

Tuomo Hatva, Juho Hyyppä, Jukka Ikkäheimo,
Heikki Penttinen ja Matti Sandborg

15 Soranoton vaikutus pohjaveteen

Raportti V: Soranotto ja pohjaveden suojeleminen



Tuomo Hatva, Juho Hyyppä, Jukka Ikäheimo,
Heikki Penttinen ja Matti Sandborg

Soranoton vaikutus pohjaveteen

Raportti V: Soranotto ja pohjaveden suojeleminen

Etukannen kuvat

Iso kuva: Soranotto vaikuttaa pohjaveteen. Nummensuon pohjavesialue Paimiossa.

Pieni kuva ylh. Maanpinnalle muodostunut maannos suojaa pohjavettä likaantumiselta.

Pieni kuva alh. Soranottoalueilla olevat suojaamattomat polttoainesäiliöt, maansiirtokoneet ja soranotto pohjaveden pinnan alapuolelta aiheuttavat likaantumisvaaran.

Takakannen kuva

Luonnontilaisella pohjavesialueella pohjavesi on parhaiten suojassa likaantumiselta ja pohjaveden happamoitumiselta. Mustikkamäen pohjavesialue Kajaanissa.

Kuvat:

Tuomo Hatva

Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus

Kustantaja

Painatuskeskus Oy

Painatus

Painatuskeskus Oy, Helsinki 1993

ISBN 951-37-1211-7 (kustantaja)

ISBN 951-47-7012-9 (julkaisija)

ISSN 0786-9606

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä
9.12.1993

Tekijä(t)
Tuomo Hatva, Juho Hyyppä ja Heikki Penttinen
Maa ja Vesi Oy: Jukka Ikäheimo ja Matti Sandborg

Toimielin (nimi, puheenjohtaja)
Johtoryhmä: Tuomo Hatva (pj.)

Julkaisun nimi
Soranoton vaikutus pohjaveteen
Raportti V: Soranotto ja pohjaveden suojeleminen

Julkaisun laji
Pohjaveden suojelelusuositukset

Toimeksiantaja
VYH, GTK, TieH

Toimielimen asettamis-
pvm
1.8.1983

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Tutkimusprojektiin tavoitteena oli saada perustietoa soranoton vaikutuksesta pohjaveteen pohjaveden suojelelusuositusten laatimista varten. Tutkimuksissa seurattiin vajoveden ja pohjaveden laadussa ja muodostumisolosuhteissa tapahtuvia muutoksia ja selvitettiin pohjaveden likaantumiseriskistä ja soranottoalueiden jälkihoitomahdollisuuksia. Soranotto lisää pohjaveden laadun ja pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelua sekä pohjaveden likaantumiseriskistä ja voi vaikeuttaa pohjavedenottamosta otettavan veden käsittelyä. Yleisperiaate on ohjata soranotto pois riskialtiilta vedenhankintaan tärkeiltä ja vedenhankintaan soveltuvilta pohjavesialueilta alueille, jotka ovat vedenhankinnan kannalta toisarvoisia. Soranotto pohjavesialueilta ja sitä koskevat käyttörajoitukset kuten ottoalueen paikan valinta, suojavyöhykkeet, suojakerroksien paksuudet sekä jälkihoito on suositeltu suunniteltavaksi ja toteutettavaksi vedenottamon suoja-alueen tai pohjavesialueen suojelelusuunnitelman vyöhykejaon mukaisesti. Soranoton vaikutusten selvittämiseksi suositellaan seurattavaksi sekä pohjaveden pinnan korkeutta että pohjaveden laatua. Erityisen tärkeää on, että ottoalueet jälkihoitetaan asianmukaisesti vaiheittain soranoton aikana ja sen päätyttyä. Vanhat ottoalueet suositellaan kunnostettaviksi. Kiviaines- ja pohjavesivarojen käyttöä tulisi ohjata ja sovittaa yhteen kiviaineshuolto-aluekohtaisten, kuntakohtaisten sekä pohjavesialuekohtaisten yleissuunnitelmien avulla. Hankekohtaisen soranottosuunnitelman tulisi olla pohjaveden suojelelutarpeesta riippuen erittäin vaativa, vaativa tai tavanomainen.

Asiasanat (avainsanat)

Pohjavesi, vajovesi, soranotto, pohjaveden suojeleminen, suojavyöhykkeet, suojakerrokset, jälkihoito, kunnostus, seurantaohjelmat, jälkikäyttö, suunnittelu

Muut tiedot

Tutkimukseen liittyvät tutkimusraportit I, II, III ja IV (VYH:n monistesarja) sekä Raportti VI: Pohjavesi ja soranotto (Tutkimusraportti 1/1993. Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto)

Sarjan nimi ja numero	ISBN	ISSN
Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja B 15	951-47-7012-9	0786-9606

Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Luottamuksellisuus
119	Suomi		Julkinen

Jakaja
Painatuskeskus Oy
PL 516, 00101 HELSINKI

Kustantaja
Painatuskeskus Oy
PL 516, 00101 HELSINKI

Utgivare

Vatten- och miljöstyrelsen

Utgivningsdatum

9.12.1993

Författare

Tuomo Hatva, Juho Hyyppä och Heikki Penttinen
Jord och Vatten Ab: Jukka Ikäheimo och Matti Sandborg

Organ (namn, ordförande)

Ledningsgrupp: Tuomo Hatva (ordf.)

Publikation

Inverkan av grustäkt på grundvattnet
Rapport V: Grustäkt och skyddet av grundvattnet

Typ av publikation

Skyddsrekommendationer
för grundvattnet

Uppdragsgivare

VMS, GFC, VägS

Datum för tillsättandet av organet

1.8.1983

Publikationens delar

Referat

Undersökningens mål var att erhålla grundläggande kunskap om inverkan av grustäkt på grundvattnet i syfte att uppgöra rekommendationer för skydd av grundvattnet. I undersökningarna kontrollerades förändringarna i sjunkvattnets och grundvattnets kvalitet och uppkomstförhållanden och grundvattnets föroreningsrisk och möjligheterna till slutbehandling av grustäktsområdena utreddes. Grustäkt ökar variationerna i grundvattnets kvalitet och vattennivå samt grundvattnets föroreningsrisk och kan försvåra behandlingen av vattnet som tas från grundvattentäkten. Den allmänna principen är att dirigera grustäkten från utsatta, för vattentäkt viktiga och lämpliga grundvattenområden till områden som ur vattentäktssynpunkt är av sekundär betydelse. En rekommendation ges att grustäkt från grundvattenområden samt de därmed förknippade begränsningarna såsom val av täktområde, skyddszonerna, de skyddande lagrens tjocklek samt eftervården planeras och genomförs enligt täktens skyddsområde eller enligt zonindelningen i skyddsplanen för grundvattenområdet. För utvärdering av grustäktens inverkan rekommenderas att både grundvattennivån och grundvattnets kvalitet kontrolleras. Särskilt viktigt är att täktområdena efteråt vårdas vederbörligen under grustäktens olika skeden och när den upphört. En rekommendation om restaurering av gamla täktområden ges. För att dirigera och koordinera användningen av stenmaterial och grundvattenresurser rekommenderas att generalplaner för försörjningsområdena för stenmaterial, för kommunerna och grundvattenområdena görs. En grustäktplan för ett visst område borde vara beroende på behovet av grundvattenskydd, mycket högklassig, högklassig eller vanlig.

Nyckelord

Grundvatten, sjunkvatten, grustäkt, grundvattenskydd, skydds-zoner, skyddslager, eftervård, restaurering, uppföljningsprogram, nyanvändning, planering

Övriga uppgifter

Till undersökningen hör forskningsrapporterna I, II, III och IV (VMS, Duplikatserien) samt Rapport VI: Grundvattnet och grustäkt (Forskningsrapport 1/1993. Miljöministeriet, planläggnings- och byggnadsavdelningen).

