta ei saatu.

3.3 Arvio mekaanisen esikäsittelyn tehokkuudesta

Mekaanisen esikäsittelyn, ts. hiekkapikasuodatuksen, tehokkuus on voimakkaasti riippuvainen käsiteltävän raakaveden laadusta. Suodatus on mekaaninen prosessi, jossa partikkelin pidätyminen perustuu siivilöitymiseen sekä osin partikkelin ja hiekkasuodatinmateriaalin välillä tapahtuviin fysikaalis-kemiallisiin ilmiöihin. Partikkelien pidätykseen vaikuttaa suodatinmateriaalin raekoko ja jossain määrin materiaalin kemiallinen koostumus. Käsiteltävän veden partikkelikokojakautuma on merkittävässä roolissa käsittelyn tehokkuutta ajatellen. Raakaveden sisältämien partikkelien alkuperä, pitoisuus ja koko vaihtelevat hyvinkin paljon. Partikkelit voivat olla peräisin ilmakehästä, maaperästä tai erilaisista kemiallisista tai biologisista prosesseista. Mekaanisen esikäsittelyn tehokkuuden arviointi perustuu Kokemäenjoen vedellä tehtyihin suodatuskokeisiin.

Tehtyjen kokeiden mukaan (Suunnittelukeskus 1999) pikasuodatuksella saavutettiin taulukon 3-2 mukainen käsittelytulos (keskimääräiset vedenlaadut). Merkittävä havainto oli se, että pikasuodatus poisti kiintoainetta niin tehokkaasti, että 16 kuukautta jatkuneiden pikasuodatetulla vedellä tehtyjen imeytyskokeiden aikana harjun tukkeutumista ei havaittu lainkaan. Raakaveden kiintoainepitoisuus vaihteli kokeissa 1...18 mg/l ja pikasuodatetun veden 0,4...2 mg/l. Suodattimissa käytettiin materiaalina pääsääntöisesti Ojakkalan hiekkaa raekokona 0,8...1,2 mm. (Suodatinmateriaaleja vaihdeltiin kokeiden

kuluessa siten, että välillä hiekan raekoko oli 0,5...1,0 mm). Kaikkia suodattimia ope-
roitiin samalla pintakuormalla, 6,0 m/h.

TAULUKKO 3-2

Pikasuodatuksen puhdistusteho Karhiniemessä 1997-1998 tehdyissä kokeissa (Suunnittelukeskus, 1999)

	Sameus FTU	Kiintoaine mg/l	pH	COD _{Mn}
Raakavesi	4,7	4,3	7,0	8,5
Pikasuodatin 11	2,3	1,0	6,9	8,0
Pikasuodatin 12	2,3	1,3	6,9	7,9
Pikasuodatin 13	3,6	1,5	6,9	7,9
Pikasuodatin 14	2,2	1,6	5,9	7,9

Kokeissa sameus pieneni keskimäärin noin 46 %. Kiintoaineen vähenemä oli keskimää-
rin 69 %. COD_{Mn} vähenemä oli noin 6 %.

Tehdyissä kokeissa suodatettiin Kokemäenjoen vettä Harjavallassa pikasuodattimilla ja DynaSand suodattimilla. (Suunnittelukeskus 2002, Kytövaara 2000). Kokemäenjokeen laskevan Loimijoen vaikutus koepaikan raakaveden laatuun on huomattava. Pikasuoda-
tuskokeiden aikana raakaveden sameus vaihteli väleillä 4,4...27 NTU ja pikasuodatetun
veden 2,5...23 NTU. Sameuden reduktio vaihteli väleillä 0,2...67 %. Keskimäärin sa-
meuden alenema oli 33 %. Tutkimuksissa raakaveden kiintoainepitoisuus oli 3,1...8,5
mg/l (ka. 5,7 mg/l). Pikasuodatetun veden kiintoainepitoisuus vaihteli väleillä < 1...4,4
mg/l (ka. 2,5 mg/l). Kiintoaineen keskimääräinen reduktio oli 55 % (vaihtelu 38...77
%). Pikasuodatus poisti bakteereista keskimäärin 79...89 % (koliformiset bakteerit, fe-
kaaliset koliformiset bakteerit ja alustava E.coli). Pikasuodatus poisti mikroskystiineistä
12 % (yksi suodatuskoe). Bakteriofaagien (eli bakteerivirusten) suodatuskokeen reduk-
tio oli 26 % (yksi suodatuskoe, f-spesifiä MS2 bakteriofaageja).

Harjavallan kokeissa DynaSand suodattimilla ilman kemikaalilisäystä sameuden reduk-
tio oli 32...75 % ja kiintoaineen reduktio 50...78 %. Tällöin raakaveden sameus vaihteli
8...12 NTU ja suodatetun veden sameus 2...8 NTU. Vastaavasti raakaveden kiinto-
ainepitoisuus vaihteli väleillä 9...13 mg/l (ka. 10,8 mg/l) ja suodatetun veden kiinto-
ainepitoisuus 3...6 mg/l (ka. 3,6 mg/l). DynaSand suodattimilla ei havaittu NPOC:n² pi-
toisuuden ja COD_{Mn} arvon alenemista. DynaSand suodatus poisti bakteereista keski-
määrin 48...52 % (koliformiset bakteerit, fekaaliset koliformiset bakteerit ja alustava
E.coli).

Taulukossa 3-3 on esitetty yhteenveto arvoidusta mekaanisen esikäsittelylaitoksen te-
hokkuudesta perustuen em. Kokemäenjoen vedellä suoritettuihin kokeisiin tutkittujen
parametrien osalta kun käsittely tehdään hiekkapikasuodatuksella. Mikrokystiinien ja
bakteriofaagien poistumaa ei ole taulukossa arvioitu, koska näistä kummastakin on tehty
ainoastaan yksi suodatuskoe.

² NPOC = Non-Purgeable Organic Carbon

TAULUKKO 3-3

Pikasuodatuksen arvioitu puhdistusteho Kokemäenjoen vedellä.

Parametri	Raakavesi (Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistykseltä saatu kokooma-aineisto, mitauspiste 06 Karhiniemi, 2002).	Pikasuodatettu vesi	Vähennä (%)
Sameus NTU	2 – 9 (keskimäärin 5)	keskimäärin < 3,5	0,2 – 67 %, keskimäärin > 30 %
Kiintoaine mg/l	1 – 11 (keskimäärin 5,4)	keskimäärin noin 2	30 – 80 % keskimäärin > 55 %
COD _{Mn} mg/l	8 - 11 (keskimäärin 8,8)	keskimäärin 8,5 - 8,8	0 - 5 %, keskimäärin ei merkittävää vähennä
Bakteerit% (fekaaliset koliformiset bakteerit).	1 – 800 kpl (keskimäärin 96)	keskimäärin 1- 50	40 – 90 % keskimäärin > 50 %
Sinilevät	Lahti ym. (1993) on tutkinut sinilevien käyttäytymistä pikasuodatuksessa. Kokeessa pikasuodatuslaitoksessa havaittiin sinilevien vähennä 14 – 68 %. Lahden (1999) selvityksen mukaan veteen liuenneet mikrokystiinit poistuvat pikasuodatuksessa alle 10 %.		

3.4

Esikäsittelymenetelmien vertailu

Vertailtavana on kaksi käsittelymenetelmää: mekaaninen ja kemiallinen. Menetelmien päävaiheet on kuvattu seuraavassa.

A. Mekaaninen käsittely, sisältää seuraavat osaprosessit:

- raakaveden otto Kokemäenjoesta
- raakaveden pumppaus käsittelylaitokseen
- siivilöinti
- hiekkapikasuodatus avosuodattimilla
- pumppaus tekopohjavesialueelle
- suodattimien huuhteluvesien jatkokäsittely

B. Kemiallinen käsittely, sisältää seuraavat osaprosessit:

- raakaveden otto Kokemäenjoesta
- raakaveden pumppaus käsittelylaitokseen
- siivilöinti
- kemikaalien syöttö ja pikasekoitus
- hämmennys (flokkaus) hydraulisesti tai mekaanisesti
- flotaatioselkeytys tarvittavine dispersiovesilaitteineen ja flotaatiolietteen poistolaitteineen
- hiekkapikasuodatus avosuodattimilla
- pumppaus tekopohjavesialueelle
- flotaatiolietteen ja suodattimien huuhteluvesien jatkokäsittely ja loppusijoitus

Menetelmien vertailussa on käytetty lähdeluettelossa asteriskilla (*) merkittyjä teoksia ja julkaisuja. Vertailu on esitetty seuraavassa taulukossa.

Näkökohta	Mekaaninen käsittely	Kemiallinen käsittely
Puhdistusteho	Poistaa vedessä olevaa kiintoainesta, ts. liukenemattomia epäpuhtauksia, kuten saviainesta, siitepölyä, leviä sekä kiintoaineeseen sitoutuneita aineksia, kuten raskasmetalleja, ravinteita yms. Humuksen (COD_{Mn}) osalta poistuma on tyypillisesti alle 10 % Ei saostuskemikaalijäämiä käsitellyssä vedessä Ei vaikutusta käsitellyn veden sulfaatti- ja kloridipitoisuuksiin Ei prosessihäiriöitä ja siitä aiheutuvaa käsitellyn veden laadun heikentymistä Mekaanisella käsittelyllä ja käytettävällä raakavedellä päästään veden laatuun, joka täyttää imeytettävän veden laatu-tavoitteet (esitetty edellä luvussa 3.1.)	Poistaa vedessä olevaa kiintoainesta, ts. liukenemattomia epäpuhtauksia, kuten savea, siitepölyä, leviä sekä raskasmetalleja, ravinteita yms. kolloidisia tai liuenneita aineita, humusta ja siihen sitoutunutta rautaa sekä epäorgaanisia yhdisteitä Raakaveden COD_{Mn}:n ollessa tasolla 8.0-9.0 mg/l päästään optimoidulla käsittelyllä tasolle COD_{Mn} < 2.0 mg/l (poistuma n. 80 %) Saostuskemikaalijäämät (Fe=rauta tai Al=alumiini) ovat tyypillisesti 0.02 – 0.1 mg/l Veden sulfaatti- ja kloridipitoisuudet nousevat jonkin verran. Eivät kuitenkaan ylitä talousvedelle asetettuja teknis-esteettisiä raja-arvoja Voi tapahtua prosessihäiriöitä ja siitä aiheutuvaa käsitellyn veden laadun tilapäistä heikentymistä, esim. jos kemikaalien syötössä on häiriöitä Kemiallisella käsittelyllä ja käytettävällä raakavedellä päästään veden laatuun, joka täyttää imeytettävän veden laatu-tavoitteet
Raakavesilähteen normaalit laadun vaihtelut	Tasaa raakavesilähteen laadunvaihteluiden aiheuttamaa kuorman kasvua liukenemattomien epäpuhtauksien osalta Kiintoaineen hiukkaskokojakautuma vaikuttaa reduktioon siten, että mikäli vedessä on paljon hienoa ainesta, joka ei pidäty suodattimeen, niin reduktio on pienempi Raakaveden laadun heikentyessä suodattimien huuhtelutarve ja siten huuhteluveden kulutus kasvaa	Raakaveden orgaanisen aineksen määrän kasvaessa flotaation ja suodatuksen puhdistusteho suhteellisesti hieman kasvaa. ts. suuremmalla raakaveden orgaanisen aineksen määrällä saadaan hieman parempi puhdistusreduktio (=vähenemä) Kiintoainereduktio pysyy tasaisena raakaveden laatuvaihteluista riippumatta. Raakaveden laadun heikentyessä kemikaalien syötöntarve kasvaa ja poistettavan flotaatiolietteen määrä kasvaa

Näkökohta	Mekaaninen käsittely	Kemiallinen käsittely
	Mekaaninen käsittely ei poista mahdollisia levämyrkyjä, vaan ne poistuvat tekopohjaveden muodostamisvaiheessa Mekaanisesti käsitelty vesi täyttää imeytettävälle vedelle asetetut laatu-tavoitteet	Mahdolliset levämyrkyt poistuvat kemiallisessa saostuksessa Kemiallisesti käsitelty vesi täyttää imeytettävälle vedelle asetetut laatu-tavoitteet
Esikäsittelymenetelmän vaikutus tekopohjaveden muodostumisvaiheeseen ja vedenkäsittelyn kokonaispuhdistusteho	Vähentää maaperän pintakerroksen mekaanista tukkeutumisriskiä. Aiempien kokemusten mukaan orgaanisen aineksen pitoisuus tekopohjavedessä on tasolla $COD_{Mn} < 2.0$ mg/l, koska poistumisen vaatimat viipymät tekopohjaveden muodostumisvaiheessa ovat riittävän pitkät Ei saostuskemikaalijäämiä, jotka saattavat aiheuttaa maaperän pintakerroksen tukkeutumista Orgaanisen aineksen poistuminen tapahtuu pääosin tekopohjaveden muodostumisvaiheessa Ei vaikutusta tekopohjaveden sulfaatti- ja kloridipitoisuuksiin	Vähentää maaperän pintakerroksen mekaanista tukkeutumisriskiä Aiempien kokemusten mukaan orgaanisen aineksen pitoisuus tekopohjavedessä on tasolla $COD_{Mn} < 2.0$ mg/l, koska poistumisen vaatimat viipymät tekopohjavesivaiheessa ovat riittävän pitkät Saostuskemikaalijäämät saattavat aiheuttaa maaperän pintakerroksen tukkeutumista Orgaanisen aineksen poistuminen tapahtuu sekä käsittely- että tekopohjavesivaiheessa Tekopohjaveden sulfaatti- ja kloridipitoisuudet nousevat jonkin verran, eivät kuitenkaan ylitä talousvedelle asetettuja teknis-esteettisiä raja-arvoja

4 ESIKÄSITTELYSSÄ MUODOSTUVAT LIETTEET JA HUUHTELUEDEET SEKÄ NIIDEN KÄSITTELY

4.1 Huuhteluvesien muodostuminen ja niiden laatu

4.1.1 Mekaaninen esikäsittely

Mekaanisen esikäsittelyn lietteet koostuvat raakavedessä kiintoainemuodossa olevista orgaanisista ja mineraaliaineksista (savi). Veteen ei lisätä mitään kemikaaleja. Raakaveden kiintoainepitoisuus vaihtelee välillä 1...11 mg/l. Mekaanisessa esikäsittelyprosessissa on kaksi päävaihetta: siivilöinti ja hiekkasuodatus. Prosessissa muodostuvan huuhteluveden määrä on riippuvainen raakaveden kiintoainemäärästä, mikä määrää siivilöiden ja suodattimien huuhtelutarpeen. Mekaanisessa esikäsittelyssä muodostuvien huuhteluvesien ja lietteiden arvioitu määrä ja laatu on esitetty taulukossa 4-1.

TAULUKKO 4-1

Mekaaninen esikäsittely; Arvioidut raakaveden määrä ja laatu, lietteen määrä sekä huuhteluveden määrä ja laatu

Parametri	Arvo
Raakaveden keskimääräinen virtaama	100 000 m ³ /d
Raakaveden arvioitu keskimääräinen kiintoainepitoisuus	3 mg/l
Raakaveden keskimääräinen kiintoainemäärä	300 kg/d
Huuhteluveden arvioitu määrä yhteensä	5 500 m ³ /d
Muodostuva lietemäärä (arvioitu kiintoainepitoisuus 1 %)	35 m ³ /d
Kirkasteveden arvioitu määrä yhteensä	5 500 – 35 = 5 465 m ³ /d
Huuhteluvesien käsittelyn arvioitu puhdistustehokkuus (kiintoaineen erotusaste)	80 %
Huuhteluveden arvioitu kiintoainepitoisuus edellisten kohtien perusteella	50 mg/l
Kirkastevedn kiintoainepitoisuus	10 mg/l
Kiintoainetta takaisin vesistöön	55 kg/d
Loimijoen kiintoainepitoisuuden mediaani (keskiarvo)	15 – 18 mg/l (30 – 40 mg/l)

Huuhteluvedet voidaan joko johtaa sellaisenaan takaisin vesistöön tai jatkokäsittellä esikäsittelyrakennuksen yhteydessä. Jatkokäsittelyn mahdollisuuksia on esim. huuhteluvesien konsentrointi ensin gravitaatiotiivistimessä, jolloin arvioidaan päästävän lietteen kuiva-ainepitoisuuteen 1...2 %. Tiivistetty liete voidaan edelleen tiivistää esim. lingoilla tai suotonauhapuristimella, jolloin päästään kuiva-ainepitoisuuteen 15...20 % (polymeerilisäyksen kanssa). Muodostunut liete/sakka (arviolta noin 2,5 m³/d) voidaan loppusijoittaa esim. lähimmälle kaatopaikalle tai maa-ainesten läjitysalueelle, jolla on vastaanoton mahdollistava ympäristölupa.

4.1.2 Kemiallinen esikäsittely

Kemiallisessa käsittelyprosessissa raakavesi käsitellään siivilöinnin ja hiekkasuodatuksen lisäksi kemiallisesti saostamalla. Käytettävät saostuskemikaalit ovat joko alumiini-

tai rautapohjaisia. Prosessissa kiintoainetta sisältäviä jakeita syntyy siivilöiden huuhteluvesien mukana, poistetun flotaatiolietteen mukana ja hiekkasuodatuksen huuhteluvesien mukana.

Muodostuva liete koostuu raakaveden orgaanisten- ja mineraalisten aineiden lisäksi myös alumiini- tai rautasakasta (käytettävästä saostuskemikaalista riippuen) sekä pienistä määristä saostuskemikaaleissa olevia liukenemattomia epäpuhtauksia (Leboucher & Patria 2001). Kemiallisessa esikäsittelyprosessissa muodostuva flotaatioliete- ja huuhteluvesimäärä on riippuvainen raakaveden kiintoainemäärästä sekä orgaanisen aineksen määrästä, jotka määräävät suodattimien huuhtelutarpeen. Suodattimien huuhteluväliksi arvioidaan noin 1,5 vrk. Raakaveden orgaanisen aineksen määrän kasvaessa kasvaa myös syötettävän saostuskemikaalin määrä. Kokemäenjoesta otettavan raakaveden KMnO_4 -kulutus on tasolla 30...40 mg/l. Tällöin rautasuolojen syötöntarve on tasolla 80...100 mg/l tai vastaavasti alumiinipohjaista saostuskemikaalia käytettäessä tasolla 30...45 mg/l. Alumiinipohjaista saostuskemikaalia käytettäessä muodostuva lietemäärä on pienempi, joten taulukossa 4-2 oleva esimerkkilaskelma on tehty rautapohjaisen saostuskemikaalin perusteella.

TAULUKKO 4-2

Kemiallinen esikäsittely; arvioidut raakaveden määrä ja laatu, lietteen määrä sekä huuhteluveden määrä ja laatu

Parametri	Arvo
Keskimääräinen virtaama	100 000 m ³ /d
Raakaveden arvioitu kiintoainepitoisuus	3 mg/l
Rautasuolan syöttö (rautaa 10 – 12 %)	80 g/m ³
Muodostuvan rautahydroksidisakan määrä	2 800 kg/d
Raudan määrä muodostuvassa sakassa	950 kg/d
Arvioitu huuhteluveden määrä yhteensä	5 500 m ³ /d
Muodostuva lietemäärä (arvioitu kiintoainepitoisuus 1 %)	370 m ³ /d
Kirkastevesien arvioitu määrä yhteensä	5 500 – 370 = 5130 m ³ /d
Huuhteluvesien käsittelyn arvioitu puhdistustehokkuus (kiintoaineen erotusaste)	90 – 95%
Huuhteluveden kiintoainepitoisuus	500 mg/l
Kirkasteveden rautamäärä	50 – 100 kg/d
Kirkasteveden kiintoainepitoisuus	25 - 50 mg/l
Kiintoainetta takaisin vesistöön	130 – 260 kg/d

Lietteiden ja huuhteluvesien jatkokäsittely voidaan järjestää kuten mekaanisen esikäsittelyn yhteydessäkin.

4.2 Huuhteluvesien vaikutukset Loimijoessa

Huuhteluvesien käsittelyssä muodostuvat kirkastevedet johdetaan Loimijokeen Punkalaitumenjoen yhtymäkohdan alapuolelle. Purkupaikka sijaitsee Vanhakosken Natura-alueen alapuolella.

4.2.1 Purkupaikan nykytila

Virtaamat

Loimijoesta on virtaamamittauksia Maurialankoskesta, joka on Punkalaitumenjoen luusuan yläpuolella (kuva 4/1). Esikäsittelylaitos sijaitsee Punkalaitumenjoen luusuan alapuolella, joten siinä virtaama on jonkin verran suurempi kuin Maurialankoskessa Punkalaitumenjoen tuomien lisävesien vuoksi. Punkalaitumenjoen valuma-alueen pinta-ala on $F = 425,06 \text{ km}^2$, mikä on noin 16 % Maurialankosken valuma-alueen pinta-alasta ($F = 2651,53 \text{ km}^2$) (taulukko 4-3).

TAULUKKO 4-3

Loimijoen ja Punkalaitumen joen valuma-alueiden koko ja järvisyys.

Vesistö	Valuma-alueen koko $F = \text{km}^2$	Järvisyys %
Loimijoen alaosa / Maurialankoski	2651,53	3,14
Punkalaitumenjoki	425,06	0,60
Loimijoki luusuassa	3183,36	2,74

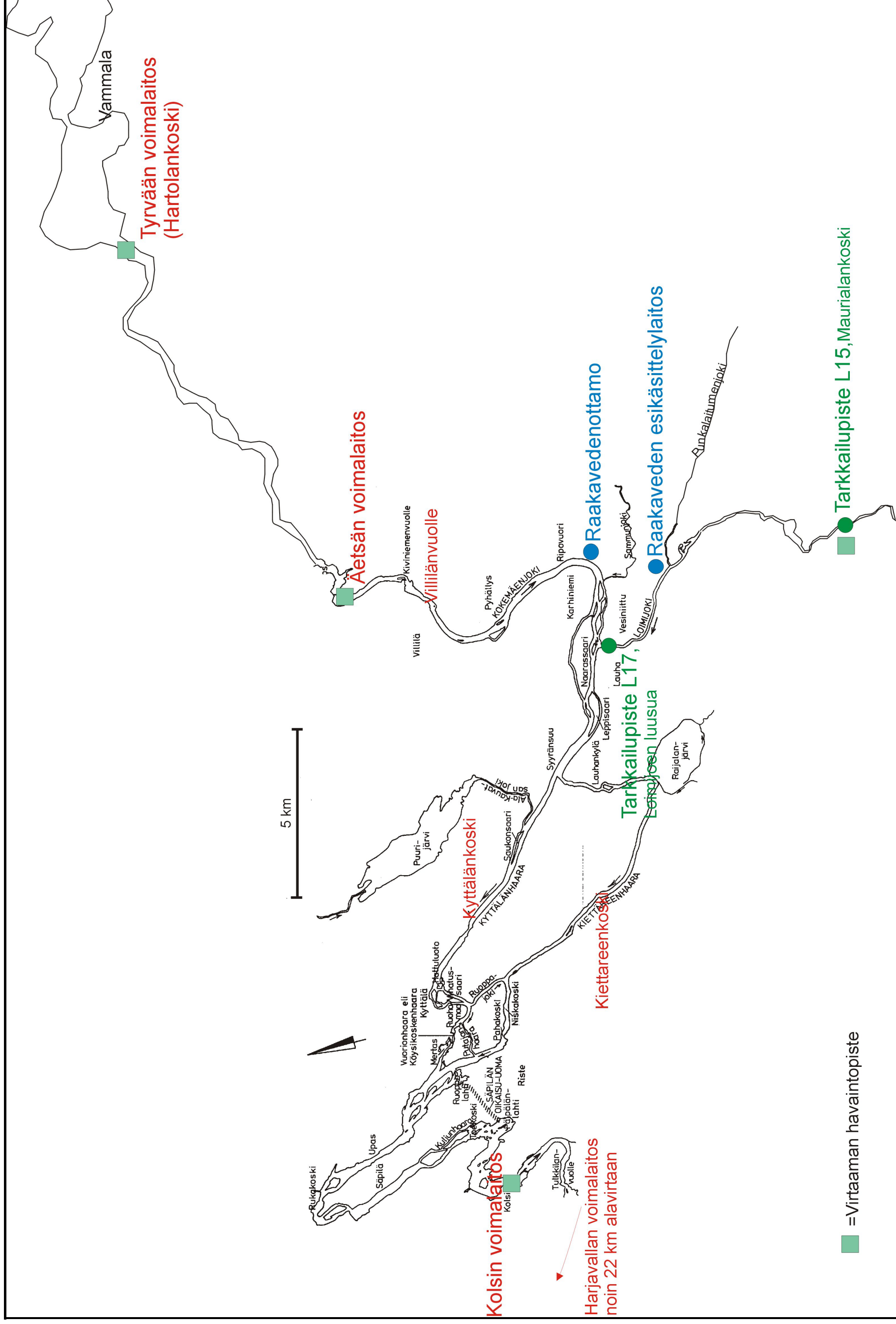
Kirkasteveden laimenemisolot arvioitiin Maurialankosken virtaamien perusteella, mutta edellä esitetyn perusteella todellisessa tilanteessa kirkastevesi laimenee hiukan suurempaan vesimäärään Punkalaitumenjoen tuomien lisävesien vuoksi (taulukko 4-4).

TAULUKKO 4-4

Maurialankosken virtaaminen pitkäaikaiset ääri- ja keskiarvot (Hyvärinen 1996).

	Keskivirtaama MQ m^3/s	Ylivirtaama HQ m^3/s	Alivirtaama NQ m^3/s	Keskiylivirtaama MHQ m^3/s	Keskialivirtaama MNQ m^3/s
1961-90	24,1	513	0,10	217	1,85

Kirkasteveden laimenemisolot Loimijoessa ovat keskimääräisen ja sitä suurempien virtaamien aikana hyvät. Keskimääräisinä vuosina laimenemisolot ovat alhaisen virtaaman kausinakin kohtuulliset, mutta kuivina vuosina melko heikot.



Veden laatu

Yhteenveto Loimijoen veden laadusta on tehty Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen tarkkailutulosten perusteella vuosilta 1997...2001. Veden laatua seurataan kahdesta pisteestä (kuva 4/1) otettavilla näytteillä: Maurialankoski (L15, 1 m) ja Loimijoen luusua (L17, 1 m ja 6 – 7 m). Yhteenveto vedenlaatatiedoista on esitetty taulukossa 4-5.

TAULUKKO 4-5

Yhteenveto Loimijoen veden laadusta v. 1997 – 2001.

Havaintopaikka L15 (n = 56) Maurialankoski								
	Happi % kyllästysas- teesta	Kiintoaine mg/l	pH	COD _{Mn} mg O ₂ /l	Kok. N µg/l	NH ₄ -N µg/l	Kok. P µg/l	Fe µg/l
Mediaani	87	15	7,2	16	1960	120	101	2350
Keskiarvo	87	30	7,2	17	2672	148	154	4478
Minimi	76	5,6	6,8	12	690	14	60	1100
Maksimi	94	180	7,5	29	8300	510	570	22000
Havaintopaikka L17, syvyys 1 m (n = 24) luusua								
Mediaani	85	18	7,1	16	1835	100	97	
Keskiarvo	85	40	7,1	17	2842	120	167	
Minimi	75	6	6,7	11	820	14	66	
Maksimi	97	230	7,7	30	8100	340	600	
Havaintopaikka L17, syvyys 6 – 7 m (n = 12) luusua								
Mediaani	78		7,0		1800	140	89	
Keskiarvo	72		7,0		2623	179	142	
Minimi	10		6,7		890	25	45	
Maksimi	89		7,3		8200	410	320	

Loimijoen veden laatuun vaikuttaa voimakkaasti savipitoinen maaperä ja pelloilta tuleva hajakuormitus. Pinnanläheisessä vedessä veden **happipitoisuus** on kaikissa näytteissä korkea, kuten yleensä virtaavissa vesissä. Luusuan pohjanläheisissä näytteissä happipitoisuus on ajoittain selvästi alentunut. Kesäkuun lopussa 1999 happea oli vain 10 % kylästysarvosta, ja loppukesä oli vähävetinen (virtaamien kuukausikeskiarvot heinä – syyskuussa 1,73...3,1 m³/s). Pohjanläheisestä vedestä ei otettu loppukesällä näytteitä, mutta olosuhteiden perusteella paikallinen hapettomuus on ollut mahdollista.

Kiintoainepitoisuus on korkea ja vaihtelee suuresti joen virtaaman mukaan. Suuri ero keskiarvon ja mediaanin välillä aiheutuu korkeista huippuarvoista, joita on kuitenkin harvoin.

Veden **pH** on korkea, useimmiten yli pH 7, ja on pysynyt tasaisena. Korkea pH on aiheutuu maaperän laadusta.

Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) on melko korkealla tasolla, mutta se on pysynyt suhteellisen tasaisena.

Kokonaistyyppi-, ammoniumtyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet ovat erittäin korkeita. Myös niiden vaihteluväli on suuri. Veden **rautapitoisuus** on korkea. Rauta ja ravinteet

ovat suurelta osalta pelloilta tulevaan kiintoainekseen sitoutuneita. Siten osa ravinteista on muodossa, jossa ne eivät ole välittömästi levien käytettävissä.

Toutaimen esiintymisalueet

Toutain esiintyy luonnonvaraisena koko Kokemäenjoen pituudelta Pihlavanlahdelta Hartolankoskelle sekä Kokemäenjoen yläpuolisissa järvissä ja Loimijoen alajuoksulla (ks. kuva 4/1). Kokemäenjoen keskijuoksulla ja Loimijoen alaosassa elää noin puolet koko vesistön kutevasta toutainkannasta. Loimijoessa sen tärkein kutualue on Huittisissa. Kutualueita on myös Alastarossa Vuolteen voimalaitoksen alapuolella ja Loimaalla. Vuolteen voimalaitos sijaitsee noin 40 km ja Loimaa noin 50 km ylävirtaan Loimijoen luusuasta. (Pennanen RKTL, suullinen tiedonanto 4.2.2002).

Toutain luokiteltiin vuonna 1990 erittäin uhanalaiseksi, mutta onnistuneet istutukset ovat vahvistaneet kantaa ja nykyään toutain on luokiteltu vaarantuneeksi (VU) (Rassi ym. 2001). Kokemäenjoen vesistöön toutainta on istutettu voimalaitosten velvoiteistutuksina sekä myös Kokemäenjoen - Loimijoen kalastusalueen toimesta. Istutusmäärät ovat vaihdelleet poikasten saatavuuden ja istutustarpeen mukaan. Vuonna 2003 toutaimia istutetaan Kolsin voimalaitoksen alapuolelle, mikäli niitä on saatavilla. Paikoin, lähinnä Pirkanmaalla, kannat ovat melko voimakkaat runsaiden istutusten vuoksi (Vuorinen 2002, Pennanen/RKTL, suullinen tiedonanto 13.1.2003, Peltola/Varsinais-Suomen TE-keskus, suullinen tiedonanto 13.1. 2003).

Merkittävimmät poikasten kasvu- ja syönnösalueet Loimijoessa ovat koskissa ja niiden alasuannoissa. Kutualueet sijaitsevat purkupaikan yläpuolella. Vanhakosken alue on välittömästi purkupaikan yläpuolella, ja purkualue saattaa kuulua poikasten kasvu- ja syönnösalueeseen.

4.2.2 Mekaanisen esikäsittelyn huuhteluvesien vaikutus

Loimijoen kiintoainepitoisuus on vaihdellut vuosien 1997...2001 tarkkailutulosten perusteella Maurialankoskessa 5,6...180 mg/l (mediaani 14,5 mg/l) ja Loimijoen luusuassa 6...230 mg/l (mediaani 18 mg/l). Mekaanisen esikäsittelyn kirkasteveden kiintoainepitoisuus (keskimäärin 10 mg/l) on selvästi alle Loimijoen kiintoainepitoisuuden mediaanin (15...18 mg/l). Kirkastevesi on jonkin verran happea kuluttavaa, mutta koska raakaveden laatu on selvästi Loimijoen vettä parempilaatuista, mm. hapenkulutuksen osalta, ei sen voida olettaa vaikuttavan haitallisesti Loimijoen veden laatuun eikä ekosysteemiin, mm. toutain- tai muihin kalapopulaatioihin.

4.2.3 Kemiallisen esikäsittelyn huuhteluvesien vaikutus

Kemiallisesta esikäsittelystä tulevan kirkasteveden kiintoainepitoisuus on 25...50 mg/l. Sen aiheuttama laskennallinen kiintoaineen pitoisuuden lisäys Loimijoessa on arvioitu seuraavasti ja esitetty taulukossa 4-6:

$$c_1 = SS / Q,$$

c_1 = kiintoainepitoisuuden lisäys

SS = kiintoainemäärä kg/d

Q = virtaama (mukaan lukien huuhteluvesi 5 500 m³/d)

TAULUKKO 4-6

Kiintoainepitoisuuden lisäys purkukohteessa eri virtaama-arvoilla

	Maurialan- kosken vir- taama m ³ /s	Purkupaikan arvioitu vir- taama m ³ /s	Kirkastevesi m ³ /s	SS kg/d	Pitoisuus- lisäys mg/l
Ylivirtaama HQ	513	595	0,06	130 – 260	0,003 – 0,005
Keskiylivirtaama MHQ	217	252	0,06	130 – 260	0,006 – 0,012
Keskivirtaama MQ	24,1	28	0,06	130 – 260	0,054 – 0,107
Keskialivirtaama MNQ	1,85	2,15	0,06	130 – 260	0,68 – 1,36
Alivirtaama NQ	0,10	0,12	0,06	130 – 260	8,5-17,1

Kemiallisessa esikäsittelyssä muodostuvan kirkasteveden kiintoainepitoisuus on korkeampi kuin Loimijoen kiintoainepitoisuuden mediaani, mutta samaa luokkaa kuin keskiarvo. Kirkasteveden määrä on 0,06 m³/s, joten keskivirtaamalla vesi laimenee nopeasti. Kirkastevesi nostaa veden kiintoainepitoisuutta merkittävästi vähäisen virtaaman kausina, jolloin Loimijoen veden kiintoainepitoisuus on alimmillaan. Kemiallisesta käsittelystä muodostuva flokki on kuitenkin erityyppistä kuin saviaineksesta peräisin oleva kiintoaine (se on mm. herkästi laskeutuvaa). Vähäisen virtaaman kausina saattaa aiheutua paikallista liettymistä purkupaikan lähistöllä, mikä voi haitata paikallisesti esim. pohjaeläimiä.

Paitsi kiintoainepitoisuuden nousua, on tarkasteltu kirkasteveden vaikutusta Loimijoen rautapitoisuuteen. Kemiallisesta esikäsittelystä tulevan kirkasteveden aiheuttama laskennallinen raudan pitoisuuden lisäys Loimijoessa on arvioitu seuraavasti ja esitetty taulukossa 4-7:

$$c_1 = Fe / Q,$$

c_1 = rautapitoisuuden lisäys

Fe = rautamäärä kg/d

Q = virtaama (mukaan lukien huuhteluvesi 5 500 m³/d)

TAULUKKO 4-7

Rautapitoisuuden lisäys purkukohteessa eri virtaama-arvoilla

	Maurialan- kosken vir- taama m ³ /s	Purkupaikan arvioitu vir- taama m ³ /s	Kirkastevesi m ³ /s	Rautaa kg/d	Pitoisuus- lisäys µg/l
Ylivirtaama HQ	513	595	0,06	50 - 100	0,97 – 1,9
Keskiylivirtaama MHQ	217	252	0,06	50 - 100	2 – 5
Keskivirtaama MQ	24,1	28	0,06	50 - 100	20 – 41
Keskialivirtaama MNQ	1,85	2,15	0,06	50 - 100	262 – 524
Alivirtaama NQ	0,10	0,12	0,06	50 - 100	3288 – 6576

Loimijoen rautapitoisuuksia on seurattu tarkkailututkimuksissa Maurialankoskessa, jossa se vaihteli vuosina 1997...2001 välillä 1 100...22 000 µg/l (mediaani 2 350 µg/l). Suuri osa raudasta on kiintoaineeseen sitoutunutta.