Seriens namn och nummer

Vatten- och miljöförvaltningens publikationer - serie B 15

ISBN

951-47-7012-9

ISSN

0786-9606

Sideantal

119

Språk

Finska

Pris

Sekretessgrad

Offentlig

Distribution

Tryckericentralen Ab
PB 516, 00101 HELSINGFORS

Förlag

Tryckericentralen Ab
PB 516, 00101 HELSINGFORS

Published by

The National Board of Waters and the Environment, Finland

Date of publication

9.12.1992

*Author(s)*Tuomo Hatva, Juho Hyyppä and Heikki Penttinen
Soil and Water Ltd: Jukka Ikäheimo and Matti Sandborg*Organ (name, chairman)*Management group: Tuomo Hatva
(chairman)*Title of publication*

Effect of gravel extraction on groundwater, Report V: Gravel extraction and groundwater protection

*Type of publication*Recommendations for the
protection of groundwater*Commissioned by*National Board of Waters and Environment
Geological Survey of Finland
Finnish National Road Administration*Date of assignment*

1.8.1983

Abstract

The purpose of the research project is to provide basic information on the effects of gravel extraction on groundwater in order to draw up recommendations for groundwater protection. Investigations were made to follow up the changes in the quality of seep water and groundwater and in the conditions in which they were formed. Also the groundwater pollution risk and feasibility of post-extraction management were studied. Gravel extraction increases the variation in groundwater quality and in the groundwater table. It also increases the pollution risk of groundwater and may cause difficulties in the treatment of the water abstracted from a groundwater intake. The general principle is to divert gravel extraction away from vulnerable areas that are considered important or suitable for water supply purposes to areas that are of secondary importance for water supply. It is recommended that gravel extraction in groundwater areas and restrictions on gravel extraction e.g. concerning the choice of extraction site, protection zones, thickness of protective layers and post-extraction management should be planned and implemented in accordance with the zoning of the water intake protection area or the zoning based on the protection plan made for the aquifers. In order to investigate the effects of gravel extraction it is recommended that groundwater table and groundwater quality be monitored. Appropriate post-extraction management in phases, during and after extraction has terminated, is of particular importance. It is recommended that old extraction sites be rehabilitated. The use of stone material and groundwater should be managed and reconciled in general plans made for stone material service areas, for municipalities and groundwater areas. For individual projects the gravel extraction plan should be "highly demanding", "demanding" or "conventional", depending on the need to protect the groundwater.

Keywords

Groundwater, aquifer, gravel extraction, groundwater protection, protection zones, protective layers, postextraction management, rehabilitation, monitoring programmes, planning, posterior use

Other information

Related research Report I, II., III, IV (Duplicates Series of NBWE) and Report VI: Groundwater and gravel extraction (Research Report 1/1993. Ministry of the Environment, Physical Planning and Building Department)

*Series (key title and no.)*Publications of the Water and Environment Administration -
series B 15*ISBN*

951-47-7012-9

ISSN

0786-9606

Pages

119

Language

Finnish

*Price**Confidentiality*

Public

*Distributed by*Painatuskeskus Oy
P.O. BOX 516, 00101 HELSINKI
FINLAND*Publisher*Painatuskeskus Oy
P.O. BOX 516, 00101 HELSINKI
FINLAND

Sisällys

ALKUSANAT	11
1 JOHDANTO	13
2 POHJAVEDEN SUOJELUMÄÄRÄYKSET, OHJEET JA VALVONTA	14
2.1 Yleistä	14
2.1.1 Maa-aineslaki	14
2.1.2 Rakennuslaki	15
2.1.3 Vesilaki	15
2.1.4 Muut säädökset	15
2.2 Pohjavesialueiden luokitus ja kaavamerkinntät	15
2.3 Suoja-alueet ja suojelusuunnitelmat	16
2.4 Talousveden laatuvaatimukset ja -tavoitteet	18
2.4.1 Terveydelliset laatuvaatimukset	18
2.4.2 Laatatavoitteet	18
2.4.3 Muut ohjeet ja suositukset	18
2.5 Maa-ainesten oton lupamenettely soranotossa	19
2.6 Viranomaisohjeet	19
2.7 Soranoton viranomaisvalvonta	19
2.7.1 Valvonta maa-ainelain mukaan	21
2.7.2 Valvonta vesilain mukaan	21
2.7.3 Valvonta ympäristölupamenettelylain mukaan	21
2.7.4 Ehdotus viranomaisvalvonnan järjestämiseksi kunnassa	21
3 POHJAVEDEN MUODOSTUMINEN JA ESIINTYMINEN	22
3.1 Pohjaveden muodostuminen	23
3.2 Maantieteellisen sijainnin ja esiintymän rakenteen vaikutus pohjaveden laatuun	24
4 SORANOTON VAIKUTUS POHJAVETEEN	26
4.1 Yleistä	26
4.2 Vajoveden laatu ja määrä	26
4.3 Pohjaveden määrä ja pinnankorkeus	28
4.3.1 Määrämuutokset	28
4.3.2 Pohjaveden pinnan korkeuden muutokset	30
4.4 Pohjaveden laatu soranottoalueella	31
4.4.1 Pohjaveden pinnan yläpuolinen soranotto	31

4.4.2	Pohjaveden pinnan alapuolinen soranotto	36
4.5	Pohjaveden laatumuutokset soranottoalueen ympäristössä	38
4.5.1	Pohjaveden pinnan yläpuolinen soranotto	38
4.5.2	Pohjaveden pinnan alapuolinen soranotto	40
5	POHJAVEDEN LIKAANTUMISRISKI SORANOTTOALUEILLA	42
5.1	Yleistä	42
5.2	Bakteerit ja virukset	42
5.3	Suolojen käyttö soranottoalueilla	43
5.4	Pesulietteen varastointi ja käyttö jälkihoidossa	43
5.5	Pintavesien kulkeutuminen pohjavesialueelle	46
5.6	Pohjaveden likaantumisariski soranottoalueilla	46
6	SORANOTON VAIKUTUKSET TALOUSVEDEN LAATUUN	49
6.1	Terveydelliset laatuvaatimukset	49
6.2	Veden laatuvaatimukset	49
6.3	Vesilaki	50
7	POHJAVEDEN SUOJELUTARVE	54
7.1	Yleistä	54
7.2	Nykytilanne	54
7.3	Suojelutavoitteet	55
8	POHJAVEDEN SUOJELUSUOSITUKSET	56
8.1	Soranottoalueiden valintaperusteet	56
8.2	Suojakerros	56
8.2.1	Suojakerroksen määrittämiseen vaikuttavat tekijät	56
8.2.2	Suojakerroksen määrittäminen	57
8.2.3	Suojavyöhykkeet ja suojakerroksen paksuus	59
8.2.4	Suojakerroksien ja -vyöhykkeiden tarve	61
8.2.5	Arvio suojakerroksen paksuuden vaikutuksista pohjaveteen	62
8.3	Soranottoalueiden jälkihoito	64
8.3.1	Yleistä	64
8.3.2	Jälkihoidettavat alueet	64
8.3.3	Jälkihoitotavat	64
8.3.3.1	Suojaverhoilu	64
8.3.3.2	Istutukset	68
8.3.3.3	Muotoilu	68
8.3.4	Jälkihoidon ajoitus	68
8.3.5	Jälkihoidon vaihteellisuus	68
8.3.6	Jälkihoidon vaatimustaso eri alueilla	69
8.4	Vanhojen soranottoalueiden kunnostus	69
8.4.1	Kunnostuksen tarve ja tavoitteet	69
8.4.2	Kunnostustavat	69
8.5	Soranottoalueiden jälkikäyttötavat	71