Kemiallisessa esikäsittelyssä muodostuvan kirkasteveden aiheuttama laskennallinen rautapitoisuuden lisäys keskivirtaamatilanteessa Loimijoen vedessä on niin vähäinen,

että sillä ei ole merkitystä. Keskialivirtaamalla pitoisuus kohoaaan mediaanista laskennallisesti noin 11...22 %. Harvinaisessa alivirtaamatilanteessa rautapitoisuuden lisäys on merkittävä (> 100 % mediaanista).

Sekä Loimijoen vedessä nykyään oleva että kirkasteveden rauta ovat kiintoaineeseen sitoutunutta kolmen arvoista rautaa. Kemiallisesta käsittelystä muodostuva rautaflokki on kuitenkin erityyppistä kuin saviperäiseen maa-ainekseen sitoutunut kiintoaine. Hapellisissa oloissa rauta säilyy kiintoaineeseen sitoutuneena eikä aiheuta haittoja vesieliöille. Loimijoessa ei ole havaittu happikatoja, joskin alasuvannon syvänteessä on ajoittain ollut heikko happitilanne.

Esikäsittelylaitoksella ei ole vaikutuksia toutaimen kutualueisiin eikä merkittäviä vaikutuksia tärkeimpiin kasvu- ja syönnösalueisiin, koska ne sijaitsevat pääosin purkupaikan yläpuolella.

Laimenemisesta johtuen kirkastevesi ei vaikuta Kokemäenjoen veden laatuun tai vesiekosysteemiin.

4.3

Yhteenveto esikäsittelyssä muodostuvista vesilaitoslietteistä

Erilaisilla esikäsittelymenetelmillä muodostuvan lietteen määrää ja laatua on vertailtu seuraavassa yhteenvetotaulukossa.

Parametri	Mekaaninen esikäsittely	Kemiallinen esikäsittely
Muodostuva lietemäärä (arvioitu kiintoainepitoisuus 1 %)	35 m ³ /d (kuivattuna 15-20 % kuivaainepitoisuuteen n. 2,5 m ³ /d)	370 m ³ /d Suurempi lietemäärä johtuu syötetystä saostuskemikaalista, joka poistaa vedestä epäpuhtauksia
Lietteen laatu	Raakavedessä kiintoainemuodossa olevia orgaanisia- ja mineraaliaineita (savi)	Orgaanisten- ja mineraalainesten lisäksi myös alumiini- tai rautasakkaa sekä pieniä määriä saostuskemikaaleissa olevia liukenemattomia epäpuhtauksia
Kirkasteveden kiintoainepitoisuus	10 mg/l	25 –50 mg/l
Kiintoainetta takaisin vesistöön	55 kg/d	130 – 260 kg/d

4.4

Lietteiden jatkokäsittelymahdollisuudet

Sekä mekaanisessa että kemiallisessa raakaveden käsittelyssä muodostuu lietteitä. Kemiallisessa esikäsittelyprosessissa muodostuvan lietteen määrä on suurempi ja jatkokäsittely on vaikeampaa ja kalliimpaa kuin mekaanisessa muodostuvan. Tyypillisesti vesilaitoslietteen jatkokäsittely- tai loppusijoitusvaihtoehtoja ovat:

- Johtaa liete takaisin vesistöön tai luontoon (Suomessa 25 % vesilaitoksista)
- Johtaa liete viemäriin ja jätevedenpuhdistamolle (Suomessa 75 % vesilaitoksista)
 - Liete tehostaa fosforin poistoa jätevedenpuhdistamolla, jos saostuksessa on käytetty rautasuoloja.
 - Liete täytyy yleensä tiivistää ennen johtamista viemäriin, jotta minimoidaan verkoston ja puhdistamon hydraulinen kuormitus.

- Rautapitoinen liete voi olla tehokas hajujen ja korroosion vähentäjä viemäri-verkostossa, koska rauta saostuu sulfidina (FeS) vähentäen rikkivedyn (H_2S) ja rikkidioksidin (SO_2) muodostumista. Rautapitoista lietettä voidaan myös johtaa mädättämöön, jossa se niinkään vähentää H_2S ja SO_2 muodostumista.
- Mikäli saostuksessa käytetty kemikaali on alumiinipohjainen, alumiinijäämät saattavat olla ongelmallisia jätevesilietteen jatkosijoitusta ajatellen (maatalous).
- Kuljettaa liete kaatopaikalle
 - Liete kannattaa kuivata muodostumispaikassaan mahdollisimman korkeaan kiintoainepitoisuuteen ennen kuljetusta. Tämä edellyttää koneellista tai termistä kuivausta
 - Kuivattu liete voidaan läjittää
- Lietteen uudelleenkäyttö/kierrätys maasovelluksissa
 - Hyötykäyttö maanviljelyssä ei ole mahdollista, etenkin jos kyseessä on alumiinisaostus
 - Kuivattu liete voidaan sekoittaa pintamaakerrokseen.
 - Maatalouskäytössä on huomattava, että rauta- ja alumiinilietteet sitovat fosfaatteja, mikä voi lisätä lannoituksen tarvetta.
- Lietteen uudelleenkäyttö/kierrätys raaka-aineena on erittäin rajoitettua ja kustannukset huomioon ottaen mahdotonta. Teoriassa uudelleenkäyttö raaka-aineena olisi mahdollista seuraaviin tarkoituksiin:
 - Katukivet
 - Sementtiteollisuus
 - Terästeollisuus
 - Betonin ja tiilien valmistus
- Kemikaalien talteenotto
 - Saostuskemikaali voidaan ottaa talteen, jolloin alumiini tai rauta erotetaan vesilaitoslietteestä erityisellä prosessilla ja kierrätetään vedenkäsittelyprosessin alkuun. Menetelmä on käytössä joillakin vesilaitoksilla Hollannissa (mm. Rotterdam), jossa sitä pidetään ympäristöystävällisenä ja taloudellisenä menetelmänä.

(Leboucher ja Patria 2001)

Tulevaisuudessa useimmissa ollaan menossa yhä enemmän vesilaitoslietteiden hyötykäytön tehostamiseen. Suuntauksena on ollut pyrkimys lähitulevaisuudessa johtaa vedenpuhdistuksessa muodostuvat lietteet mahdollisuuksien mukaan jätevedenpuhdistamoille.

5 RAAKAVEDEN OTON JA VOIMALAITOSKÄYTÖN YHTEISVAIKUTUKSET KOKEMÄENJOESSA

5.1 Vaikutus Kokemäenjoen virtaamaan

Kokemäenjoesta otettava raakaveden määrä on vuosikeskiarvona 110 000 m³/d, joka vastaa 1,3 m³/s.

Suomen ympäristökeskuksen rekisterissä on päivittäiset virtaamahavainnot Tyrvään (Hartolankoski) voimalaitokselta nykyhetkeen saakka, mutta Äetsän osalta vain vuoden 1993 ja Kolsin osalta vuoden 1995 loppuun saakka. Virtaamien ääri- ja keskiarvot laskettiin vuoden 1960 havainnoista lähtien (taulukko 5-1). Raakaveden otto aiheuttaa keskimäärin 1 m³/s vähenemän virtaamaan. Kolsin voimalaitos sijaitsee n. 30 km ottopai-kan alapuolella, Äetsän voimalaitos n.10 km ylävirtaan ja Tyrvään voimalaitos 20 km ylävirtaan (paikat merkitty kuvan 4/1 karttaan).

TAULUKKO 5-1

Tyrvään (Hartolankoski), Äetsän ja Kolsin voimalaitosten virtaamien ääri- ja keskiarvot v. 1960 lähtien. Suluissa on esitetty keskimääräisen raakavedenoton osuus virtaamasta (NQ= alivirtaama, MNQ= keskialivirtaama, MQ= keskivirtaama, MHQ= keskiylivirtaama, HQ= ylivirtaama).

Tyrvää (Hartolankoski) 1960 – 2001				
NQ m ³ /s	MNQ m ³ /s	MQ m ³ /s	MHQ m ³ /s	HQ m ³ /s
23 (4 %)	45 (2 %)	182 (0.5 %)	393 (0.3 %)	543 (0.2 %)
Äetsä 1960 – 1993				
NQ m ³ /s	MNQ m ³ /s	MQ m ³ /s	MHQ m ³ /s	HQ m ³ /s
19 (5 %)	41 (2 %)	183 (0.5 %)	400 (0.3 %)	564 (0.2 %)
Kolsi 1960 – 1995				
NQ m ³ /s	MNQ m ³ /s	MQ m ³ /s	MHQ m ³ /s	HQ m ³ /s
0	42 (2 %)	227 (0.4 %)	604 (0.2 %)	900 (0.1 %)

Virtaamatiedoista lasketut jokivesien keskialivirtaaman (MNQ) alittavien virtaamien osuudet kaikista havainnoista on esitetty taulukossa 5-2.

TAULUKKO 5-2

Jokiveden keskialivirtaaman alittavien virtaaman päiväarvojen osuus kaikista havainnoista v. 1960 alkaen.

Voimalaitos	Havaintoja kpl	Keskialivirtaama m ³ /s	Keskialivirtaaman alittavia virtaaman päiväarvoja kpl (osuus havainnoista)
Tyrvää (Hartolankoski) 1960 - 2001	n=15341	45	524 (3 %)
Äetsä 1960 - 1993	n=12419	41	411 (3 %)
Kolsi 1960 - 1995	n=13172	42	152 (1 %)

Tyrvään ja Äetsän voimalaitoksia ajetaan viikkosäännöstelyllä, jolloin virtaama on arkin suunnilleen sama vuorokauden ympäri. Viikonloppuisin virtaamaa pienennetään. Nykyisin koko ajan yllä pidettävä minimivirtaama on 40 m³/s. Kolsin voimalaitosta ajetaan vuorokausisäännöstelyllä, jolloin virtaama on pieni yöllä (joskus vettä ei lasketa lainkaan). Aamun huipputunteina vettä juoksutetaan mahdollisimman paljon (Paavo Peltonen/Länsi-Suomen yhteiskäyttö Oy, suullinen tiedonanto 31.5.2002).

Kokemäenjoen vesistöalueen pinta-ala on 27 046 km². Koko vesistöalueen järvisyys on 11,0 %, mikä on lähellä maamme keskiarvoa. Järvet jakautuvat kuitenkin alueellisesti epätasaisesti siten, että vesistön itäosa on runsasjärvistä ja länsiosa länsirannikon vähäjärvisten jokivesistöjen aluetta. Peltojen osuus valuma-alueen pinta-alasta on 18 %, mikä on noin kaksinkertainen maamme keskiarvoon verrattuna. (Marttunen ja Kaatra 1995). Tasaavien järviäldaiden vähäisyys valuma-alueen länsiosassa ja peltojen suuri osuus lisäävät virtaaman ajallista vaihtelua Kokemäenjoen keski- ja alaosalla.

Virtaamavaihteluiden voimakkuutta voidaan tarkastella virtaamien ääriarvojen suhteella. Tyrvään, Äetsän ja Kolsin voimalaitoksilla MHQ/MNQ on 8,7...14,4 (taulukko 5-1). Muiden Etelä-Suomen suurten valuma-alueiden Kymijoen ja Vuoksen vesistöalueen MHQ/MNQ on luokkaa 2...5, kun taas rannikon pienissä jokivesistöissä MHQ/MNQ voi olla yli 500 (Hyvärinen 1984, ref. Mustonen 1986). Mitä suurempi suhdeluku on, sitä suuremmat ovat virtaaman vaihtelut. Keskimäärin virtaamavaihtelu Kokemäenjoessa on näin ollen melko vähäistä. Kokemäenjoen suurimmat virtaamat määräytyvät luonnollisen vesimäärän mukaan. Pieniin virtaamiin sen sijaan vaikuttaa suuresti säännöstelykäytäntö, eikä niinkään veden vähyys. Pitkäaikaisaineiston perusteella keskialivirtaaman alittavien virtaamien toistuvuus on ollut melko harva. Raakaveden oton osuus Tyrvään ja Äetsän alimmista virtaamista on 4...5 %, joten se ei aiheuta merkittävää vähenemää Kokemäenjoen virtaamaan. Veden vähyys Kolsin voimalaitoksen alapuolella voidaan vaikuttaa muuttamalla veden juoksutuskäytäntöä. Turun Seudun Vesi Oy on tehnyt sopimuksen raakaveden otosta Kokemäenjoessa vedenottokohdan alapuolella toimivien voimalaitosyhtiöiden kanssa

5.2 Vaikutus toutaimen elinoloihin

Toutaimen suojelussa tärkeimpänä tavoitteena on pidetty jäljellä olevien kutu- ja syönösalueiden suojelua. Toutain kutee huhti – toukokuussa kivikko- ja sorapohjaisissa virtapaikoissa. Tärkeä kutupaikka on mm. välittömästi Äetsän voimalaitoksen alapuolella ja Villilänvuolteessa. Kolsin ja Äetsän voimalaitosten väliset tärkeimmät kutupaikat sijaitsevat suunnitellun raakavedenottamon yläpuolella. Varsinaiset poikasten kasvualueet ovat Villilänvuolteen alapuolella Kyttälän- ja Kiettareenkosken vaiheille saakka (ks. kuvan 4/1 kartta) (Marttunen ja Kaatra 1995). Kolsin voimalaitoksen alapuolella on oma toutainkantansa, jolla on kutualueita mm. välittömästi voimalaitoksen alapuolella. Voimakkaan säännöstelyn vuoksi lisääntymistulos on heikko. Alueelle on 1980-luvulta lähtien myöskin istutettu toutaimia.

Kalojen mäti tarvitsee kehittyessään korkeaa veden happipitoisuutta. Vastakuoriutuneiden toutaimen poikasten hapenottokyky on heikosti kehittynyt verrattuna muihin kalanpoikasiin. Poikaset pysyttelevät muutaman vuorokauden kuoriutumispaiakalla soran seassa ennen siirtymistään vapaaseen veteen. Tuolloin alhainen happipitoisuus saattaa olla poikasille kohtalokas. Noin kymmenen vuoden välein toistuvina kuivina keväinä juoksutuskatkojen aiheuttama hapenpuute haittaa toutaimen mädin kehittymistä ja vastakuoriutuneiden poikasten selviytymistä osalla kutualueista (J. Pennanen/ RKT³, suullinen tiedonanto 18.2.2002). Raakaveden oton vaikutus joen vesimäärän on niin vähäinen, ettei se lisää hapenpuutteesta johtuvaa uhkaa toutaimen mädille ja poikasten kehitymiselle vedenottokohdan alapuolella.

³ RKT³ = Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

6 TEKOPOHJAVEDEN MUODOSTUMINEN JA VAIKUTUKSET MAAPERÄSSÄ

6.1 Muodostumisprosessin kuvaus

Raakavettä maaperään imeyttävien tekopohjavesilaitosten toimintaan kuuluvat seuraavat veden laatuun vaikuttavat osavaiheet: *raakaveden esikäsitteleminen*, *veden imeyttäminen maaperään*, *lyhyen viipymän kulkeutuminen* (vajovesivyöhyke) ja *pitkän viipymän kulkeutuminen* (pohjavesivyöhyke eli vedellä kyllästynyt vyöhyke).

Raakaveden esikäsitteleminen on kuvattu edellä luvussa 3. Esikäsiteltyä tai käsittelemätöntä raakavettä voidaan *imeyttää maaperään* eri tavoin lähinnä kohteen geologisesta rakenteesta ja muista tekijöistä johtuen. Mahdollisia imeytystapoja ovat oja- tai salaojaimeytys, kaivoimeytys, allasimeytys tai sadetusimeytys. Imeytystehokkuus pinta-alaa kohti eli ns. pintakuorma määrittelee sen, miten paljon imeytettävää yksikköä kohti tarvitaan pinta-alaa ts. sadetusimeytysaluetta tai allaspinta-alaa. Suunnittelussa pyritään pintakuorma optimoimaan siten, että imeytystä varten varattavat alueet pysyvät kohtuullisen pieninä kuitenkin niin, ettei sadetusimeytyksessä ilmene tukkeutumisen vaaraa, tai ettei allasimeytyksessä altaan huoltoväli lyhene kohtuuttomasti. Virttaankankaan tekopohjavesilaitoksen suunnittelussa vaihtoehtoina on tarkasteltu joko allas- tai sadetusimetystä tai niiden yhdistelmää.

Lyhyen viipymän kulkeutumisessa vajovesivyöhykkeessä sekä allas- että sadetusimeytyksessä vedestä poistuvat mm. bakteerit, jäljellä oleva sameus sekä kiintoaine siihen kiinnittyneine aineineen (mm. liukenematon fosfori, osa humuksesta). Vajovesivyöhykkeessä vedestä poistuu humusta. Poistuman tehokkuus vaihtelee - mitä ilmeisimmin maaperän rakenteesta ja geokemiasta johtuen - 10...50 % (mm. Kytövaara 2000, Frycklund ym. 1995). Pieniä kemiallisia muutoksia lukuun ottamatta ei lyhyen viipymän kulkeutumisessa tapahdu muita merkittäviä veden laatuun vaikuttavia prosesseja. Tosin veden pH nousee Virttaankankaan olosuhteissa syvemmillä vajovesikerroksessa, jossa maaperässä, varsinkin sen hienoaineksessa on jäljellä liukenematonta karbonaattia (Lindqvist ja Lallukka 2002). Raakaveden sadevettä korkeampi pH nostaa maannoshorisontin pH:ta. pH:n palautuminen tapahtuu imeytyskatkosten aikana, tosin hitaasti (Helmisaari ym. 1999).

Pitkän viipymän kulkeutumisessa pohjavesivyöhykkeessä veden laatuominaisuudet kuten pH ja lämpötila tasaantuvat veden sekoittuessa alueen luontaiseen pohjaveteen. Humuksen kohdalla laimeneminen ja vajovesivyöhykkeessä alkanut humuksen poistuminen jatkuvat. Humuksen poistumismekanismia ei vielä täysin tunneta. Luonnontilaiseen pohjaveteen sadeveden mukana kulkeutuneet tai maaperästä siihen liuenneet ja raakavedessä esiintyvät liuenneet ravinteet kuten fosfori ja typpi eivät juuri muutu, pidäyty tai hajoa pitkän viipymän kulkeutumisessa. Ravinteiden pitoisuuksia on tarkemmin käsitelty kohdassa 6.4. Humuksen pitoisuuden alenemisen on todettu riippuvan veden virtausajasta eli viipymästä. Humuksen poistuminen on tehokkainta ensimmäisen 20 vuorokauden aikana, minkä jälkeen se selvästi hidastuu (Kytövaara 2000). Noin kahden kuukauden viipymällä saavutetaan yleisesti riittävä puhdistustulos.

6.2 Tekopohjaveden muodostumisprosessi talvella

Pohjoismaiden oloissa pitkäaikaisimmat kokemukset tekopohjavesilaitosten toiminnasta on saatu Ruotsissa, jossa kokemusta on kertynyt 1900 luvun alusta asti. Allasimeytyksessä talvi voi aiheuttaa ongelmia, mikäli imeytysallas tarvitsee puhdistusta talven aikana. Toisaalta mm. Uppsalassa on käytössä menetelmä, jossa puhdistettava allas tyhjenetään ensin, ja annetaan tukkeutuneen pintaosan jäätyä kiinni jäähän. Veden uudelleen noston jälkeen saadaan nousseen jään mukana poistettua siihen kiinnittynyt tukkeutunut altaan pintaosa (Hanson 2000). Suunnittelemalla altainen huolto- ja puhdistustöiden ajoitus voidaan talvikaudet yleensä kuitenkin imeyttää ongelmitta.

Sadetusimeytyksen talvikokemuksia on saatu mm. Kouvolan Haukkajärven, Utin Kuivalan ja Jyväskylän Vuonteen laitoksilta. Niissä ei ole todettu 'talviongelmiä'. Myös Virttaankankaalla on tehty talven 2002 - 2003 aikana koeimeytyksiä, joissa imeytysalueelle on sadetettu pohjavettä. Joulutammikuun yli kaksi viikkoa jatkuneen kylmän jakson aikana, jolloin lämpötila pysytteli pitkään -20 ja -30 asteen välillä, muodostui Virttaankankaan sadetusimeytysalueelle näyttävä jääkansi. Jääkannen alla veden imeytyminen jatkui entiseen tapaan (kuva 6/1). Raakavetenä käytettävä jokivesi on talvella ajoitain alle yksiasteista, mikä saattaa pakkasjaksoina lisätä jääkannen muodostumisherkyyttä. Virttaankankaalle rakennettaviin sadetusputkiin tullaan tekemään tyhjennysmahdollisuus riittävän tiheään, jotta putket voidaan mahdollisissa pumppauskatkoksissa tyhjentää jäätymisen estämiseksi.



KUVA 6/1
Koeimeytysalue Virttaankankaalla tammikuussa 2003.

Kuva: Juha Kääriä 2003

6.3 Vedenpinnan nousu tuotantotilanteessa

Vedenpinnan muutoksia tuotannon aikana on käsitelty YVA-selostuksessa (Maa ja Vesi Oy ja SCC Viatek 2001). Periaate on selkeä; luonnontilaan verrattuna vedenpinnat nousevat imeytysalueiden läheisyydessä ja vastaavasti laskevat vedenottoalueiden läheisyydessä. Mm. veden riittävän viipymän takaamiseksi imeytysalueet on sijoitettu muodostuman keskiosiin alueelle, jossa pohjavedenpinta on syvällä maakerroksissa (n. 20...30 metrin syvyydessä maanpinnasta). Vedenottoalueet taas on sijoitettu harjun parhaiten vettä johtaviin vyöhykkeisiin. Imeytys- ja vedenottokapasiteetit ja niiden alueellinen jakautuminen määräävät tasaisessa tuotannossa syntyvän vedenpinnan tasapainotilan.

Pohjavesimallilla tuotantotilanteen simuloitua vedenpinnan muutokset on esitetty esimerkin omaisesti YVA-selostuksen liitteessä X. Pohjavedenpinnan nousu esim. yhdellä metrillä ei keskellä muodostumaa aiheuta vettymistä tai muita ongelmia, sillä kohonneenakin vedenpinta on edelleen hyvin syvällä maanpinnan alapuolella ja esimerkiksi puitten juurien ulottumattomissa. Vedenpinnan lievä nousu harjun keskialueella saa aikaan lievän pohjaveden virtauksen lisääntymisen Harjunkylän suuntaan (YVA-selostuksen liite XI).

6.4 Imeyttämisen pitkäaikaisvaikutukset

6.4.1 Kiintoaineen ja ravinteiden kertyminen ja käyttäytyminen maaperässä

Kun Virttaankankaan tekopohjavesilaitoksella imeytettävän esikäsitellyn raakaveden määrä on 105 000 m³/d ja vuosittain käytössä olevien imeytysalueiden yhteenlaskettu pinta-ala noin 6 ha (1/3 imeytykseen varatusta kokonaisalasta), on maan pintaan hehtaaria kohti aiheutuva kiintoaineen ja ravinteiden pitkäaikaiskuormitus taulukossa 6-1 esitetyn kaltainen.

TAULUKKO 6-1

Sadetuksen seurauksena maan pinta-alayksikköä kohti aiheutuva kiintoaine- ja ravinnekertymä Virttaankankaan imeytysalueilla.

	Keskimääräinen pitoisuus esikäsitellyssä raakavedessä	Pitkäaikainen kertymä imeytysalaa kohti t/ha/a
Kokonaiskiintoaine	n. 2 mg/l	5
Orgaaninen kiintoaine	0,3 – 0,8 mg/l	0,7 – 2,0
Kokonaisfosfori	5 – 20 µg/l	0,01 – 0,05
Kokonaistyyppi	340 – 900 µg/l	0,8 – 2,2

Kirjallisuustietojen mukaan keskimääräinen lehtien ym. karikkeen ”sadanta” maaperään on eteläsuomalaisella OMT^{*}-metsätyypillä 3 t/ha/a ja pohjoissuomalaisella EVT[™]-kankaalla noin 1 t/ha/a (Ukonmaanaho ym. 2001). Virttaankankaan harjualueella maahan putoavan aineksen määrä vastannee lähinnä havupuuvältaista EVT-kangasta.

Suurin osa maahan luontaisesti putoavasta aineksesta on neulasia, kokonaisia lehtiä ja muuta orgaanista ainesta, joka mineralisoituu. Tämän lisäksi tulee jonkin verran epäorgaanista pölyä ym. laskeumaa. Vuosina 2000...2001 toteutetussa Kokemäenjoen veden laadun intensiiviseurannassa saatujen tulosten mukaan jokiveden kiintoainepitoisuus

^{*} *Oxalis-Myrtillus* -tyyppi, lehtomainen kangas

[™] *Empetrum-Vaccinium* -tyyppi, kuivahko kangas

vaihteli 1,6...10 mg/l. Kiintoaineesta 16...38 % (keskimäärin 25 %) oli orgaanista ainesta. Orgaaninen aines sisältää humusaineita sekä monenlaista biomassaa. Kiintoainereduktio hiekkapikasuodatuksessa on keskimäärin yli 55 % (Suunnittelukeskus Oy 2002, Kytövaara 2000). Tämän perusteella orgaanista kiintoainesta tulee imeytettävän veden mukana harjuun keskimäärin 0,3...0,8 mg/l. Lähes kaikki kiintoaineen mukana tuleva orgaaninen aines pidättyy maaperän pintaosiin. Osa orgaanisesta aineksesta hajoaa maaperässä suhteellisen nopeasti hiilidioksidiksi ja vedeksi, osan muuttuessa hitaasti hajoavaksi humusaineeksi.

Esikäsitellyn raakaveden mukana tulevan orgaanisen aineen kuormitus vastaa kangasmetsän luontaista orgaanista kuormitusta, eikä sen voi olettaa aiheuttavan sanottavaa maan orgaanisen kerroksen muutosta. Kiintoaineiden käyttäytymisestä ja pidättymisestä on kerrottu luvussa 6.5, jossa on käsitelty imeytysalueen toipumisjakson prosesseja.

VIVA –tutkimushankkeessa (Helmisaari ym. 1999) on selvitetty veden imeytyksen vaikutuksia metsämaahan ja kasvillisuuteen sekä vajo- ja pohjaveden laatuun. Selvitysraportin mukaan maaperän pH nousee imeytyksen vaikutuksesta. Suomalaisen metsämaan pH on keskimäärin 4,0. Pitkäaikaisen imeytyksen (3 vuotta) vaikutuksesta se nousi luokkaa 2 yksikköä, kun imeytettävän veden pH oli 7,0. pH pysyi imeytyksen lopettamisen jälkeen (seurattu 2 vuotta) kohonneella tasolla.

Happamuuden väheneminen nopeutti maaperässä typen mineralisaatiota sekä nitrifikaatiota. Orgaaniset typpiyhdisteet (biomassa) muuttuvat ammoniumin kautta nitraateiksi. Muodostuvat nitraatit huuhtoutuvat imeytysveden mukana pohjaveteen. VIVA-tutkimushankkeessa imeytettävässä vedessä nitraattipitoisuudet vaihtelivat 133...195 µg/l (keskiarvo 155 µg/l) ja pohjavedessä 166...293 µg/l (keskiarvo 215 µg/l). Verrattuna talousveden nitraattipitoisuudelle asetettuun laatuvaatimukseen – 50 mg/l (50 000 µg/l) – nämä pitoisuudet ovat kuitenkin merkityksellisiä. Nitraatin poistuminen kaasuna (denitrifikaatio typpikaasuksi ja typpioksiduuliksi) on mahdollista hapettomassa ympäristössä esim. maan vettyessä. Tehdyissä kokeissa nitraatista denitrifioitui vain alle 1 %.

6.4.2 Tekopohjaveden ravinnepitoisuuden vaikutus lähdekasvillisuuteen

Lähtökohdat

Tutkimuksissa ravinteiden ja niiden saatavuuden vaikutuksista lähteikkökasvillisuuteen ravinnepitoisuudet on yleisesti analysoitu maaperästä. Virttaan lähteiköiltä ei maaperän ravinnepitoisuuksia ole mitattu. Tässä työssä on sen sijaan pyritty arvioimaan, miten tekopohjaveden ravinnepitoisuuksien muutokset vaikuttavat lähdekasvillisuuteen. Arviointilähtökohdaksi on oletus, että lähteisiin purkautuvan veden laatu kuvaa jossain määrin myös maaperän pH- ja ravinnetilannetta.

Pohjaveden ja lähteiden veden virtaamaa ja laatua tarkkaillaan seuraavasti:

- Virttaan ja Oripään kaivojen vedenotto ja siihen liittyvä velvoitetarkkailu vuodesta 1999. Tarkkailussa on mukana Oripään ja Alastaron Myllylähteet sekä Kankaanrannan lähde, joista tarkkaillaan virtaamaa.
- Vapaaehtoinen tarkkailu, joka keskittyy suunnitellun tekopohjavesilaitoksen toiminnan vaikutusten seuraamiseen. Myllylähteiden ja Kankaanrannan lähteen lisäksi mukana on Harjukylän Natura –lähde, joista tarkkaillaan virtaaman lisäksi veden laatua. Tarkkailu on aloitettu kesällä 2002.

Tekopohjaveden imeytyksen aiheuttamien pohjaveden laatumuutosten on arvioitu ulottuvan Kankaanrannan lähteille (Alastaron Myllylähde ja Kankaanrannan lähde), mutta ei juurikaan Oripään Myllylähteelle saakka. Laatumuutokset lähdepurkaumissa ovat lievempiä kuin tekopohjavedessä pohjaveden laimentavan vaikutuksen vuoksi (YVA-selostus s. 89). Laatuanalyysien perusteella Harjunkylän lähteeseen purkautuva vesi on orsivettä, joten mahdollisilla pohjaveden laadun muutoksilla ei ole vaikutusta siihen.

Taulukossa 6-2 on esitetty yhteenveto Virttaankankaan pohjaveden, Myllylähteen ja Kankaanrannan lähteen veden laadusta (Kortelainen 2001, Maa ja Vesi Oy: pohjaveden seurannan tulokset).

TAULUKKO 6-2

Yhteenveto Virttaankankaan pohjaveden ja Kankaanrannan lähteiden veden laadusta.

	Virttaankankaan pohjavesi	Myllylähde ja Kankaanranta*
pH	7,2 – 9,5	8
Ca mg/l ¹	6 – 12	9,9 – 12
Mg mg/l	0,2 – 1,2	1,0
Alkaliteetti mmol/l	0,46 – 0,65	0,59
Kok. P µg/l	10 – 30	18
Kok. N µg/l	90 – 300	153

* luvut lähteiden keskiarvoja

Suokasvillisuustyyppiin, mihin myös lähdekasvillisuus luetaan, vaikuttaa eniten pH sekä kalsium- ja magnesiumkarbonaatin pitoisuus (Eurola ym. 1994). Runsasravinteisilla soilla pH on korkea ja kalsiumia on runsaasti, kun taas muita pääravinteita ei välttämättä ole juurikaan enempää kuin karuilla soilla. Lähteiköillä ravinteiden saatavuus on virtaavasta pohjavedestä johtuen tasaista. Virttaankankaan pohjavedessä kalsiumin pitoisuus on korkea ja magnesiumin alhainen. Pintavesiin verrattuna kokonaisfosforipitoisuus on melko alhainen ja kokonaistyyppipitoisuus alhainen. Pohjavedessä ei ole juurikaan kiintoaineeseen sitoutunutta tai orgaanisia ravinteita, vaan ravinteet ovat mineraalimuodossa.

Tehdyt tutkimukset ja niiden tulokset

Tekopohjaveden tuottamista on simuloitu suodattamalla hiekkasuodatettua Kokemäenjoen vettä koeharjujen läpi (Suunnittelukeskus Oy 2002). Tulosten perusteella veden kalsium ja magnesiumpitoisuudet muuttuivat taulukossa 6-3 esitetyllä tavalla.

TAULUKKO 6-3

Veden laadun muutos tekopohjaveden muodostumista simuloivassa kokeessa (Suunnittelukeskus 2002)

	Raakavesi	Koeharjussa suodatettu vesi
pH	7,1	7,2 – 7,4
Ca mg/l	7,1	19,9 – 33,6
Mg mg/l	2,2	2,8 – 6,7
Alkaliteetti mmol/l	0,30	0,88 – 1,94

Tulokset poikkeavat arvioidusta tuotannon aikaisesta tilanteesta, sillä kemialliset reaktiot eivät ehtineet tasoittua kokeen aikana. Voimakas alkaliteetin, kalsiumpitoisuuden sekä magnesiumpitoisuuden nousu aiheutui osittain orgaanisen aineen hajoamisesta sekä maaperän happamista pintamaista syntyvän hiilidioksidin ja Virttaankankaan hiekan sisältämien karbonaattien reaktiosta. Tekopohjaveden tuotannossa kalsiumpitoisuuden on arvioitu yhden kuukauden viipymällä nousevan korkeintaan arvoon 12...15 mg/l ja alkaliteetin 0,59...0,77 mmol/l:n, mikäli maaperän kalkki neutraloi raakaveden orgaanisen aineen hajoamisesta syntyvästä hiilidioksidista 50...100 %. Mikäli neutraloitumista ei tapahtuisi, alkaliteetti ja kalsiumpitoisuus jäisivät raakaveden tasolle. Tutkimustulosten perusteella tämä vaikuttaa epätodennäköiseltä.

Suunnitellussa raakaveden ottokohdassa Karhiniemessä toteutettiin veden laadun intensiivitarvittavuus lokakuusta 2000 elokuuhun 2001 asti (Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistys ry 2001). Kokonaistypen määrä vaihteli tutkimusjaksolla 540...1100 µg/l (keskiarvo 857 µg/l). Tästä keskimäärin noin puolet oli nitraatti- (428 µg/l) ja ammoniumtyppeä (36 µg/l). Kokonaisfosforin määrä vaihteli 22...38 µg/l (keskiarvo 28 µg/l). Osa fosforista (1,6...10 µg/l) oli kiintoaineeseen sitoutunutta, koska sen maksimipitoisuudet liittyivät tulvakausiin. Liukoisen fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforipitoisuudesta oli keskimäärin 22 % (6 µg/l).

Kankaanrannan lähteeseen ja Myllylähteeseen purkautuvan pohjaveden kokonaistyyppi-pitoisuus vaihteli välillä 7,5 - 120 µg/l. Fosforipitoisuus lähteistä purkautuvassa pohjavedessä on keskimäärin 18,6 µg/l. Fosfori on kokonaisuudessaan liukoissa muodossa.

TAULUKKO 6-4

Typen ja fosforin keskiarvopitoisuudet Kokemäenjoessa (Kokemäenjoen Vesistön Vesiensuojeluyhdistys ry 2001) ja Kankaanrannan lähteen ja Myllylähteen lähteiköissä (Maa ja Vesi Oy; vapaaehtoisen tarkkailun tulokset) sekä sadevedessä (Vuorenmaa 2001).

	Kokemäenjoki	Lähteiköt*	Sadevesi**
Kok. P, µg/l	28 (=0,028 mg/l)	-	16 (0,016 mg/l)
PO ₄ -P, µg/l	6 (=0,006 mg/l)	18 (0,018 mg/l)	
Liukoisen PO ₄ -P osuus, %	21	100	
Kok. N, µg/l	857 (0,857 mg/l)	153 (0,153 mg/l)	1059 (1,059 mg/l)
NH ₄ -N, µg/l	36 (0,036 mg/l)	4 (0,004 mg/l)	458 (0,458 mg/l)
NO ₂₃ -N, µg/l	428 (0,428 mg/l)	62 (0,062 mg/l)	339 (0,339 mg/l)
Liukoisen mineraalityypen, NH ₄ -N + NO ₂₃ -N osuus, %	54	43	75

* Keskiarvo perustuu kolmeen mittaukseen (elo-, loka- ja marraskuu 2002). Liukoisen typen vaihteluväli mittauksissa oli huomattava, 49 µg/l. Korkeimmat pitoisuudet olivat marraskuun mittauksissa.

** Jokioisten mittausasema 1998 (Vuorenmaan 2001)

Arvio vaikutuksista lähteiden kasvillisuuteen

Kasvillisuuteen vaikuttavat mm. kasvualustan ravinteisuus ja vesitalous. Tyypillisesti tietyt ns. invaasiolajit voivat vallata alaa ympäristömuutosten, kuten ravinteisuuden lisääntymisen seurauksena. Lähdeympäristössä kasvillisuuden kannalta hyvin keskeinen tekijä näyttää kuitenkin olevan pohjavesivaikutus ja veden pinnan taso.