9	SORANOTON SUUNNITTELU	72
9.1	Yleistä	72
9.2	Alueelliset yleissuunnitelmat	72
9.2.1	Yleistä	72
9.2.2	Kiviaines- ja pohjavesivarojen alueellinen yleissuunnitelma	74
9.2.3	Kunnan yleissuunnitelma	74
9.3	Pohjavesialueen yleissuunnitelma	76
9.4	Ottamissuunnitelma	76
9.4.1	Yleistä	76
9.4.2	Suunnitelman tarve	76
9.4.3	Suunnitelman taso	76
9.4.4	Arvio soranoton vaikutuksista pohjaveteen	77
9.5	Seurantasuunnitelma	77
9.5.1	Yleistä	77
9.5.2	Seurantaohjelma	80
10	POHJAVEDEN SUOJELU SORANOTON AIKANA	81
10.1	Yleistä	81
10.2	Soranottovaiheet	81
10.2.1	Valmistavat työt	81
10.2.2	Soranotto pohjaveden pinnan yläpuolella	83
10.2.3	Soranotto pohjaveden pinnan alapuolelta	83
10.2.4	Soranoton ajoitus ja kesto	83
11	JATKOTUTKIMUKSET	85
12	YHTEENVETO	88
	KIRJALLISUUS	92
	Liite 1. Piirustusten ja taulukoiden merkinnät	94
	Liite 2-5. Tutkimusraporttien I, II, III ja IV kuvailulehdet	96
	Liite 6. Pohjavesialueiden luokittelu	100
	Liite 7. Talousveden terveydellisen laadun valvonta	102
	Liite 8. Soran pesussa syntyvän lietteen kemiallinen koostumus	104
	Liite 9. Soranottoalueiden käyttö soranoton jälkeen	106
	Liite 10. Pohjavesialueen hydrogeologiset tiedot	110
	Liite 11. Soranoton vaikutusten seuranta	112
	Liite 12. Soranottoon liittyvien toimintojen järjestäminen	115
	Liite 13. Veden laadun parantaminen	117
	Liite 14. Soranoton valvonta	119

ALKUSANAT

Vesi- ja ympäristöhallitus, Geologian tutkimuskeskus ja tiehallitus aloittivat vuonna 1983 yhteistyöprojektin, jonka tavoitteena oli selvittää soranoton vaikutuksia pohjaveteen. Projektin koordinoinnista on vastannut vesi- ja ympäristöhallitus.

Yhteistyöprojektin johtoryhmän puheenjohtajaksi valittiin hydrogeologi, fil.tri Tuomo Hatva ja jäseniksi dipl.ins. Tapani Suomela ja fil. kand. Heikki Penttinen vesi- ja ympäristöhallituksesta, fil.lis. Juho Hyyppä (1983-1988), fil. kand. Matti Taka (1985-1987), fil.tri Martti Salmi (1988-1992) ja fil.tri Jouko Niemelä (1988-1992) Geologian tutkimuskeskuksesta sekä dipl.ins. Erkki Matilainen (1983-1988) ja dipl.ins. Tuomo Kallionpää (1988-1992) tiehallituksesta.

Alueellisista tutkimuksista vastasivat fil. lis. Juho Hyyppä ja fil. kand. Heikki Penttinen, mikrobiologisista tutkimuksista fil. kand. Kimmo Kuusinen sekä vajovesitutkimuksista LuK Matti Sandborg. Projektin tutkijoina olivat fil.kand. Birgitta Backman (1984-1988) ja LuK Matti Sandborg (1983-1991). Lysimetrien suunnitteluun ja kenttätöihin osallistuivat Eero Visa Geologian tutkimuskeskuksesta ja vesinäytteiden ottoon Marianne Lehtiö.

Projektisihteereinä toimivat fil.kand. Birgitta Backman (1984-1988), fil.kand. Marianne Lehtiö (1988-1990) ja fil.kand. Anna-Liisa Kivimäki (1991-1992). Projektin konsultteina toimivat Maa ja Vesi Oy (1984-1992), Juho Hyyppä (1989-1992) ja Insinööritoimisto Erkki Matilainen Oy (1988-1991). Tutkimusaineiston käsittelyyn ovat osallistuneet projektisihteerit sekä fil.kand. Taina Nysten ja fil.kand. Kimmo Kauppila.

Vesinäytteiden ottoon ja analysointiin ovat osallistuneet projektin tutkijoiden lisäksi Helsingin, Keski-Suomen, Kokkolan, Oulun, Turun ja Vaasan vesi- ja ympäristöpiirit ja Geologian tutkimuskeskus. Vesinäytteet analysoitiin vesi- ja ympäristöpiirien sekä Geologian tutkimuskeskuksen toimesta.

Projektin rahoitukseen osallistuivat:

- vesi- ja ympäristöhallitus
- tiehallitus
- Geologian tutkimuskeskus
- Ympäristöministeriö
- Maj ja Tor Nesslingin säätiö
- Suomen Maarakentäjien Keskusliitto ry.
- Rakennusalan neuvottelukunta.

Tämä raportti on tehty tutkimusraporteissa II-IV esitettyjen tutkimustulosten perusteella. Raportti on tehty konsulttitoimeksiantona (Maa ja Vesi Oy, Juho Hyyppä ja Insinööritoimisto Erkki Matilainen Oy) sekä virkatyönä (vesi- ja ympäristöhallitus). Raportin laatimiseen ja tarkistamiseen ovat osallistuneet tutkimusraporttien II-III tekijät sekä johtoryhmän muut jäsenet vuonna 1992. Raportin kuvien suunnittelusta vastasivat Maa ja Vesi Oy sekä vesi- ja ympäristöhallitus. Kuvat piirsivät Pirjo Möttönen ja Oili Ahola vesi- ja ympäristöhallituksesta. Raportin viimeistely ja toimitustyö tehtiin vesi- ja ympäristöhallituksessa.

1 Johdanto

Pohjavesi on välivaihe veden suuressa kiertokulussa ilmakehästä maankamaraan kautta vesistöön. Se on maaperän huokokset ja kallio-
perän halkeamat yhtenäisesti täyttävää vettä, joka liikkuu painovoiman vaikutuksesta. Pohjavesi purkautuu pintavedeksi suoraan vesistöihin ja paikoin maanpinnalle lähteinä. Lähteitä ja niistä virtaavia lähdepuroja voidaan hyödyntää muun muassa kasteluun, kalanviljelyyn ja virkistykseen. Kasvit käyttävät lähellä maanpintaa olevaa pohjavettä.

Luonnontilainen pohjavesi on kylmää, raik-
kaan makuista ja hyvälaatuista. Näiden ominai-
suuksiensa vuoksi se täyttää juoma- ja talous-
vedelle asetetut laatuvaatimukset paremmin kuin
pintavesi. Pohjaveden käsittelytarve ja terveydelliset laaturiskit ovat pienet sekä suojaamis-
mahdollisuudet likaantumista vastaan hyvät. Pohjavesi on useimmiten parempi vedenhan-
kinnan vaihtoehto kuin pintavesi.

Pohjaveden käyttö on lisääntynyt tasaisesti viimeisten 30 vuoden aikana. Vesilaitosten kuluttajille toimittamasta talousvedestä on tällä hetkellä yli puolet pohja- ja tekopohjavettä. Pohja- ja tekopohjaveden osuuden on arvioitu kasvavan vuoteen 2010 mennessä noin 70-75 %:iin. Tämän lisäksi haja-asutuksen ja loma-asutuksen vesihuolto perustuu lähes kokonaan pohjaveden käyttöön.