Pääosa raakaveden kiintoaineeseen sitoutuneesta typestä ja fosforista poistuu esikäsittelyssä. Mineraaliravinteista osa sitoutuu kasvillisuuteen imeytysalueilla. Mineraaliravinteista raakavedessä on selvästi vähemmän ammoniumtyyppiä ja vain hieman enemmän nitraattityyppiä kuin sadevedessä. Lisäksi imeytys ja siitä seuraava pH:n nousu pinta-maassa aiheuttaa maaperässä orgaanisen typen mineralisaatiota ammoniumtypeksi ja edelleen ammoniumtypen nitrifikaatiota (= pelkistyneiden tyyppiyhdisteiden hapettuminen nitriitin kautta nitraatiksi). Tällöin myös osa orgaanisesta ja ammoniumtyypestä muuttuu nitraattitypeksi (Helmisaari ym. 1999). Tämä lisää kasvien käytettävissä olevan typen määrää.

Nykytilanteessa Virttaanharjulle tulee vettä ainoastaan sateena. Sadeveden kokonaisfosforipitoisuus on luokkaa 15...20 µg/l ja typpipitoisuus huomattava; liukoista tyyppiä on noin 700...800 µg/l (Vuorenmaa 2001). Lisäksi maaperään tulee tyyppiä ilmasta kuivailaskeumana. Lähteiköistä purkautuvassa pohjavedessä liukoista tyyppiä on noin kymmenesosa sadannan mukana maanpinnalle tulevasta liukoisesta typestä, ja muualla pohjavedessä (olemassa oleva tuotantokaivo K51) noin 25 %, joten sadeveden typestä huomattava osa pidättyy maakerrokseen (mm. kasvit käyttävät osan ja pieni osa denitrifioituu). Mikäli arvioidaan imeytettävän esikäsittelyn raakaveden liukoisesta typestä kulkeutuvan pohjaveteen enemmän kuin sadevedestä, esim. 20...50 %, olisi tekopohjaveden liukoisen typen pitoisuus todennäköisesti luokkaa 100...230 µg/l eli samalla tasolla kuin pohjavedessä nykyisin (K51 käytössä olevan vedenottamon tarkkailutulokset). Tekopohjaveden ja pohjaveden sekoitussuhde (noin 80/20) huomioiden, ei tuotetun tekopohjaveden liukoisen typen pitoisuus kohoaisi nykyisestä pohjaveden pitoisuudesta.

Lähdepurkaumien ravinnepitoisuuksien muutokset ovat oletettavasti lieviä. Mahdollinen nitraattityypen pitoisuuden lisäys saattaisi aiheuttaa perifytonlevän kasvun lisääntymistä. Perifytonia esiintyy vesistöissä mm. kivien ja vesikasvien pinnalla. Perifytonin määrää rajoittaa ravinteiden lisäksi mm. veden lämpötila ja erityisesti valon määrä. Sen kasvu lienee kuitenkin enemmän riippuvainen esim. sääoloista, kuin ravinnepitoisuuden lisääntymisestä. Lisäksi typpipitoisuus on mahdollisesti kohonneinakin pitoisuuksina alhaisella tasolla, joten perifytonikasvu ei lisäännä haitallisessa määrin.

Hollantilaisten tekemän tutkimuksen mukaan yleistäen voidaan sanoa, että turvemaiden kasvillisuuden minimiravinteena on typpi, mutta mm. erittäin kalkkipitoisilla mailla minimiravinteena on fosfori (Van Duren ja Pegtél 2000). Fosforin saatavuus on sidoksissa maaperän pH-arvoon siten, että yli 5,5 pH:ssa fosfori on heikosti liukoista. Tämän vuoksi fosfori on yleisesti ottaen kasvua rajoittava tekijä maaperässä, jonka pH on korkea (Reinikainen 1980). Virttaan lähteiköiden pH on luokkaa 8.

Kasvien elintavat ja kyky sietää korkeaa vedenpinnan tasoa voivat vaikuttaa merkittävästi siihen, mitkä lajit hyötyvät ravinteiden saatavuuden paranemisesta (Bollens ja Ramseier 2001). Ravinteiden ja keskiravinteiden soiden kasvillisuus on riippuvainen useasta ympäristötekijästä (Heikkilä 1987), minkä vuoksi yhden ympäristötekijän muutoksen vaikutuksia on vaikea ennustaa. Tekopohjaveden pH:n on arvioitu olevan lievästi alempi kuin luontaisen pohjaveden, mutta kuitenkin varsin korkea (7,8...8,0) (Maa ja

Vesi Oy, SCC Viatek, 2001). Arvioitu pH on hyvin lähellä samaa kuin Kankaanrannan lähteessä ja Alastaron Myllylähteessä todetut arvot, joten lähdepurkaumien pH ei muuttune merkittävästi. Kankaanrannan lähteen maaperän pH-arvoja ei ole mitattu. Pohjois-Suomessa eutrofisten ja mesoeutrofisten lähteiden ja lähdelettojen turpeen pH on 6...7 (Erävuori 1998). Pohjaveden pH:n lievällä alenemisella on tuskin vaikutuksia lähdesaran menestymiseen alueella, koska pH pysyy kuitenkin selvästi emäksisenä. Lähdesaran esiintyminen emäksisillä, pohjavesivaikutteisilla paikoilla viitanee lajin heikkoon kilpailukykyyn ravinteista. Emäksinen alusta rajoittaa kilpailua, samoin kuin lähteiden poikkeukselliset olosuhteet. Pohjavedestä ravinteiden saatavuus on jatkuvasti hyvä. Lisäksi neutraali tai emäksinen maaperä parantaa ravinteiden liukoisuutta ja siten saatavuutta fosforia lukuun ottamatta.

Mahdollinen typpipitoisuuden vähäinen nousu pohjavedessä ei näyttäisi vaikuttavan kasvillisuuteen, koska kasvua rajoittava fosforipitoisuus ja liukaisen typen pitoisuus ei olennaisesti muutu. Tekopohjavesihanke ei raakaveden sekä Virttaan alueen luontaisen pohjaveden laadun seurantatulosten mukaan lisää lähteiköissä purkautuvan pohjaveden fosforipitoisuutta. Pitoisuus saattaa hieman laimentua. Ns. invasiolajien leviämistä estää lähteikköjen poikkeuksellinen kasvuympäristö, joka ei hankkeen vaikutuksesta näyttäisi muuten muuttuvan. Tärkeimpiä tekijöitä kasvillisuuden kannalta ovat korkea pH ja pohjavesivaikutus (virtaus ja veden pinnan taso), jotka säilyvät suunnilleen nykyisellään. On kuitenkin muistettava, että kasvilajien vaatimuksilla on eroja, eikä mahdollisten muutosten vaikutuksia voida ilman lajikohtaisia tutkimuksia ja muutoksia täsmällisesti ennustaa.

Johtopäätökset

Esikäsitellyn raakaveden imeytys Virttaanharjuun ei juurikaan nosta pohjaveden nitraattityppipitoisuutta eikä fosforipitoisuus tarkkailutulosten perusteella kasva. Pohjaveden pH voi laskea hieman säilyen kuitenkin selvästi emäksisenä. Virttaankankaan maaperässä on runsaasti helppoliukoista kalsiittia (Lindqvist ja Lallukka 2002). Sijoittamalla imeytysalueet kalsiitin suhteen oikein saadaan tekopohjaveden pH nousemaan lähelle kyllästysastetta, eli samalle tasolle luontaisen pohjaveden kanssa.

Hankkeen vaikutukset pohjaveden laatuun ovat tehtyjen selvitysten mukaan vähäisiä. Typpipitoisuuden lievä nousu tuskin vaikuttaa lähdekasvillisuuteen, koska emäksisillä kasvualustoilla minimiravinteena on tyypillisesti fosfori, jonka pitoisuus ei näytä kasvavan. Ravinnepitoisuuden muutoksia merkittävämpi tekijä lähdekasvillisuudelle on pohjaveden tasossa ja virtaamissa mahdollisesti tapahtuvat muutokset. Tällaisten muutosten vaikutuksista kasvillisuuteen on tehty useita selvityksiä, joiden mukaan voidaan yleis-täen todeta, että pohjaveden alenema ja virtaamien pieneneminen muuttaa kasvillisuutta mm. siten, että vaatelas lähdelajisto taantuu tai häviää joko olosuhteiden muuttuessa lajille sopimattomaksi tai kilpailun takia. Selvitysten perusteella kasvien esiintyminen vaikuttaa olevan sidoksissa nimenomaan pohjaveden purkautumiseen ja sen luomaan poikkeukselliseen kasvuympäristöön, missä ravinteista lähinnä korkea kalsiumpitoisuus (ja samalla korkea pH) näyttää vaikuttavan vaateliaan lajiston esiintymiseen. Yksittäisen ympäristötekijän (tässä tapauksessa typpi) vaikutuksia on vaikea arvioida, koska yleensä kasvillisuus määräytyy useiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta.

6.4.3 Raakavedestä aiheutuvat mikrobiriskit

VIVA –tutkimushankkeen tulosten mukaan (Helmisaari ym. 1999) imeytysalueen maaperässä tapahtuvat muutokset (pH:n nousu, kosteuden kasvu ja mineraalitypen lisääntyminen sekä lämpötilan muutokset) vaikuttavat sekä maaperän mikrobistoon että alueen kasvistoon. Mikrobiologinen aktiviteetti kasvaa, samoin orgaanisen aineen hajotusnopeus. Samoin voidaan olettaa imeytysveden mukana tulevien mikrobien (myös haitallisten) suodattuvan ja hajoavan entistä tehokkaammin maan pintaosissa. Mikrobeja suodattuu vedestä myös sen kulkiessa harjun läpi.

Jokiveden esikäsittely hiekkapikasuodattimella poistaa jo 80...90 % koliformisista bakteereista (Suunnittelukeskus Oy 2002, Kytövaara, 2000). Koetulosten perusteella haitalliset bakteerit poistuvat imeytysprosessin aikana täydellisesti.

6.5 Toipumisprosessi sadetustaukojen aikana

Toiminnassa olevissa tekopohjavesilaitoksissa ja tehdyissä esikäsittely- ym. kokeissa on todettu esikäsittelemättömän raakaveden imeytysaltaita tukkeava vaikutus. Tukkeutumista aiheuttaa raakaveden sisältämä kiintoaine. Altaiden huollon yhteydessä on todettu, että kuivuessaan altaan pintaan kasaantuva hienoaaine muodostaa suurempia ”maara-keita” ja kuivumisrakoja. Ilmiön seurauksena on imeytystä voitu pienen lepotauon jälkeen jatkaa kauemmin ennen pintasuodatinhiekan puhdistusta tai vaihtoa. Sadetuskoh-teissa ei tukkeutumista ole todettu samassa määrin, ja tehdyissä kokeissa on tukkeutu-minen loppunut kokonaan, kun raakavesi on esikäsitelty pikasuodattamalla (Suunnitte-lukeskus Oy 1999).

Tutkimuksissa ja esikäsittelykokeissa kiintoaineksen on todettu pidättävän maahan hy-vin tehokkaasti. Kiintoaineen ja sen sisältämän humuksen käyttäytymisen teoriaa ei täy-sin tunneta. Mineraalisen kiintoaineksen pidätyminen noudattaa osittain samoja meka-nismeja, joita on todettu humuksen pidätyksessä maaperään. Yleisesti pidätyminen on sekä fysikaalista (sähköstaattinen vetovoima, London-Van der Waalsin voima, ve-tysidos ja hydrofobinen vetovoima) että kemiallista (pääosin ioninvaihto) (Juhna 2002).

Maaperään joutuessaan kiintoaine ei muodosta erillistä maaperän huokosia tukkivaa hienoaainesmassaa, vaan pyrkii kiinnittymään em. voimien vaikutuksista maassa jo ole-viin maarakeisiin muodostaen isompia yhteen kasaumia. Tämä pyrkimys korostuu maa-perän kuivuessa, jolloin orgaanisen kiintoaineen hajoaminen samalla kiihtyy.

Hienoaaineen kiinnittyminen suurempiin maarakeisiin imeytysvaiheessa, maaperän kui-vuminen sadetustaukojen (ns. toipumisjaksojen) aikana, ja kuivumisen seurauksena kiihtyvä humuksen hajoaminen aiheuttavat sen, ettei raakaveteen jäänyt kiintoaine tuk-keuta maan pintaosaa haitallisesti pitkälläkään aikajänteellä. Laskelmat, joissa tukkeu-tumista arvioidaan esim. vain keskimääräisen kiintoainekuorman ja maaperän huokoi-suuden perusteella, johtavat liian pessimistisiin arvioihin.

7 POHJAVEDEN LAADUN HUONONEMISEN ESTÄMINEN

7.1 Yleistä

Voidaan todeta, että suurin osa pohjaveden laadun heikentymiseen kohdistuvista riskitekijöistä on vedenottamon yläpuolella mahdollisesti tapahtuvia haitallisia veden laadun muutoksia. Olennaista on, että päästö kyetään havaitsemaan mahdollisimman aikaisin. Häiriötilanteessa tehtävät toimenpiteet käsittävät seuraavat toiminnot:

- Uhkaavan häiriön havaitseminen
- Tiedonsiirto Turun Seudun Vesi Oy:n organisaatiolle ja sen sisällä
- Häiriön torjuntatoimenpiteet vedenottamolla ja –käsittelyssä, varautuminen suunnittelussa prosessi- ja laiteteknisillä ratkaisuilla
- Vedenottoon liittyvän tiedonsiirron ja haittojen torjunnan kytkeminen alueen pelastustoimeen.

7.2 Häiriöiden havaitseminen

Raakaveden haitallisen laatumuutoksen havaitsemiseen ovat käytettävissä seuraavat keinot: jatkuvatoiminen automaattinen vedenlaatu seuranta, päästön aiheuttajan oma havainto, kansalaisen tekemä havainto, vesinäytteiden analysointi sekä bioindikaattorit.

7.2.1 Automaattinen vedenlaadun seuranta

Jokiveteen päässeiden haitta-aineiden havaitsemiseen voidaan käyttää pysyviä, jatkuvatoimisia veden laadun seuranta-asemia. Kyseeseen tulevia automaattisesti havaittavia muuttujia voivat olla esimerkiksi happamuus, johtokyky, sameus, happipitoisuus, redox-potentiaali ja vedenkorkeus. Todennäköisesti melko pienellä muuttujavalikoimalla suoritettava peruseuranta riittää, koska perusanalyysit indikoivat hyvin veden laadun muutoksia. Jos jokeen pääsee huomattavia määriä haitallisia aineita, niin johtavuus-, happamuus- tai sameusmittari todennäköisesti paljastavat päästön. Vedenlaatuasemasta on tietoliikenneyhteys vedenottamoon ja/tai esikäsittelylaitokseen, jossa vedenlaatumuuttujien arvoja seurataan reaaliaikaisesti. Lisäksi määritellään joen veden laatumuuttujille esikäsittelyn kapasiteetin perusteella raja-arvot (hälytysrajat). Vedenotto pysäytetään, kun pitoisuus ylittää jonkin muuttujan osalta raja-arvon.

7.2.2 Muut havainnointimahdollisuudet

Jätevesiviemäreistä ja teollisuudesta peräisin olevien poikkeavien päästöjen havaitsemis- ja ilmoitusvelvollisuus on toiminnanharjoittajilla. Voidaan katsoa, että toiminnanharjoittajalla on velvollisuus olla tietoinen omista päästöistään. Esimerkiksi kunnan viemärlaitoksen tulee olla selvillä jätevesipumppaamoidensa ylivuodoista esimerkiksi kaukovalvonnan välityksellä. Voidaan myös edellyttää normaaliin viemärlaitostointaan kuuluvana, että verkoston ylläpitäjä havaitsee kohtuullisen ajoissa vuodon tai esimerkiksi joen alitusviemäriin rikkoutumisen. Samalla tavoin teollisuuslaitosten ja muiden toimijoiden tulee havaita ja ilmoittaa poikkeavat päästönsä.

Havainnon voi tehdä myös jokivarren asukas tai muu yksityinen kansalainen. Aiheen ilmoituksen tekemiseen voi antaa esimerkiksi kuolleiden kalojen joukkoesiintyminen, vedessä oleva öljy, jokiveden vaahtoaminen tai muu poikkeama. Toimintaohjeista on

tarpeen tiedottaa lähikuntien asukkaille. Vapaaehtoiseen kansalaisaktiivisuuteen perustuva havainnointi on kuitenkin lähinnä tukevaa toimintaa vedenottamon ja kuormittajien suorittamalle varsinaiselle tarkkailulle.

Määräajoin tehtävät vesinäytteiden analyysit ylävirran puoleisesta joesta ovat yksi tarkkailun keino. Seurannan epäjatkuvuuden takia se ei juurikaan sovellu poikkeuksellisen päästön havaitsemiseen. Vesinäytteiden analyysillä voidaan kuitenkin huomata pitempiaikaiset, hitaasti tapahtuvat muutokset joen veden laadussa.

Vesinäytteisiin perustuva vedenlaatuseuranta toimii osana muuta häiriö- ja riskitekijöiden havainnointia. Tarkkailua tulisi voida tihentää ja sen analyysivalikoimaa laajentaa tarpeen mukaan, jos on havaintoja tai epäilyksiä haitta-aineiden pääsystä jokeen.

7.3 Tiedonkulun järjestäminen

Joen veden laadussa tapahtuvaa muutosta tai muuta vastaavaa häiriötä koskevan tiedon tulee kulkea Turun Seudun Vesi Oy:n käyttöhenkilöstölle mahdollisimman nopeasti ja varmasti. Tämä edellyttää sovittua ja vakioitua viestintämenettelyä eri tahojen välillä sekä myös organisaatioiden sisällä.

7.4 Torjunta- ja varautumistoimenpiteet

7.4.1 Vedenottamo

Vedenottokanava ja raakavesipumppaamo suunnitellaan siten, että teknisissä ratkaisuissa otetaan huomioon mm. seuraavat mahdolliset häiriötekijät:

- tulva-aallon tai ajo- tai ahtojäiden aiheuttama mekaaninen rasitus vedenottorakenteisiin
- levien kasvu
- hyydejään muodostuminen vedenottorakenteisiin
- kalojen hakeutuminen vedenottorakenteisiin
- joen vedenkorkeuden lasku tilapäisesti poikkeuksellisen alas esim. Kolsin voimalaitoksen huoltotilanteessa
- varautuminen alueen tulvimiseen

Laitoksen käytön aikana tulee varautua roskien, levien ja jääsupon puhdistamiseen ottamorakenteista. Yleissuunnitelman mukaisessa ratkaisussa päädyttiin vedenottokanavan rakentamiseen, millä voidaan parhaiten ehkäistä em. riskit.

7.4.2 Esikäsittely

Raakaveden esikäsittelyllä vedestä poistetaan lähinnä kiintoainetta (sameutta), levämassaa, humusta ja väriä. Lähtökohtana on, ettei esim. öljyn tai muiden kemikaalien saastuttamia vesiä päästetä esikäsittelylaitokseen.

Ensisijainen toimintatapa häiriötilanteen uhatessa on vedenoton keskeytys yläjuoksulta saadun informaation perusteella. Herkkyys vedenoton keskeyttämiseen tulee olla suuri. Siksi vedenoton keskeyttämiseen riittää jo epävarmakin havainto mahdollisesta päästöstä.

7.4.3 Tekopohjavesilaitos ja vedensiirtojärjestelmä

Raakavesilähteestä aiheutuviin riskeihin voidaan varautua vedensiirtojärjestelmässä luomalla valmiudet siirtolinjojen huuhteluun ja desinfiointiin, joita tarvitaan haitta-aineen päästessä putkistoon tarkkailusta huolimatta. Mikäli vedenotto Kokemäenjoesta joudutaan keskeyttämään esim. uhkaavan vedenlaatuhäiriön takia, tekopohjavesilaitoksen varastotilaa voidaan hyödyntää pumppaamalla sinne vettä varastoon ennen vedenoton keskeytystä. Odottamattomissa poikkeustilanteissa vedenoton keskeyttämiseen ei voida varautua ennakolta. Silloin pohjaveden pinta palautetaan yli- ja suojaimeytyksellä, kun häiriötilanne on ohi (ks. luku 2.2 suoja- ja yliimeytyksestä).

7.5 Liittyminen yleiseen pelastustoimeen

Kokemäenjoesta tapahtuvaa raakavedenottoa uhkaavien riskitekijöiden torjuminen liittyy monilta osin alueen kuntien pelastustoimeen. Pelastustoimen vastuulla ovat muiden muassa tulipalojen sammuttaminen, öljy- ja kemikaalivahinkojen torjunta ja näihin liittyvä ennalta ehkäisevä toiminta. Näillä toiminnoilla on yhteys Kokemäenjoen veden laatuun ja siten joesta tapahtuvaan vedenhankintaan. Pelastustoimen viestintäyhteyksiä voitaneen hyödyntää vedenoton riskitekijöiden torjunnassa.

IMEYTYSMENETELMIEN VERTAILU

Pitkäaikaista kokemukseen tai tutkimukseen perustuvaa tietoa sadetusimeytyksen ja allasimeytyksen eroista vedenlaadun kehittymisen kannalta ei ole. Kokemäenjoen vedellä tehtyjen käsittelykokeiden johtopäätöksenä oli, ettei allas- eikä sadetusimeytyksessä tapahtu merkittävää esim. humusaineiden reduktiota. Kokeissa todetut humuksen (COD_{Mn}) reduktiot olivat molemmissa imeytystavoissa samaa suuruusluokkaa, noin 8...15 % (Suunnittelukeskus 2002, Kytövaara 2000). Toisaalta ruotsissa tehdyssä kokeessa oli kokonaisorgaanisen hiilen (TOC) poistuma allasimeytyksessä, suotuisissa kesäolosuhteissa lähes 50 % (Frycklund 1995). Utin Kuivalan tekopohjavesilaitoksella on sadetusimeytysalueen välittömässä läheisyydessä olevassa havaintoputkessa todettu humuspitoisuutta kuvaavan permanganaattiluvun pienenevän noin 37 %. Allasimeytysalueen välittömässä läheisyydessä olevassa havaintoputkessa vastaava pienenevä oli noin 44 % (Mälkki 2002). Tämä viittaisi Kuivalan oloissa allasimeytyksen hieman tehokkaampaan humuspoistumaan sadetusimeytykseen verrattuna. Tulokset eivät kerro siitä, kuinka suuri osuus poistumasta on tapahtunut vajovesivyohykkeessä, sillä mukana on myös pohjavesikulkeuma, vaikkakin varsin lyhyt.

Tekopohjaveden tuotannossa merkittävin tekijä veden laadun muuttumisessa hyvälaatuiseksi talousvedeksi on pitkän viipymän kulkeutumisella (pohjavesivyohykkeen virtaus). Lyhyen viipymän kulkeutumisen (vajovesivyohyke) vaikutus on eri tutkimusten mukaan kuitenkin kohtalaisen suuri. Toisaalta on tuloksia, että vajovesivyohykkeen vaikutus on vähäisempi (ks myös luku 6.1). Mm. TEMU-tutkimuksen tuloksia esitelleessä seminaariluennossa todettiin, ettei humusta poistu sen paremmin sadetus- kuin allasimeytystäkään käytettäessä vajovesivyohykkeen kulkeutumisessa. Humuksen poistumisessa näyttäisi olevan keskeistä erityisesti humuksen pidentyminen pohjavesivyohykkeessä (Helmisaari ym. 2002). Tutkimuksissa mukana olleilla sadetusimeytystä ja allasimeytystä käyttävillä laitoksilla tuotetun tekopohjaveden laatu oli humuksen suhteen moitteetonta.

ERI ESIKÄSITTELYMENETELMILLÄ TUOTETUN TALOUSVEDEN LAADUN VERTAILU

Seuraavassa taulukossa on vertailtu Virttaankankaan luontaisen pohjaveden laatua arvioituun tuotettavaan tekopohjaveden laatuun sekä mekaanisesti että kemiallisesti esikäsitellystä raakavedestä tuotettuna. Taulukon laatuarviot perustuvat tehtyihin esikäsitteilykokeisiin (Suunnittelukeskus Oy 1999, 2002, Kytövaara 2000). Lisäksi on esitetty omassa sarakkeessa talousveden laatu ns. 'suora putki' -vaihtoehdossa. Tällä tarkoitetaan TSV:n toimeksiannosta tehtyä teknis-taloudellista selvitystä toiminnallisuudeltaan ja käyttövarmuudeltaan mahdollisimman vertailukelpoisesta vedenhankintajärjestelmästä, jolla voitaisiin korvata tekopohjavesivaihe suunnitellussa järjestelmässä ja jossa käytetään hyväksi Kokemäenjokea raakavesilähteenä (Maa ja Vesi Oy 2003).

Parametri	Yksikkö	Pohjaveden laatu	Tekopohjaveden laatu, esikäsitteily: mekaaninen (arvio)	Tekopohjaveden laatu, esikäsitteily: kemiallinen (arvio)	Talousveden laatu, kemiallinen vedenkäsittelylaitos ('suora putki'-vaihtoehto)
Lämpötila	°C	5 - 7	4 - 10	4 - 10	1- 20
Happi	mg/l	8 - 13,0	6 -10	7 - 12	7 -12
Koliformiset bakteerit	pmy/100 ml	0	0	0	0
Sameus	FTU	0,1 – 0,4	0,1 – 0,4	0,1 – 0,4	0,1 – 0,4
pH		8,0 – 9,0	7,5 – 8,5	7,5 – 8,5	8,0 – 8,3
Sähkönjohtavuus	µS/cm	75 -100	85 - 110	edellistä hieman suurempi	kuten edellä (kem. esikäsitteily)
Haju ja maku	aistinvar.	ei	ei	ei	ei
Alkaliniteetti	mmol/l	0,4 – 0,8	0,6 – 0,9	0,6 – 0,9	> 0,6 (saavutettavissa CO ₂ : n lisäyksellä)
Kloridi	mg/l	1,5 – 2,5	3 – 5	1,5– 10 kemikaalista riippuvainen	1,5– 10 kemikaalista riippuvainen
Väriluku	Pt mg/l	<5	5	5	5
COD _{Mn}	mg O ₂ /l	<0,5	1,0 – 1,8	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5
TOC	mg/l	<1	2,0 – 2,5	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5
kok. N	mg/l	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
NH ₄ -N	mg/l	<0,003	<0,003	<0,003	< 0,003
NO ₃ -N	mg/l	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
kok. P	mg/l	0,01 – 0,03	0,01 – 0,03	0,01 – 0,02	0,01 – 0,02
Fe	µg/l	<20	<20	<20	<50
Mn	µg/l	<10	<10	<10	<10
SO ₄	mg/l	5 - 8	8 - 12	5 – 45 kemikaalista riippuvainen	5 – 45 kemikaalista riippuvainen
CO ₂	mg/l	<1	3 - 8	<1 - 5	< 1

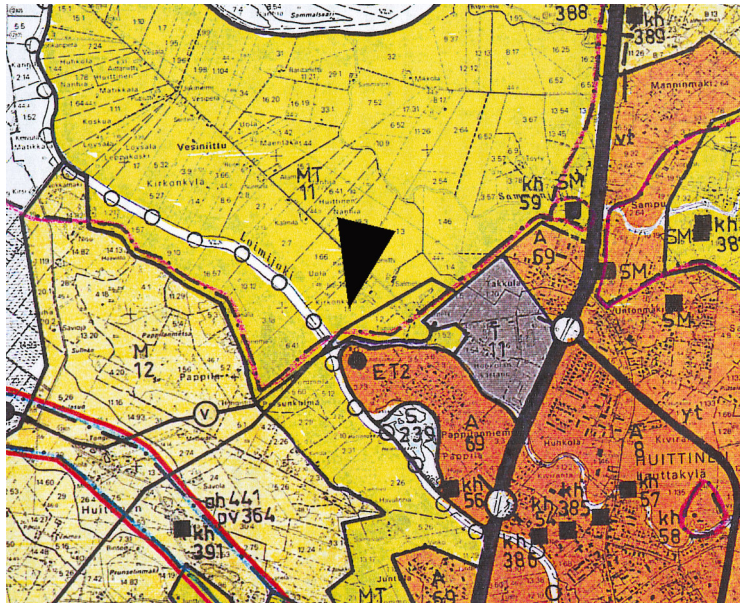
Parametri	Yksikkö	Pohjaveden laatu	Tekopohjaveden laatu, esikäsittely: mekaaninen (arvio)	Tekopohjaveden laatu, esikäsittely: kemiallinen (arvio)	Talousveden laatu, kemiallinen vedenkäsittelylaitos ('suora putki'-vaihtoehto)
Ca	mg/l	6 - 14	12 - 16	15 - 20	15 - 20
Raskasmetallit		alle talousveden laatuvaatimusten	alle talousveden laatuvaatimusten	alle talousveden laatuvaatimusten	alle talousveden laatuvaatimusten
PAH-yhdisteet		ei tod.	ei tod.	ei tod.	ei tod.
PCB		ei tod.	ei tod.	ei tod.	ei tod.
Pestisidit		ei tod.	ei tod.	ei tod.	ei tod.
Halogenoidut liuottimet		ei tod.	ei tod.	ei tod.	ei tod.
Mikrokystiinit		ei tod.	ei tod.	ei tod.	ei tod.
Haju ja maku		ei	ei	ei	ei
Trihalometaanit		ei ole	ei ole	ei ole	ei ole
Taudinaiheuttajat		ei ole	ei ole	ei ole	ei ole

Taulukon tarkastelussa tulee ottaa huomioon sen arvioluonteen lisäksi se, että tekopohjaveden laatu poikkeaa jonkin verran eri kaivoalueiden ja jopa yksittäisten kaivojen välillä. Vaihtelu johtuu hieman erilaisista viipymistä ja luontaisen pohjaveden ja imeytetyn veden sekoitussuhteesta.

10 HANKKEEN VAIKUTUS SUUNNITELTUUN MAANKÄYTTÖÖN

10.1 Satakunnan seutukaava

Raakaveden esikäsittelylaitos sijoittuu Satakunnan seutukaavan nro 5 (kuva 10/1) maa- ja metsätalousalueelle (MT) sekä kulttuurihistoriallisesti arvokkaalle osa-alueelle (kh).



KUVA10/1

Ote Satakunnan seutukaavasta nro 5. Esikäsittelylaitoksen sijainti osoitettu nuolella.

MT – Maa- ja metsätalousalue

”Merkinnällä on osoitettu alueita, jotka on tarkoitettu erityisesti maatalouden harjoittamiseen ja joiden pelto- tai muut alueet halutaan erityisesti suojata sellaisilta rakentamisen ja muun maankäytön aiheuttamilta pysyviltä muutoksilta, jotka vaikeuttavat maatalouden harjoittamista.”

Yleismääräykset: ”Maa- ja metsätalousalueilla (MT) muu kuin maa- ja metsätaloutta palveleva rakentaminen tulee sijoittaa siten, ettei yhtenäisiä peltoaluekokonaisuuksia pirstota tai muutoin heikennetä viljelyolosuhteita.”

kh – Kulttuurihistoriallisesti arvokas alue

Merkinnällä on osoitettu kulttuurihistoriallisesti arvokkaita ympäristöjä (alueita ja kohteita) maisemallisin, historiallinen sekä rakennushistoriallinen ja rakennustaiteellisin perustein.

Yleismääräykset: ”Kulttuurihistoriallisesti arvokkailla alueilla ja kohteissa (kh) tulee yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa ja rakentamisessa erityistä huomiota kiinnittää kulttuurihistoriallisen arvon säilyttämiseen.”

10.2 Arvio hankkeen suhteesta voimassaolevaan seutukaavaan

Raakaveden esikäsittelylaitos ei vaikeuta seutukaavan MT-alueen toteuttamista. Seutukaavan maa- ja metsätalousalueet osoittavat alueiden pääkäyttötarkoituksen ja voivat si-

sältää myös muuta maankäyttöä. Merkintään liittyvä yleismääräys edellyttää, ettei yhteisiä peltoaluekokonaisuuksia pirstota tai viljelyolosuhteita heikennetä. Esikäsittelylaitos on hankesuunnitelmassa sijoitettu Loimijoen ja Punkalaitumenjoen yhtymäkohdan läheisyyteen ja olemassa olevan tilakeskuksen tuntumaan, eikä tähän tarvittavalla alueella ole seutukaavan MT-varauksen kokonaisuuteen nähden maatalouden harjoittamisen kannalta merkittävää vaikutusta.

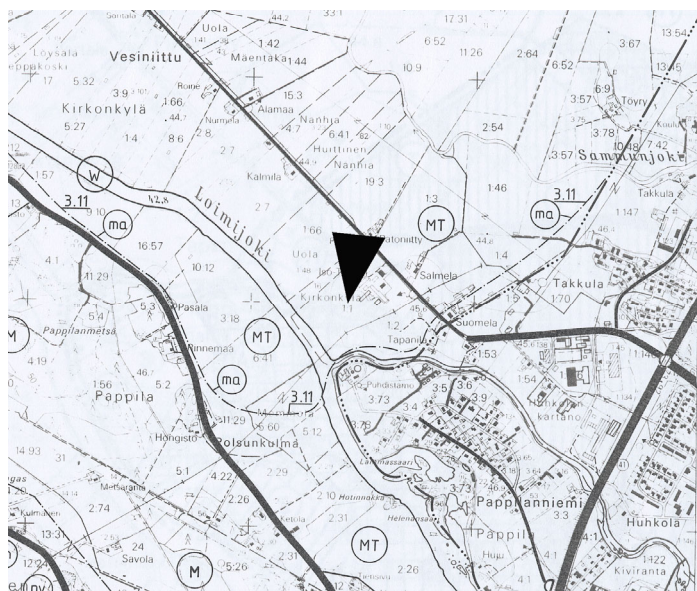
Esikäsittelylaitos ei vaikeuta merkittävästi seutukaavan kh-merkinnällä osoitetun kulttuurihistoriallisesti arvokkaan alueen toteuttamista. Merkinnällä on osoitettu Kokemäen-jokilaakson valtakunnallisesti merkittävä maisema-aluekokonaisuus. Hankkeen toteuttamisen maisemaa muuttava vaikutus on pienialainen, ja lisäksi laitosrakennus sijoittuu alueella olevan tilakeskuksen välittömään tuntumaan. Maiseman ja kulttuuriympäristön peruspiirteet eivät hankkeen toteuttamisen myötä muutu. Maisemallinen merkittävyys on kuitenkin riippuvainen hankkeen tarkemmasta toteutustavasta, kuten rakennuksen massoittelusta, materiaaleista ja väreistä sekä kasvillisuuden käytöstä, joiden maisemaan sopeuttamiseen kiinnitetään jatkosuunnittelussa erityistä huomiota.

10.3 Huittisten rantayleiskaava

Esikäsittelylaitos sijaitsee rantayleiskaava-alueen ulkopuolella.

10.4 Huittisten yleiskaava

Esikäsittelylaitos sijoittuu Huittisten yleiskaavan v. 2010 (kuva 10/2) maa- ja metsätalousalueelle (MT), sekä kulttuurihistoriallisesti merkittävälle maisema-alueelle (ma).



KUVA 10/2

Ote Huittisten yleiskaava 2010:sta. Esikäsittelylaitoksen sijainti osoitettu nuolella.

MT - Maa- ja metsätalousalue

”Maa- ja metsätalouskäyttöön tarkoitettu alue, jolla muuta kuin maa- ja metsätaloutta palvelevaa rakentamista tulee välttää. Muu kuin maa- ja metsätalousrakentaminen tulee sijoittaa siten, ettei yhtenäisiä peltoaluekokonaisuuksia pirstota tai muuten heikennetä viljelyolosuhteita.”

ma – Kulttuurihistoriallisesti arvokas maisema-alue

”Uudisrakentaminen ja muut toimenpiteet tulee kulttuurihistoriallisesti arvokkaalla maisema-alueella suunnitella ja toteuttaa niin, että ne sopeutuvat hyvin olemassa olevaan rakennuskantaan ja kulttuurimaisemaan. Ennen kulttuurihistoriallista ympäristöä merkittävästi muuttaviin toimenpiteisiin ryhtymistä tulee ottaa yhteys kunnan kaavaviranomaiseen ja museovirastoon tai maakuntamuseoon.”