Pohjaveden hyvän laadun säilyttäminen edellyttää, että pohjavettä suojellaan. Pohjavesi-
alueilla on usein toimintoja, jotka voivat liata pohjavettä. Likaantumiseriski kasvaa, kun pohja-
vesialueilta otetaan hiekkaa ja soraa.

Tietämys soranoton vaikutuksista pohjave-
teen on ollut puutteellista. Tiedon puute on
vaikeuttanut valvontaa ja hidastanut asioiden
käsittelyä. Näiden asioiden selvittämiseksi teh-
tiin vuosina 1984 - 1991 liitteissä 2 - 5 esitetyt
tutkimukset. Tutkimusten tuloksia on käsitelty
lyhyesti tämän raportin luvuissa 4 ja 5.

Tutkimusten tavoitteena oli ensin selvittää
soranoton vaikutuksia pohjaveden määrään ja
laatuun sekä pohjaveden likaantumiseriskiin ja
pohjavedenottamoilta otettavan talousveden
laatuun ja käsittelytarpeeseen. Tutkimusten toi-
nen päätavoite oli laatia tehtyjen selvitysten
perusteella pohjaveden suojelua koskevat suo-
situkset soranoton suunnittelutarpeesta, soran-
ottoapaikan valintaperusteista, suojakerrosten
paksuudesta ja soranotosta pohjaveden pinnan
alapuolelta, suojavyöhykkeistä, soranotto-
alueiden jälkihoidosta ja kunnostuksesta, poh-
javeden pinnan ja laadun seurannasta sekä poh-
javeden suojelusta soranoton aikana.

2 Pohjaveden suojelumääräykset, ohjeet ja valvonta

2.1 YLEISTÄ

Maa-ainesten ottamista säädelään maassamme lähinnä maa-aineslain perusteella. Sen lisäksi siihen sovelletaan monissa tapauksissa vesilain säädöksiä. Eräissä tapauksissa rakennuslaki korvaa maa-aineslain.

Maa-ainesten ottamiseen liittyy oheistointoja kuten asfalttiasemat. Niihin sovelletaan terveydenhoito- ja usein jätehuolto- ja öljyvahinkojen torjuntalainsäädännön säädöksiä.

Valtioneuvosto on tehnyt periaatepäätöksen vesien suojelun tavoiteohjelmasta vuoteen 1995. Periaatepäätös on viranomaisia sitova (Ympäristöministeriö 1988). Tähän sisältyy useita pohjaveden suojelua koskevia **tavoitteita**:

- Pohjavesien kartoitusta, tutkimusta ja valvontaa tehostetaan riittävien tietojen saamiseksi pohjavesiesiintymien sijainnista ja ominaisuuksista sekä niitä uhkaavista riskitekijöistä.
- Edistetään suoja-alus suunnitelmien laatimista pohjavedenottoamille. Pohjavesiasioiden hoitoon osallistuvien eri tahojen yhteistoimintaa kehitetään.
- Pohjavesialueet inventoidaan ja luokitellaan. Tärkeistä ja muista vedenhankintaan soveltuvista pohjavesialueista tehdään päätökset inventoinnin edistyessä.
- Pohjavesialueille laaditaan suojelusuo-

situkset, joilla turvataan veden laadun säilyminen moitteettomana ja pyritään ohjaamaan pohjavettä uhkaava toiminta pois tärkeitä ja vedenhankinnantaan soveltuvilta pohjavesialueilta.

2.1.1 Maa-aineslaki

Maa-aineslain mukaan maa-ainesten ottaminen on turpeen ottoa lukuunottamatta yleensä luvanvarainen toimenpide. Lupaa ei tarvita muun muassa kotitarveottoon eikä esimerkiksi rakentamisen yhteydessä irroitettujen aineiden ottoon ja hyväksikäyttöön, kun toimenpide perustuu viranomaisen antamaan lupaan tai hyväksymään suunnitelmaan. Tämä on varsin tavantomaista esimerkiksi tienrakentamisessa.

Maa-aineslain mukaan maa-aineksia ei saa ottaa niin, että siitä aiheutuu kauniin maisemakuvan turmeltumista, luonnon merkittävien kauneusarvojen tai erikoisten luonnonesiintymien tuhoutumista taikka huomattavia tai laajalle ulottuvia vahingollisia muutoksia luonnonolosuhteissa. Maa-aineslain perusteluissa on kiinnitetty erityistä huomiota pohjavesien suojeleluun.

Maa-aineslain mukaista lupamenettelyä ja sen yhteydessä pyydettyjä lausuntoja on käsitelty luvussa 2.5.

2.1.2 Rakennuslaki

Rakennuslaissa (§ 124a) on säädetty asema-, rakennus- ja rantakaava-alueille samanlainen maa-ainesten ottamista koskeva lupamenettely kuin maa-aineslaissa. Se voidaan eräissä tapauksissa saattaa koskemaan myös yleiskaava-alueita.

2.1.3 Vesilaki

Vesilaissa on tiukat pohjavesien suojelusäädökset. Lain 1 lukuun sisältyviä niin sanottuja yleiskieltoja tiukennettiin entisestään vesilain muutoksessa vuonna 1987.

Pohjaveden muuttamiskielto (VL 1:18:1) tarkoittaa sitä, että ilman vesioikeuden lupaa ei saa ryhtyä toimenpiteeseen, josta voi aiheutua esimerkiksi jonkin pohjavettä ottavan laitoksen vedensaannin vaikeutuminen, tärkeän tai muun vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesialueen antoisuuden olennainen väheneminen tai sen hyväksikäyttömahdollisuuden muu huonontuminen taikka toisen kiinteistöllä talousveden saannin vaikeutuminen.

Vesilaissa on tiukat säädökset siitä, millä edellytyksillä vesioikeus voi tällaisen luvan myöntää. Lupa voidaan myöntää, jos saatu hyöty on siitä johtuvaa vahinkoa, haittaa ja muuta edunmenetystä huomattavasti suurempi, tai jos yleinen tarve siihen ryhtymistä vaatii.

Lupaa 1 momentissa mainittuun toimenpiteeseen älköön myönnettävä, jos toimenpiteestä aiheutuisi asutus- tai elinkeino-oloja huonontava veden saannin estyminen tai vaikeutuminen laajalla alueella taikka muu yleiseltä kannalta huomattava vahingollinen muutos ympäristön oloissa eikä muutoksen vaikutuksia toimenpiteen yhteydessä suoritettavain järjestelyin voida estää (VL 9:8).

Pohjaveden pilaamiskielto (VL 1:22:1) kieltää toimenpiteet, joista voi aiheutua:

- tärkeällä tai muulla vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden muuttuminen terveydelle vaaralliseksi tai sen laadun muu olennainen huonontuminen tai
- tällaisten alueiden ulkopuolellakin pohjaveden muuttuminen toisen kiinteistöllä ter-

veydelle vaaralliseksi tai kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä muutoin voitaisiin käyttää tai

- muu yksityisen tai yleisen edun loukkaus.

Pilaamiskielto on ehdoton, eikä vesioikeus voi myöntää lupaa siitä poikkeamiseen. Pilaamiskieltoa sovelletaan tapauksiin, joissa pohjaveden laatu huononee oleellisesti. Muuttamiskielto koskee ensisijaisesti pohjaveden saantimahdollisuuksien heikentämistä.

2.1.4 Muut säädökset

Terveydenhoitolain ja -asetuksen mukaan asfalttiaseman ja kivenmurskaamon tai -louhimon perustamiseen tarvitaan terveyslautakunnan lupa. Lähiaikoina lainsäädäntö muuttuu siten, että tämä lupa sisältyy osana ympäristölupaan, jonka myöntää kunnan ympäristölupaviranomainen.

Soranotossa, asfalttiaseman toiminnan yhteydessä ynnä muussa sellaisessa syntyviin jäteteisiin ja roskiin sovelletaan jätehuoltolainsäädännön määräyksiä. Palavien nesteiden varastoinnissa ja käsittelyssä on otettava huomioon muun muassa öljyvahinkojen torjuntaa koskevat säädökset. Lisäksi vesilaki antaa mahdollisuuden perustaa vedenottamon ympärille suoja-alueet, joihin kohdistuvaa toimintaa voidaan rajoittaa suoja-alueääräyksillä (katso luku 2.3).

2.2 POHJAVESIALUEIDEN LUOKITUS JA KAAVAMERKINNÄT

Maamme pohjavesivaroista noin puolet sijaitsee 1970- ja 1980-luvuilla kartoitetuilla yhdyskuntien vedenhankintaa varten tärkeillä pohjavesialueilla (Vesihallitus 1983). Yhdyskuntien, haja-asutuksen ja kriisiajan vedenhankinnan sekä maankäytön suunnittelu edellyttää, että myös muut pohjavesivarat tunnetaan hyvin. Pohjavesialueiden kartoitustyötä on täydennetty vuosina 1988 - 1993 vesi- ja ympäristöhallinnon toimesta. Uusi kartoitus antaa perusteet pohjavesivarojen käytön suunnittelulle, tutkimuksille ja suojelutoimenpiteille.

Kartoitus on kohdistettu sellaisiin muodostumiin, joista vettä on mahdollista saada hyötykäyttöön. Tavoitteena on pohjavesialueiden sijainnin lisäksi selvittää niiden maaperä- ja pohjavesiolosuhteita sekä pohjaveden laatua ja sitä uhkaavia vaaratekijöitä. Pohjavesialueet luokitellaan käyttökelpoisuutensa ja suojelutarpeensa mukaan seuraavasti (Britschgi ym. 1991):

- I Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue
- II Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue
- III Muu pohjavesialue.

Uuden luokituksen mukaan vedenhankintaa varten tärkeät pohjavesialueet ovat alueita, joiden pohjavettä käytetään tai tullaan käyttämään liittyjä määrältään vähintään 10 asuinhuoneiston vesilähteenä. Vedenhankinnalle tärkeiden pohjavesialueiden määrä kasvaa tällöin aikaisempaan tilanteeseen verrattuna. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki vedenhankintaa varten tärkeän ja vedenhankintaan soveltuvan pohjavesialueen rajausperusteista ja pohjavesialueen kaava-merkinnöistä. Luokituksen perusteet on esitetty liitteessä 6.

Kaavoissa pohjavesialueet merkitään osaluemerkinnöillä pv1, pv2 ja pv3. Pohjavedenottamo merkitään aluevarausmerkinnällä ET/pv. Pohjavedenottamon suoja-alueella osaluemerkintä pv/s merkitään aluevarausmerkinnän jälkeen esimerkiksi A/pvs (Ympäristöministeriö 1992, kuva 1).

2.3 SUOJA-ALUEET JA SUOJELUSUUNNITELMAT

Vesioikeudellinen suoja-alue voidaan määrätä pohjavedenottamon ympärille terveydellisistä syistä tai pohjaveden puhtauden säilyttämiseksi (VL 9:20). Suoja-alueella ei saa ilman vesioikeuden lupaa pitää asuin- tai muuta vakituksena oleskelupaikkana olevaa rakennusta tai sellaista varastoa, säiliötä, johtoa, viemäriä tai laitosta, mistä likaa tai muuta vettä laatuun vaikuttavaa ainetta voi päästä pohjaveteen. Suoja-alueella ei saa suorittaa sellaista toimintaa, joka vahingollisella tavalla voi huonontaa

ottamosta saatavan veden laatua.

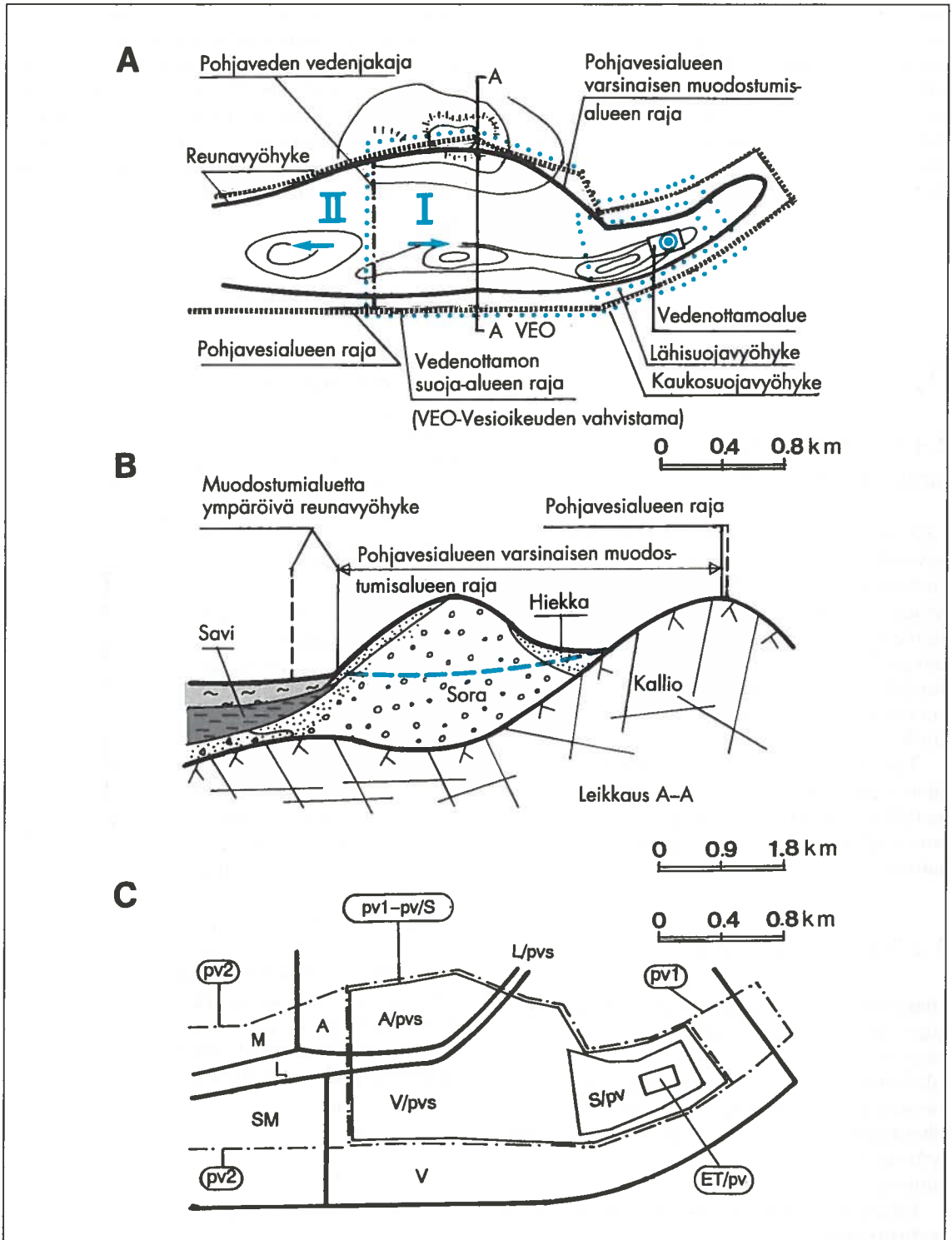
Suoja-alue määräykseen voi sisällyttää myös soranottoa koskevia kieltoja tai rajoituksia, joita suoja-alueella on noudatettava. Suoja-alue (kuva 1 A) on usein jaettu vedenottamoalueeseen, lähisuoja- ja kaukosuojavyöhykkeeseen (Suomen kaupunkiliitto 1982).