10.5**Arvio hankkeen suhteesta voimassaolevaan yleiskaavaan**

Yleiskaavan MT –merkintä on tarkoitettu toteuttamaan seutukaavassa määriteltyä maa- ja metsätalousaluetta, ja ma –osa-aluemerkintä kulttuurihistoriallisesti merkittävää maisema-aluetta. Yleiskaavassa on suunniteltu maisema-alueen maankäyttö seutukaavaa yksityiskohtaisemmin. Yleiskaavassa ei ole voitu ottaa kantaa tekopohjavesihankkeen edellyttämiin aluevarauksiin.

Yleiskaavamääräyksellä pyritään ohjaamaan yksityiskohtaisempaa suunnittelua ja maankäyttöä siten, että maisema-alueella vältetään muuta kuin maa- ja metsätaloutta palvelevaa rakentamista jatkossakin. Muu kuin maa- ja metsätalousrakentaminen tulee sijoittaa siten, ettei yhtenäisiä peltoalueita pirstota tai heikennetä viljelyolosuhteita. Maisema-alueelle ovat leimaa-antavia laajat yhtenäiset peltovyöhykkeet, joiden säilyminen on turvattava maiseman luonteen säilymiseksi. Raakaveden esikäsittelylaitos liittyy välittömästi rakennettuun ympäristöön, tilakeskuskokonaisuuden tuntumaan, eikä sillä siten ole maisema-alueelle tyypillisiin laajoihin rakentamattomiin viljelyvyöhykkeisiin merkittävää vaikutusta. Esikäsittelylaitoksen vaatima tilavaraus on verraten pieni, joten se ei myöskään heikennä merkittävällä tavalla viljelyolosuhteita.

Yleiskaavassa suojeltavaan kulttuurimaisema-alueeseen liittyvissä määräyksissä edellytetään rakentamisen sopeutuvan olemassa olevaan rakennuskantaan ja kulttuurimaisemaan. Hanke on tältä osin yleiskaavan mukainen. Hankkeen sopeuttaminen perinteiseen rakennuskantaan ja maisemaan edellyttää maisemaan sopeuttavaa rakennussuunnittelua, jossa otetaan huomioon rakennuksen sijoituksen, massoittelemisen, materiaalien, värien ja kasvillisuuden ympäristöllinen merkitys. Punkalaitumenjoen vastarannalla olevan jätevedenpuhdistamon ja viereisen tilakeskuksen korkeammat rakennusmassat helpottavat verraten korkean esikäsittelylaitosrakennuksen sopeutumista ympäristöön. Hankkeen ei voi sanoa merkittävästi vaikeuttavan yleiskaavan toteuttamista, kun otetaan huomioon maisema-alueen suurimittakaavainen luonne ja hankkeen pienialaisuus sekä sijoituspaikka.

11 VAIKUTUKSET MAISEMAAN JA KULTTUURIYMPÄRISTÖÖN

11.1 Arviointimenetelmät

Suunnitelman vaikutuksia maisemaan ja kulttuuriympäristöön on arvioitu aiemmin tehtyjen selvitysten, maastokäyntien, kartta- ja ilmakuvatarkasteluiden sekä työn aikana laadittujen ilmakuvasovitteiden pohjalta.

11.2 Maiseman ja kulttuuriympäristön yleispiirteinen kuvaus

Raakavedenottamo ja esikäsittelylaitos sijoittuvat Kokemäki-laakson valtakunnallisesti arvokkaalle maisema-alueelle. Alue on edustavaa Ala-Satakunnan viljelyseudun laaja-piirteistä kulttuurimaisemaa. Maiseman peruselementtejä ovat jokilaakso ja sen rinteiden avarat ja polveilevat savitasangot, sekä siellä täällä maisemaa elävöittävät jyrkähköt kalliot tai metsän peittämät vuoret. Maiseman vaikuttavuus perustuu paitsi laajoihin, avariin viljelyksiin, myös niiden keskellä vaihtelevasti mutkittelevaan jokiuomaan. Asutuksella ja maataloudella on alueella erittäin pitkät perinteet. Asutus on perinteisesti sijoittunut viljelysten tuntumaan laakson ja selänteen väliselle vyöhykkeelle. Rakennukset ovat myös usein nauhamaisesti laaksossa kulkevan tien varressa. Raakavedenottamon alueen maisemassa alavalta savitasangolta kohoava kallioinen Ripovuori on huomiota herättävä maamerkki ja tärkeä näköalapaikka, joka tietyllä tavalla on viikinkiajalla ollut osa Satakuntaan rakennettua puolustusjärjestelmää (Ympäristöministeriö 1992).

11.3 Raakavedenottamon vaikutukset maisemaan

Raakavedenottamo sijoittuu laajaa avointa peltoaukeaa halkovan tien No. 12817 pohjoispuolelle, tien vartta nauhamaisesti seurailevan asutuksen ja Kokemäenjoen ylittävän Karhiniemen sillan penkereen tuntumaan (kuva 11/1). Ottokanava on pituudeltaan noin 20 m rannasta mitattuna. Maanpäälliset ottamorakenteet (betonikansi, luukut, ilmanvaihtokanavat jne.) nousevat nykyisestä maanpinnan tasosta noin 1,5...2 m. Ne sopeutetaan maisemaan loivilla luiskilla ja tarvittaessa sopivilla istutuksilla. Etäämmäksi rannasta, kuvassa 11/1 tien varressa näkyvän metsikön tuntumaan rakennetaan harjakorkeudeltaan noin 4,5 m korkea, noin 63 m²:n huoltorakennus.

Kulttuurimaisema muuttuu paikallisesti hankkeen toteuttamisen seurauksena. Vaikutusten merkittävyys riippuu toteutustavasta. Laajaan kulttuurimaisemakokonaisuuteen raakavedenottamon rakentamisella ei ole merkittäviä vaikutuksia, sillä raakavedenottamo tukeutuu olemassa olevaan asumisen vyöhykkeeseen ja puustoiseen Riponiemeen, eikä näin ollen pirsto avointa peltomaisemaa. Rakenteiden liittymistä ympäristöön voidaan edesauttaa harkitusti istutuksin sekä sopeuttamalla uudet rakennukset alueen olemassa olevaan rakennuskantaan (mittasuhteet, värit, kattokulma, materiaalit).

**KUVA 11/1**

Raakavedenottamo sijoittuu sillan penkereen kupeeseen, laajan peltoaukean reunaan tukeutuen tiehen, olemassa olevaan rakentamiseen ja kasvillisuuteen.

Joenselän ylityspaikka on tiellä liikkujan kannalta maisemallinen solmukohta. Tieltä on lännestä päin saavuttaessa esteetön näkymä raakavedenottamon alueelle. Idästä saavuttaessa raakavedenottokanava ja rakenteet jäävät osittain olemassa olevan kasvillisuuden taakse piiloon ja näkyvät tielle vasta aivan sillan kupeeseen saavuttaessa. Kanava ja pumppaamo muuttavat jonkin verran näkymiä läheisistä asuinrakennuksista sekä joenselän vastarannalla sijaitsevalta uimarannalta ja vähäisessä määrin läheisen Ripovuoren laen näköalapaikalta (kuva 11/2).

**KUVA 11/2**

Näkymä Ripovuorelta. Raakavedenottamon sijainti on merkitty keltaisella soikiolla. Rakenteet tulevat näkymään maisemassa jonkin verran, mutta vaikutus ei ole laajassa maisemakokonaisuudessa merkittävä. Vaikutuksia voidaan lieventää istutusten avulla.

Vedenottamoa ympäröivät istutukset tullaan liittämään olemassa olevaan joen rantavyöhykkeen kasvillisuuteen sekä muihin vedenottamon ympäristön istutuksiin. Istutuksissa käytetään nopeakasvuista, rantavyöhykkeeseen tai peltoalueen kasvillisuusaarekkeeseen sopivaa lajistoa (esim. pajut, koivut). Lehtipuut ja –pensaat voivat lisätä jonkin verran ottamon välppään kertyvän materiaalin määrää, mikä lisää puhdistamistarvetta. Istutuksissa voidaan tien läheisyydessä käyttää myös esim. kuusia ja mäntyjä pieninä ryhminä ja näin liittää istutettava vyöhyke viereisen asuinrakennuksen pihapiirin olemassa olevaan havupuuryhmään. Säännölliset kuusiaidat eivät sovi alueen maisemakuvaa. Istutusten väliin voidaan mahdollisuuksien mukaan jättää muutamia kapeita näkymäaukkoja, jotta näkymät tieltä pohjoiseen pitkin Kokemäenjoen uomaa eivät kokonaan peittyisi.

11.4 Esikäsittelylaitoksen vaikutukset maisemaan

Esikäsittelylaitos sijoittuu Huittisiin, avoimelle peltoaukealle lähelle kohtaa, jossa Pungalaitumenjoki yhtyy Loimijokeen. Maisemarakenteellisesti tarkasteltuna kyseessä on maisemallinen solmukohta, mutta maaston tasaisuudesta johtuen joet eivät kauempaa katsottuna erotu maisemakuvassa, eikä niiden liittymäalue erotu erityisenä maisemakohteena. Esikäsittelylaitoksen tontin koillispuolella on laajahko tilakeskus eri kokoisine asuin- ja talousrakennuksineen (kuva 11/3). Jokien liittymäkohdan eteläpuolella on Huittisten jätevedenpuhdistamo, johon liittyy melko kookkaita ja avoimessa maisemassa kauas erottuvia rakennuksia, kuten kuvan 11/3 oikeassa reunassa näkyvä rakennus. Muualta esikäsittelylaitoksen aluetta ympäröivät avoimet peltoaukeat, joten sinne aukeaa näkymiä monesta suunnasta ja laajalta alueelta. Taajamakuvallisesti ja -rakenteellisesti tarkasteltuna alue sijoittuu eräänlaisen taajama-alueen ja maaseudun välisen ”vaihtumisvyöhykkeen” reuna-alueelle; Lähiympäristössä, lähinnä tulevan esikäsittelylaitoksen itä- ja kaakkoispuolella on pientaloasutusta, pienteollisuus- ja tuotantorakennuksia sekä vanhoja tilakeskuksia. Länsipuoli taas on luonteeltaan maalaismaisemaa. Alueen kautta kulkee sähkölinja.

**KUVA 11/3**

Näkymä esikäsittelylaitoksen alueelle etelästä. Laitos sijoittuu kuvassa vasemmalla näkyvän tilakeskuksen edustalle, voimalinjan kannatinpylvään alueelle peittäen tilakeskuksen lähes kokonaan taakseen. Oikealla kuvassa näkyy nykyinen Huittisten kaupungin puhdistamon rakennus, joka on tulevaa esikäsittelylaitosta korkeampi. Joet eivät erotu tasaisen peltoalueen maisemakuvassa uomia reunustavaa pensaskasvillisuusvyöhykettä lukuun ottamatta.

Kulttuurimaisema muuttuu paikallisesti esikäsittelylaitoksen rakentamisen seurauksena. Laitosrakennus jää melko irralliseksi tilakeskuksen rakennuskannasta, sillä nykyisten suunnitelmien mukaan se sijoittuu lähes tilakeskuksen ja joen välisen peltoaukean puoliväliin (kuva 11/4). Laitokseen liittyy kuitenkin myös mm. tie- ja pysäköintijärjestelyihin liittyviä rakenteita sekä myös istutuksia, joiden avulla esikäsittelylaitoksen alueesta voidaan muodostaa ikään kuin tilakeskuksen rakennettua vyöhykettä jatkava, osittain rakennettu, osittain istutettu alue. Istutuksissa tullaan käyttämään alueella tyypillistä, perinteistä tilakeskusten pihapiirien tai metsäsaarekkeiden kasvillisuutta.

**KUVA 11/4**

Näkymä tulevan esikäsittelylaitoksen alueelle koillisesta. Laitos sijoittuu oikealla näkyvän kuivuri-rakennuksen ja vasemmalla näkyvän voimalinjan kannatinpylvään väliselle peltoalueelle.

Esikäsittelylaitoksen rakenteet, väritys, materiaalit, kattokulma sekä julkisivun jäsennys suunnitellaan siten, että laitos sopeutuisi mahdollisimman hyvin muuhun ympäröivään rakennuskantaan. Koska laitos liittyy olemassa olevaan tilakeskuksen alueeseen ja läheiseen jätevedenpuhdistamon alueeseen ei rakentamisella ole merkittäviä haitallisia vaikutuksia laajan maisemakokonaisuuden kannalta, vaikka rakennus tuleekin ympäröivän maiseman avoimuudesta johtuen näkymään laajalle alueelle ja vaikka sen mittasuhteet poikkeavat tilakeskusten rakennusten mittasuhteista. Etelästä katsottuna uusi rakennus peittää vanhan tilakeskuksen alueen suurelta osin taakseen. Esikäsittelylaitoksen etelä- ja lounaispuolet, Punkalaitumenjoen ja Loimijoen ranta-alueet jäävät rakentamisen ulkopuolelle, ja rantoja seuraileva osa peltoaukeasta säilyy avoimena (kuvat 11/5 ja 11/6).

**KUVA 11/5**

Ilmakuva idästä. Esikäsittelylaitoksen sijainti on merkitty kuvaan keltaisella katkoviivalla. Alueelle aukeaa näkymiä laajalta alueelta, sillä maasto on alavaa ja avointa.

**KUVA 11/6**

Kuvasovite, ilmakuva luoteesta. Kuvassa on karkeasti esitetty tulevan esikäsittelylaitoksen rakennuksen sijainti ja koko sekä mahdollinen tieyhteys alueelle. Rakennuksen arkkitehtoninen ilme, värit jne. suunnitellaan hankkeen jatkosuunnittelun yhteydessä. Esikäsittelylaitoksen alue voidaan istutusten avulla liittää osaksi tilakeskuksen rakennettua vyöhykettä. Jokien rantavyöhykkeet säilyvät avoimina.

12 PUTKILINJAN VAIKUTUKSET MAAN ROUTAANTUMISEEN JA MAATALOUTEEN

12.1 Routaantumisen estymisen mahdolliset vaikutukset maataloudelle

Vedensiirtolinjoista aiheutuvan peltojen routaantumisen estymisen vaikutuksia maataloudelle on kartoitettu mm. maanviljelijöiden sekä MTK:n edustajien tekemien kirjallisten huomaustusten johdosta. Lisäksi on haastateltu suullisesti MTK-Alastaron edustajaa Paavo Mäki-Mattilaa. Peltoalueiden routaantumisen estymisellä voi olla monenlaisia vaikutuksia:

- Maan jäätyminen talven aikana vaikeuttaa tuhohyönteisten, kuten etanoiden, kirvojen ja eräiden Suomessa vierasperäisten lajien elinmahdollisuuksia viljelymaassa. Keski-Euroopassa tuhohyönteisiä joudutaan tuhoamaan paljon suuremmassa mittakaavassa kuin Suomessa. Mikäli putkilinja aiheuttaa maan routaantumisen estymisen, tämä saattaa edesauttaa joidenkin tuholaishyönteisten leviämistä niillä pelloilla, joiden läpi linja kulkee.
- Syysvilja kylvetään maahan syksyllä ja sen kasvukausi alkaa aikaisin keväällä. Syysviljan jääminen routaantumattoman maan sisään lumipeitteen alle voi aiheuttaa syysviljalle ns. lumihomeen, joka estää viljelyn onnistumisen.
- Maan routaantumisen estyminen voi vaikeuttaa mm. metsäkoneiden käyttöä kevättalvella, mikäli metsään joudutaan kulkemaan pellon kautta.

12.2 TSV:n putkilinjan vaikutus maan routaantumiseen

Putkilinjan routaantumista estävän vaikutuksen arvioinnissa on käytetty Geokeskus Oy:n geoteknisiä asiantuntijoita, haastateltu maan johtavaa alan asiantuntijaa DI Harri Mäkelää ja tiedusteltu kokemuksia Espoon, Tampereen ja Tuusulan seudun vesilaitoksilta veden- ja jäteveden siirtolinjojen vaikutuksista maan routaantumiseen. Arvioinnissa on käytetty myös VTT:n ohjetta koskien matalaan asennettujen putkijohtojen routasuojauksista ja lämmöneristämistä, joiden tavoitteena on estää veden jäätyminen putkissa (Mäkelä 1982).

Maaperän routaantumiseen vaikuttavat mm. ilmasto, pohjaveden korkeusasema, maalaaji, maapintaa peittävän lumikerroksen paksuus sekä vuoden keskilämpötila. Kallioisessa maaperässä routa ulottuu syvälle ja savipohjaisessa maassa matalammalle. Lumipeite on hyvä eriste ja estää maan routaantumista. Lumipeitteen paksuus riippuu paitsi sademäärästä, myös lämpötilasta ja tuulisuudesta; tuulisella paikalla lumipeitteen paksuus vaihtelee runsaimmin. Lumipeitteen talleaminen taas vähentää lumipeitteen eristysvaikutusta ja edesauttaa routaantumista. Lounaissuomalaisilla pelloilla routasyvyys vaihtelee noin 30...100 cm:n (Mäkelä 1982). Maan lämpötila nousee syvemmälle maanpinnasta mentäessä. Riittävän syvälle mentäessä maan lämpötila on sama kuin vuoden keskilämpötila. TSV:n suunnitteleman siirtolinjan asennussyvyyksissä (1...2,20 m putken yläreunan yläpuolella) maan lämpötila maalajista ja maan kosteudesta riippuen on talvella noin 1 - 5 °C.

Maanalaisten vesiputkien jäätymisen estämiseksi on kehitetty erilaisia suojaus- ja eristysmenetelmiä sekä annettu suosituksia asennussyvyyksistä, jotka vaihtelevat eri puolilla Suomea (Mäkelä 1982). Lounais-Suomessa suositus asennussyvyydeksi lumen peit-

tämällä maalla on 1,7 metriä putken yläreunasta (lumesta vapaana olevalla kalliopohjaisella maalla suositus on 3,2 metriä). Suositukset koskevat kuitenkin lähinnä halkaisijaltaan pieniä putkia.