Suoja-alue voidaan määrätä vain jo toimivan vedenottamon ympärille tai sen määräämistä voidaan hakea vesioikeudelta samalla, kun haetaan vedenottolupaa. Tämä seikka on rajoittanut sen käyttökelpoisuutta pohjavesialueen suojelussa. Kun vesilaki vuonna 1987 muutettiin ja muikin pohjavesien suojelua välillisesti koskeva lainsäädäntö on vähitellen kehittänyt varsin tehokkaaksi, on suoja-alueiden muodostamisen merkitys vähentynyt. Vedenottamoiden suoja-alue voidaan monessa tapauksessa korvata **pohjavesialueen suojelusuunnitelmalla** (Vesi- ja ympäristöhallitus 1991a).

Pohjavesialueen suojelusuunnitelman ja vesioikeuden vahvistaman suoja-alueen tavoitteet ovat samat. Suoja-alueenennettelyä voidaan soveltaa suojelusuunnitelmamenettelyn ohella. **Suojelusuunnitelmamenettely** poikkeaa suoja-alueenennettelystä seuraavissa olennaisissa kohdissa:

- Suojelusuunnitelma ei ole ottamokohtainen, vaan kattaa koko pohjavesialueen tai sen osan reunavyöhykkeeseen.
- Suojelusuunnitelmamenettelyä voidaan soveltaa kaikilla pohjavesialueilla, myös sellaisilla, joita ei ole otettu vedenhankintakäyttöön.
- Suojelusuunnitelma on sisällöltään kattavampi kuin vesioikeudellinen suoja-alue-suunnitelma.
- Suojelusuunnitelmaa ei toimiteta vesioikeuden vahvistettavaksi, vaan sitä käytetään ohjeena viranomaistoiminnassa kuten maankäytön suunnittelussa, vesilain mukaisessa pohjaveden muuttamis- ja pilaauskien valvonnassa, öljy- ja kemikaalivahinkojen torjunnassa, vesiensuojelua koskevia ennakoilmoituksia tarkastettaessa, jätehuollon suunnittelussa sekä terveydenhuoltolain ja maa-aineslain mukaisia lupia myönnettäessä.

Suojelusuunnitelmilla ei ole välittömiä tai sitovia juridisia seurausvaikutuksia eikä niiden



Kuva 1. Periaatepiirros vedenhankintaa varten tärkeiden (I = pv1) ja vedenhankintaan soveltuvien (II = pv2) pohjavesialueiden sekä pohjavedenottamon (ET/pv) ja sen suoja-alueen rajaamisesta (A ja B) sekä niitä koskevista kaavamerkinnöistä seutu- ja yleiskaavassa (C) (ympäristöministeriö 1992a). Merkitöjen selitykset on esitetty liitteessä 1.

laatimisesta tai soveltamisesta siten aiheudu korvausvastuuta vedenottajalle. Juridisia seurausvaikutuksia syntyy vasta sovellettaessa käytäntöön vesi-, maa-aines- ynnä muita lakeja suojelusuunnitelmassa esitettyjen näkökohtien mukaisesti, jolloin samalla ratkaistaan kuhunkin lakiin liittyvät mahdolliset korvaus- ja lunastuskysymykset.

2.4 TALOUSVEDEN LAATUVAATIMUKSET JA -TAVOITTEET

2.4.1 Terveydelliset laatuvaatimukset

Lääkintöhallitus on antanut ohjeet talousveden terveydellisestä laadusta ja sen valvonnasta (Lääkintöhallitus 1990). Terveydenhoitolaki edellyttää, ettei talousvedestä saa aiheutua sen käyttäjälle terveydellistä haittaa. Tällä perusteella lääkintöhallitus on antanut talousvedelle terveydelliset **laatuvaatimukset**, jotka ovat sitovia määräyksiä talousveden toimittajille, käyttäjille ja valvontaviranomaisille.

Talousvedessä ei saa olla mikrobeja tai sellaisia määriä kemiallisia aineita kuten raskasmetalleja, fluorideja tai typpiyhdisteitä, jotka voivat aiheuttaa vedenkäyttäjälle terveydellistä haittaa.

2.4.2 Laatuvaatimukset

Lääkintöhallituksen ohjeen mukaan talousveden tulee olla paitsi terveydelle vaaratonta, myös muuten käyttötarkoituksensa sopivaa. Veden tulisi olla kirkasta ja väritöntä. Siinä ei saisi olla vierasta hajua tai makua. Vesi ei myöskään saisi aiheuttaa merkittävää syöpymistä tai saostumien syntymistä vesijohdoissa tai vedenkäyttölaitteissa.

Lääkintöhallituksen ohjeen mukaan veden **laatuvaatimuksiin** perustuva käyttökelpoisuuden arviointi edellyttää usein kokonaistarkastelua useamman veden laatutekijän, vaikutusten laajuuden, raakaveden erityispiirteiden ja vedenkäsittelymenetelmän suhteen. Ohjeessa

on myös todettu, että monien aineiden tekniset ja esteettiset haittavaikutukset ilmenevät useimmiten alhaisemmissa pitoisuuksissa kuin mitä kyseisten aineiden terveydelle haitalliset pitoisuudet ovat. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi vesijohtoverkoston syövyttävyyttä lisäävät kloridi ja sulfaatti. Talousveden terveydelliset laatuvaatimukset ja laatuvaatimukset on esitetty liitteessä 7.

2.4.3 Muut ohjeet ja suositukset

Pohjaveden tavallisin tekninen haittavaikutus on sen **syövyttävyy**s. Vesilaitokset voivat asettaa vedelle lääkintöhallituksen laatuvaatimuita tiukempia tavoitearvoja mikäli se esimerkiksi korroosion estämisen kannalta on välttämätöntä. Erityisesti kiinteistöjen vesilaitteistoissa yleisesti käytettävä kuparimateriaali samoin kuin eräät teräsputket ovat alttiita muun muassa kloridin aiheuttamalle korroosiolle.

Suomen kaupunkiliiton käsityksen mukaan maassamme tulee vesilaitosten raakavetenä käytettävän pohjaveden kloridipitoisuuden selvitysrajana pitää enintään 25 mg/l erityisesti pohjavesien suojelun ja vesijohtoveden korrosiovaikutusten vuoksi (Suomen kaupunkiliitto 1991). Sulfaatille on esitetty tavoitearvoksi enintään 50 mg/l (Kauppila 1989). Vastaava tavoitearvo on lääkintöhallituksen esittämän laatuvaatimuksen mukaan kloridille enintään 100 mg/l ja EY:n ohjetason mukaan enintään 25 mg/l (Neuvoston direktiivi 80/778/ETY 1980).

Kansainvälinen vesijohtoverkoston korroosiota käsitellyt asiantuntijaryhmä (Hedberg ym. 1990) ja Suomen kuntaliitto (1993) ovat esittäneet, että metalliputkistoon, kuten kupariputkistoon johdettavassa vedessä bikarbonaattipitoisuuden suhde kloridi- ja sulfaattipitoisuuksien summaan täytyy olla yli 1,5 (kuva 24) eli:

$$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}} \geq 1,5 \frac{\text{mval/l}}{\text{mval/l}}$$

2.5 MAA-AINESTEN OTON LUPAMENETTELY SORANOTOSSA

Maa-ainesten ottaminen on maa-aineslain mukaan pääsääntöisesti luvanvaraista. Lupaa haettaessa on aineiden ottamisesta ja ympäristön hoitamisesta sekä, mikäli mahdollista, alueen myöhemmästä käytöstä esitettävä ottamissuunnitelma. Lupaviranomaisena on kunnanhallitus (kuva 2).

Mikäli hakijana on kunta, kuntainliitto tai valtio eikä hanke ole laajudeltaan ja vaikutuksiltaan vähäinen tai mikäli alueella on luonnonsuojelun kannalta valtakunnallista merkitystä tai milloin aineiden ottaminen vaikuttaa välittömästi toisen kunnan alueeseen, kunnanhallituksen myönteinen päätös on alistettava lääninhallituksen vahvistettavaksi.

Lupa myönnetään määräajaksi ja korkeintaan kymmeneksi vuodeksi kerrallaan. **Lupahakemuksesta** on pyydettävä lausuntoja seuraavasti:

- Vesi- ja ympäristöpiiriltä, jollei sitä ole pidettävä tarpeettomana. Tarpeettomana lausuntoa on pidettävä silloin, kun on ilmeistä, ettei hakemuksessa tarkoitettu aineiden ottaminen voi vaikuttaa haitallisesti pohja- tai pintaveteen (SisM 12.2.1982).
- Ympäristöministeriöltä, jos hakemuksen kohteena olevalla alueella on luonnonsuojelun kannalta valtakunnallista merkitystä (MAA 5 §).
- Seutukaavaliitolta, jos alueella on huomattavaa merkitystä seutukaavoituksen kannalta (MAA 5 §).

Hankkeen johdosta on ottamisalueen sisältävään kiinteistöön rajoittuvien kiinteistöjen omistajille tai haltijoille varattava tilaisuus tulla kuulluiksi, jollei ole ilmeistä ettei hakemus koske heidän etujaan.

2.6 VIRANOMAISOHJEET

Vesi- ja ympäristöpiirit antavat kunnanhallituksille soranottoon liittyviä lausuntoja. Jotta lausunnot annettaisiin yhtenäisin perustein, on

vesi- ja ympäristöhallitus antanut piireille niiden laatimista koskevia valvontaohjeita. Valvontaohjeet on laadittu voimassa olevien säädösten sekä käytettävissä olevien käytännön kokemusten ja tutkimustietojen perusteella. Niiden ensisijainen tarkoitus on pohjavesien suojelun ja valvonnan kehittäminen, ohjaus ja koordinointi. Valvonta ja suojele pyritään toisaalta hoitamaan siten, ettei soranottoa ja muuta maankäyttöä pohjavesialueilla vaikeuteta tarpeettomasti.

Soranottoa koskevassa **valvontaohjeessa** (Vesi- ja ympäristöhallitus 1991b) on annettu ohjeita muun muassa:

- vesi- ja ympäristöpiirin lausunnon ja vesioikeuskäsittelyn tarpeellisuudesta
- hakemusasiakirjoista ja lausunnoissa käsiteltävistä asioista
- suojakerrospaksuuksista ja jälkihoito- ja kunnostustoimenpiteistä sekä oton aikaisen pilaantumisen riskin poistamisesta
- luvan kestoajasta ja ottamisen ajoittamisesta ja vesioikeudellisista suoja-alueista
- maa-aineslain mukaisten lupapäätösten valvonnasta sekä maa-ainesten oton ja pohjavesien suojelun yhteensovittamisesta.

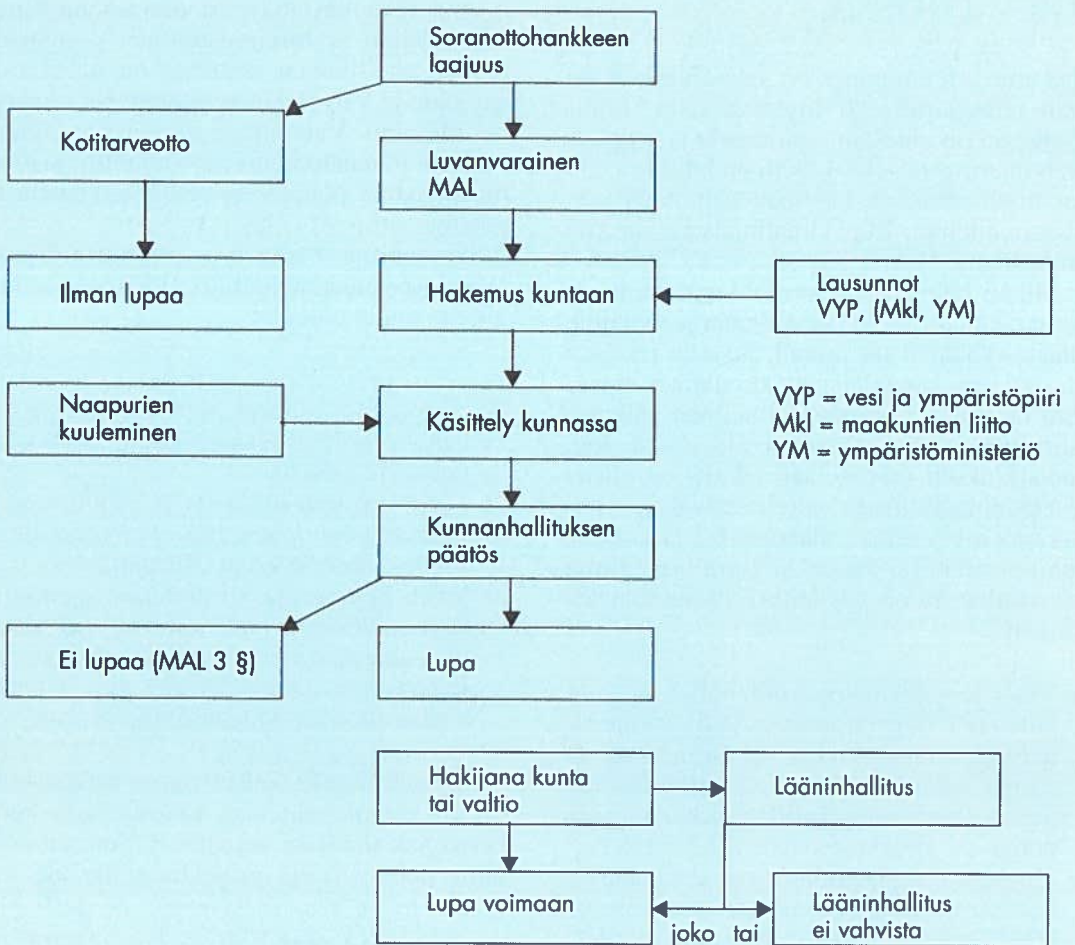
Ohjeen eräät keskeiset osat, erityisesti suositukset eri olosuhteissa vaadittavista suoja-kerrospaksuuksista, perustuvat "Soranoton vaikutus pohjaveteen" -projektin tuloksiin.

2.7 SORANOTON VIRANOMAISVALVONTA

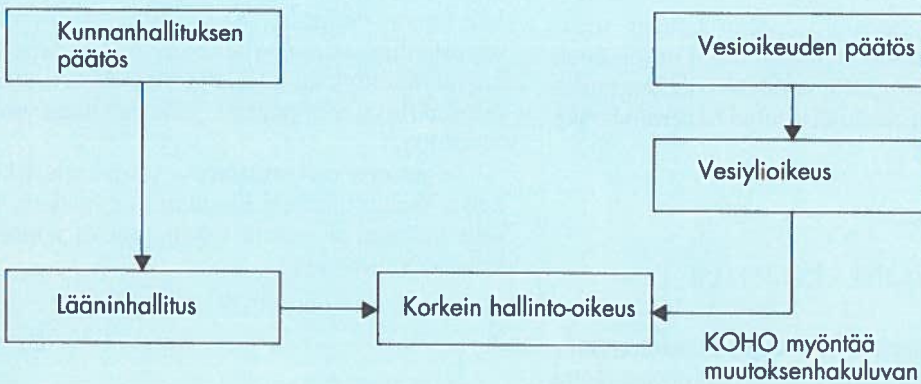
Maa-ainesten otto tarvitsee yleensä maa-aineslain mukaisen luvan. Koska toiminta tapahtuu usein pohjavesialueella, on myös vesilain mukaisia määräyksiä noudatettava. Usein soranottoon liittyy murskausta, jolle tarvitaan ympäristölupa.