Maan alla risteilee erilaisia putkia ja siirtolinjoja. Mm. putkityypistä, asennustavasta ja putkessa virtaavan aineen lämpötilasta ja määrästä riippuu, mikä vaikutus sillä on maan routaantumiseen. Eniten maata lämmittävät mm. kaukolämpö- ja jätevesiputket, joissa virtaa lämmintä vettä. Myös sellaiset vesiputket, joiden ympärille on rakennettu lämmitävä järjestelmä (esim. lämmityskaapeli) lämmittävät suhteellisesti enemmän myös maaperää. TSV:n raakaveden ja tekopohjaveden siirtolinjat kuuluvat vähiten maata lämmittäviin putkiin, sillä putkissa virtavan veden lämpötila talviaikaan on 5...7 °C välillä Virttaa – Turku, ja 0,1...1 °C välillä Huittinen – Virttaa, eikä putken ympärillä ei ole lämmittävää taikka lämpöä eristävää järjestelmää.

Jotta putkilinjalla voisi olla oleellista vaikutusta routaantumisen estymiseen, tulisi putkessa virtaavan veden lämpötilan olla selvästi lämpimämpää kuin ympäröivä maa-aines. Näin ollen putkella ei ole routaantumista estävää vaikutusta, sillä korkeimmillaankaan, välillä Virttaa – Turku, veden keskimääräinen lämpötila ei ole korkeampi kuin maaperän keskimääräinen lämpötila asennussyvyydellä. Myös Espoon, Tampereen ja Tuusulan alueen vesilaitosten edustajille tehdyn kyselyn mukaan, vesilaitoksille ei ole tullut tietoon, että vesijohtoputket olisivat aiheuttaneet routaantumisen estymistä. Maanviljelijät eivät ole tehneet valituksia tai huomautuksia asiasta.

12.3 Putkilinjan vaikutus peltojen vesitalouteen

Putkilinjan vaikutus peltojen vesitalouteen on riippuvainen mm. pohjavedenpinnan tasosta, putken asennussyvyydestä ja -kaltevuudesta sekä maaperän laadusta ja kaltevuudesta. Maaperä putken yläpuolella kostuu mm. sadevesien kautta. Kun putki rakennetaan pohjaveden yläpuolelle, se voi vaikuttaa hieman pohjavesien kapilaari-ilmiöön putken kohdalla estämällä pohjaveden kulkeutumista ylempiin maakerroksiin.

Peltomaat ovat pääasiassa savi- ja multapohjaisia. Tällaisessa maaperässä pohjaveden virtaukset ovat olemattomat. Hiekka- tai moreenimaalla putkella voi olla vaikutuksia pohjaveden virtauksiin mikäli se asennetaan pohjavesipinnan alapuolelle. Jos putkea ympäröivä maakerros on hiekka- tai moreenipohjaista, se voi toimia ”salaojana” ime-mällä pohjavettä, jolloin virtaukset saattavat muuttua. Virtausten muuttuminen estetään esim. humusta poistu ns. savisuluilla.

Peltoalueilla salaojaputket on tavallisesti asennettu noin metrin syvyyteen. TSV:n siirtolinjan asennussyvyys on 1 m putken yläreunasta lukien. Putken rakennustyön suunnittelun yhteydessä putken kanssa risteävät salaojat on kartoitettu salaojakartoista, ja salaojien korjaus suunnitellaan suoritettavaksi putkien rakennustyön yhteydessä. Salaojien korjaussuunnitelmat on laatinut Farma Oy salaojakeskus.

12.4 Vaikutukset rakentamisvaiheessa

Putkien asennukseen liittyvät rakennustyöt estävät tilapäisesti maanviljelyn kyseisillä pelloilla. Lisäksi maan siirtäminen ja tähän liittyvä työkaluajoneuvojen ajoliikenne pelloilla, erityisesti maansiirtotyöt, tiivistävät maata. Noin 20 cm:n pintakerros pellossa on kaikkien arvokkainta maata, jossa on eniten ravinteita ja mm. kalkkia. Tämän kerroksen alla oleva maa on happamampaa ja vähemmän viljelykelpoista. Peltojen viljelykelpoisuuden

heikkeneminen pintamaan ja alempana olevien kerrosten sekoittumisen seurauksena estetään poistamalla arvokkain pintakerros putkilinjalta rakennustöiden ensimmäisessä vaiheessa. Maa palautetaan paikoilleen asennustöiden päätyttyä. Samoin tehdään jatkossa mahdollisten putken korjaus- ja huoltotoimenpiteiden yhteydessä.

Turun Seudun Vesi Oy on neuvotellut maanomistajien kanssa putkilinjan rakentamisesta näiden maille. Neuvottelujen tuloksena noin 95 %:n osalta koko putkilinjan pituudesta päästäneen sopimukseen.

TEKOPOHJAVESILAITOKSEN KÄYTTÖTARKASTELU

Tekopohjavesilaitoksen käytölle on ominaista, että sekä ympäristövaikutusten, laitoksen huollon ja käytön että veden laadun suhteen paras tulos saadaan tasaisella tuotannolla. Kokemukset suomalaisilla tekopohjavesilaitoksilla tukevat tätä tasaisesta tuotannosta esitettyä käsitystä. Tuotannon muutos - joko imeytettävän tai otettavan veden määrän, niiden keskinäisen suhteen tai niiden alueellisen jakauman suhteen – saa aikaan vaikutuksen, joka näkyy vedenpintojen, virtaamien, sekoitussuhteiden ja viipymien muuttumisena. Juuri nämä seikat määrittelevät laitoksen käytön ympäristövaikutukset ja tuotettavan veden laadun.

Poikkeamat toimintaa koskevan suunnitelman mukaisesta maksimikapasiteetista johtuvat mm. kapasiteettitarpeen vähittäisestä kasvamisesta ajan kuluessa ja erilaisista mahdollisista ongelmatilanteista. Kapasiteetin kasvattaminen ajan funktiona edellyttää hankkeen vaiheittaista toteuttamista. Vain sellaiset pysyvien rakenteiden kuten esim. raakavesi- ja tekopohjavesiputken mitoitus määritellään heti alussa lopullisesti, muilta osin laitos rakennetaan kapasiteettitarpeen mukaan vaiheittain ja osa-alueittain.

Poikkeamaan johtavia ongelmatilanteita voivat olla mm. raakavesiputken tai tekopohjavesiputken rikkoutuminen, joista ensin mainittu aiheuttaa imeytyksen keskeytymisen vedenoton mahdollisesti jatkuessa ja jälkimmäinen vedenoton keskeytyksen vastaavasti imeytyksen mahdollisesti jatkuessa. Muita ongelmia voivat olla laitosalueen sisäinen putkirikko tai raakavesilähteessä tapahtunut, äkillinen veden laatua uhkaava onnettomuus (ks. luku 2.2).

Etukäteen on vaikea arvioida mahdollisten poikkeustilanteiden aiheuttamaa joko imeytys- tai vedenottokapasiteetin täsmällistä muutostarvetta. Eri laitoksilla on olosuhteiden mukaisesti varauduttu tiettyihin poikkeustilanteisiin. Esimerkiksi imeytyskapasiteetin ja vedenottokapasiteetin välistä suhdetta ei liiaksi sitovina ole katsottu tarpeelliseksi sisällyttää laitosten lupaehtoihin. Normaalit kuukausi-, puolivuotis- tai vuosikeskiarvot on tähän asti katsottu riittäviksi. Virtaankankaan osalta on pohjavesimallilla tarkasteltu mm. poikkeustilannetta, jossa raakaveden imeytys on esim. putkirikon seurauksena keskeytyksissä viikon ajan. Vedenoton jatkuminen ei kuitenkaan näyttäisi tässä ajassa aiheuttavan merkittäviä muutoksia virtaamissa tai pohjavedenpinnan korkeustasoissa. Tällaisessa tilanteessa esim. lupamääräys, joka välittömästi kieltäisi vedenoton jatkamisen saattaisi johtaa jopa hetkellisesti suurempiin vaikutuksiin kuin vedenoton jatkaminen.

Edellä esitetyn perusteella on laitoksen käytön ja ympäristövaikutusten kannalta tarpeellista, että erilaisiin poikkeustilanteisiin voidaan reagoida tapauskohtaisesti, ilman että imeytys- ja vedenottokapasiteetteja sidotaan toisiinsa muutoin kuin edellä esitetyn kuukausi-, puolivuosi- jne. keskiarvoin.

LÄHDELUETTELO

- Blomberg, J. 1999. Konstgjord grundvattenbildning – avskiljning av organisk material i den omättade zonen.*
- Bollens, U. & Ramseier, D. 2001: Shifts in abundance of fen-meadow species along a nutrient gradient in a field experiment (Abstract). Bulletin of the Geobotanical Institute ETH 67: 57-71.
- Dillon, P. ja Pavelic, P. 1996: Guidelines on the Quality of Stormwater and Treated Wastewater for Injection into Aquifers for Storage and Reuse. Urban Water Research Association of Australia. Research Report No 109. 48 s. + liitteet. *
- Erävuori, L. 1998: Lettorikon (*Saxifraga hirculus* L.) ekologiasta, uhanalaisuudesta sekä ojituksen vaikutuksesta kasvupaikkoihin. Pro gradu -tutkielma. 40 s. Oulun yliopisto, Biologian laitos.
- Eurola, S., Huttunen, A. ja Kukko-oja, K. 1994: Suokasvillisuusopas. Oulanka Reports 13.
- Eurola, S., Huttunen, A. & Kukko-oja, K. 1995: Suokasvillisuusopas. Oulanka Reports 14/1995.
- Frycklund, C. 1995: Total organic carbon retention by filtersand in an infiltration pond for artificial groundwater recharge. Aqua Fennica, (25), 5-14.
- Hanson, G. 2000: Konstgjord grundvattenbildning – 100-årig teknik inom svensk dricksvattenförsörjning. VA-FORSK rapport 2000-05.
- Heikkilä, H. 1987: The vegetation and ecology of mesotrophic and eutrophic fens in western Finland. Ann. Bot. Fennici 24: 155 – 175.
- Helmisaari, H., Derome, J., Kitunen, V., Lindroos, A., Lumme, I., Monni, S., Nöjd, P., Paavolainen, L., Pesonen, E., Salemaa, M. ja Smolander, A. 1999: Veden imeytyksen vaikutukset metsämaahan ja kasvillisuuteen sekä vajo- ja pohjaveden laatuun. METLA tiedonantoja 721 91 s.*
- Helmisaari, H., Lindroos, A.-J., Derome, J., Hatva, T., Illmer, K., Miettinen, I., Pääkkönen, J., Reijonen, R. 2002: Tekopohjaveden muodostaminen-imeytystekniikka, maaperäprosessit ja veden laatu- TEMU-tutkimushanke. Turun Seudun tekopohjavesihanketta koskeva tutkimusseminaari. Turun seudun Vesi Oy:n julkaisu 1/2002, s. 36.
- Hofmann, T. & Schöttler, U. 1998: Microparticle facilitated transport of contaminants during artificial groundwater recharge. Teoksessa: Peters J.H. et al. (toim.) Proceedings of the Third International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater, TISAR98, Amsterdam, 21-25 September 1998, s. 205-210.*
- Huittisten kaupunki; Huittinen, rantayleiskaava
- Hyvärinen, V. 1984: Virtaamaolot Suomessa. Vesihallituksen monistesarja 1984:278.
- Hyvärinen, V. (toim.) 1996: Hydrologinen vuosikirja 1993. Suomen ympäristö 69.

Insinööritoimisto Paavo Ristolan lausunto. 14096 Huittisten kaupunki, Turun Seudun Vesi Oy:n vesilaitoslietteen käsittely Pappilanniemen jätevedenpuhdistamolla. 2001. 4s.

Juhna, T. 2002: Aspects of Drinking Water Supply in Areas of Humic Water. Doctoral Thesis. Luleå University of Technology, Department of Environmental Engineering. ISSN:1402-1544.

Jørgensen, C. 1999a: Migration and survival of bacteria during artificial recharge. Contribution for EU-project report "Artificial Recharge of Groundwater. 4 s.*

Jørgensen, C. 1999b: Removal of algae toxins during artificial recharge – Column and batch studies. Contribution for EU-project report "Artificial Recharge of Groundwater. 4 s.*

Jørgensen, C, Peters, J.H. ja Eschweiler, B. 1999: Removal of pathogens and monitoring of microbial changes during artificial recharge. Contribution for EU-project report "Artificial Recharge of Groundwater. 5 s.*

Kivimäki, A-L. 1992: Tekopohjavesilaitokset Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja –sarja A: 98. 148 s. Vesi- ja Ympäristöhallitus, Helsinki.

Kivimäki, A-L. ja Lahti, K. 1999: Eurooppalainen tekopohjavesi – yhteenvedo EU-projektin "Artificial Recharge of Groundwater" tuloksista. Suomen ympäristökeskus, ympäristökuormitusyksikkö ja tutkimuslaboratorio 26.5.1999.*

Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistys ry. 2001: Yhteenvedoraportti Karhiniemen tarkkailupisteen veden laadun intensiiviseurannasta.

Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistykseltä saatu kokooma-aineisto 2002: "Kokemäenjoen yhteistarkkailu Karhiniemen mittauspiste KOJO 06 1990-2002"

Kortelainen, N. 2001: Pohjaveden geokemialliset erityispiirteet ja hiiliisotooppikoostumuksen vaihtelut Virtaankankaan pohjavesimuodostumassa.

Kukkula, M., Maunula, L., Silvennoinen, E. ja v.Bonsdorff, C.-H. 1999: Outbreak of viral gastroenteritis due to drinking water contaminated by Norwalk-like viruses. Journal of Infectious Disease 180: 1771-1776.*

Kytövaara, A. 2000: Raakaveden esikäsittely ja tekopohjaveden muodostaminen; Harjavan kokeet. Diplomityö, Oulun yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Ympäristösuojelutekniikka, 114 s. + liitteet.*

Lahti, K., Vaitomaa, J., Kivimäki, A.-L. ja Sivonen, K. 1998: Fate of cyanobacterial hepatotoxins in artificial recharge of groundwater and in bank infiltration. Teoksessa: Peters J.H. et al. (toim.) Proceedings of the Third International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater, TISAR98, Amsterdam, 21-25 September 1998, s. 211-216.*

Lahti, K. 1999: Syanobakteerit ja vedenhankinta. Vesitalous No. 5. s. 25-31.

Lapinlampi, T. & Raassina, S. (toim.) 2002: Vesihuoltolaitokset 1998 – 2000. Vesilaitokset. –Suomen ympäristö 541.

Leboucher, G. & Patria, L. 2001: Report on drinking water residues.

Lindqvist, K. & Lallukka, H. 2002: Virttaankankaan maaperän mineralogiasta. – GTK/Turun Seudun Vesi Oy, raportti CM41.3/2002/17.

Maa ja Vesi Oy 1991: Virttaankankaan pohjaveden laatu. Koepumppausten yhteydessä otetut näytteet 1990-1991.

Maa ja Vesi Oy, SCC Viatic 2001: Turun Seudun Vesi Oy, Turun seudun tekopohjavesihankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Maa ja Vesi Oy 2003: Turun seudun tekopohjavesihanke, Suoraputki vaihtoehdon teknis-taloudellinen arvio. Esiselvitys. Julkaisematon.

Marttunen, M. ja Kaatra, K. (toim.) 1995: Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen alaosan tulvasuojelun vaikutusten arviointiselostus. VYH julkaisu A 201.

Mustonen, S. (toim.) 1986: Sovellettu hydrologia. –Vesiyhdistys r.y.

Mäkelä, H. 1982: Matalaan asennettujen putkijohtojen routasuojaus ja lämmöneristäminen, Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen Tiedotteita 113, Espoo 1982.

Mälkki, E. 2002: Fluoridin ja muutamien muiden vedenlaatuparametrien vaihtelu Utin tekopohjavesilaitoksen virtauskentässä, 1. Salpausselkä. Osaraportti VI. 64 s. Pääraportti: Utin tekopohjavesilaitosten fluoriditutkimukset ja selvitykset 1992 – 2001, 1. Salpausselkä. 44 s.

Määttä, J. 2000 – 2001: Suullisia tietoja käynnissä olevasta TEMU-tutkimuksesta. ("Tekopohjaveden muodostaminen: imeytystekniikka, maaperäprosessit ja veden laatu" (TEMU)).*

Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.) 2001: Suomen lajien uhanalaisuus 2000. –Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Reinikainen, A. 1980: Suoekosysteemi toimii. Julkaisussa: Ruuhijärvi, R. & Häyrinen, U (toim.), Suomen luonto 3. Suot: 211-261. Kirjayhtymä, Helsinki

Sandborg, M. 1993: Soranoton vaikutus pohjaveteen. Tutkimusraportti III. Vajovesitutkimukset. VYH Moniste 330.

Satakuntaliitto; Satakunnan seutukaava 5

Suomen ympäristökeskus, Suunnittelukeskus Oy 1998: Esiselvitys Kokemäenjoen ja Pyhäjärven käyttämisestä tekopohjaveden muodostamiseen Virttaankankaalla.

Sundlöf, B. & Kronqvist, L. 1992: Konstgjord grundvatten. Nulägesbeskrivning av tjugo svenska anläggningar. VAV VA-Forsk, Rapport nr 1992-13.

Suunnittelukeskus Oy 2002: Raakaveden esikäsittelykokeiden yhteenvetoraportti koikeista Kokemäenjoen vedellä Harjavallassa v. 2000-2001.

Suunnittelukeskus Oy 1999: Raportti Kokemäenjoen veden esikäsittelykokeista Karhin-
niemessä v. 1997- 1998.

Ukonmaanaho, L., Starr, M., Mannio, J., & Ruoho-Airola T. 2001: Heavy metal budgets for two headwater forested catchments in background areas in Finland. *Environmental Pollution* 114/1:63-73.

Van Duren, I. C. & Peggel, D. M. 2000: Nutrient limitations in wet, drained and rewetted fen meadows: Evaluation of method and results. *Plant and Soil* 220 (1-2): 35 – 47.

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2000: Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista., 37 s. + liitteet.

Vuorenmaa, J. 2001: Sadeveden laatu ja laskeuma Suomessa 1998. *Suomen ympäristö* 468.

Vuorinen, P. 2002: Pirkanmaan kalakuulumisia. –*Suomen Kalastuslehti* 8/2002.

Ympäristöministeriö, 1992: ”Arvokkaat maisema-alueet, Maisema-alue työryhmän mietintö II, Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, mietintö 66/1992.