Soranoton valvonta on nykyisin useissa kunnissa hajaantunut eri lautakuntien kesken, jolloin kukaan ei vastaa soranoton valvonnasta kokonaisuudessaan.

LUVAN HAKEMINEN MAA-AINESTEN OTTOON



MUUTOKSEN HAKU LUPAHAKEMUKSEEN



Kuva 2. Maa-ainesten otton lupamenettely.

2.7.1 Valvonta maa-aineslain mukaan

Maa-aineslain mukaisesti luvan maa-ainesten ottamiseen myöntää kunnanhallitus. Vuoden 1993 alusta tehtävä voidaan kunnassa antaa lautakunnalle. Hakijan ollessa 1) kunta, kuntainliitto tai valtio eikä hanke ole laajuudeltaan ja vaikutuksiltaan vähäinen, 2) tai jos alueella on luonnonsuojelun kannalta valtakunnallista merkitystä, 3) tai jos aineiden ottaminen vaikuttaa välittömästi toisen kunnan alueeseen, on kunnanhallituksen päätös alistettava lääninhallituksen vahvistettavaksi.

Maa-aineslain ja sen nojalla annettujen lupien valvonnasta ei laissa ole selkeää määräystä. Sen sijaan todetaan, että jos aineiden ottamiseen ryhdytään vastoin maa-aineslain säännöksiä tai määräyksiä taikka muutoin laiminlyödään niiden mukaisten velvollisuuksien täyttäminen, rakennuslautakunnan on velvoitettava asianomainen noudattamaan säännöksiä ja määräyksiä, poistamaan tai muuttamaan tehdyn työn vaikutukset taikka palauttamaan vallinnut olotila ja täyttämään velvollisuutensa sakon uhalla tai teettämisuhalla.

2.7.2 Valvonta vesilain mukaan

Vesilain ja sen nojalla annettujen määräysten noudattamisen yleinen valvonta kuuluu vesi- ja ympäristöhallitukselle ja vesi- ja ympäristöpiireille. Paikallisena valvontaviranomaisena toimii ympäristönsuojelulautakunta.

2.7.3 Valvonta ympäristölupamenettelylain mukaan

Murskausaseman ympäristöluvan antaa kunnan ympäristölupaviranomainen, joka myös

valvoo lain ja oman päätöksensä.

Lakien ja niiden säädösten lukumäärästä ja niihin sisältyvien menettelytapojen erilaisuudesta johtuen voi maa-ainesten ottoon liittyvä lupa- ja valvonta-asioiden hoito olla seuraava: maa-aineslain mukaisen hakemuksen käsittelee tekninen lautakunta, kunnanhallitus tekee päätöksen, jota valvoo rakennuslautakunta. Ympäristönsuojelulautakunnalta voidaan luvan valmisteluvaiheessa pyytää lausunto, mutta muutoin maa-aineslain mukaisia asioita se ei hoida. Sen sijaan sille kuuluu vesilain mukainen valvonta ja ympäristölupa-asiat ottoalueella.

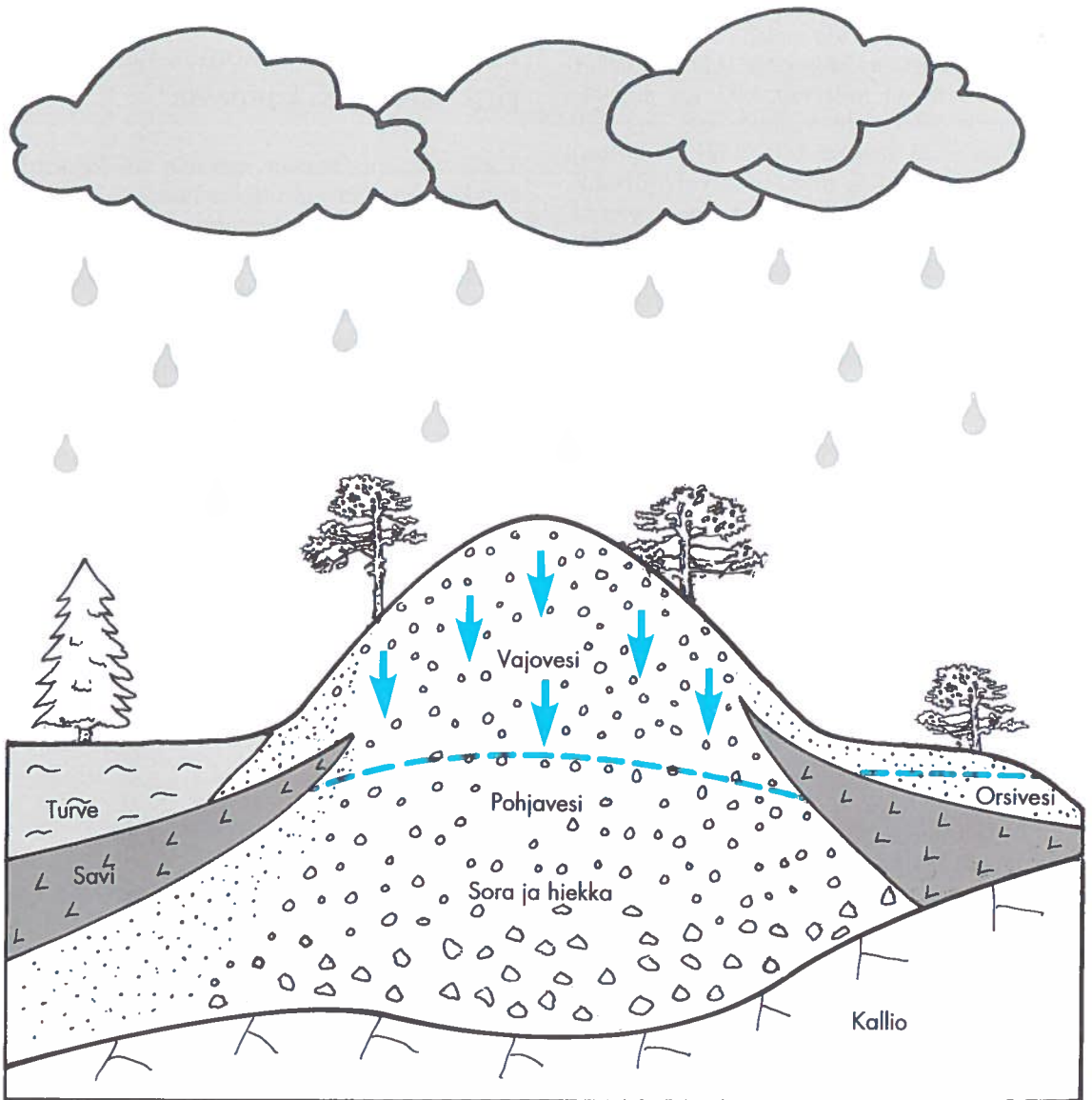
2.7.4 Ehdotus viranomaisvalvonnan järjestämiseksi kunnassa

Tarkoituksenmukaisin ratkaisu on keskittää kaikki maa-ainesten ottoon liittyvät asiat yhdelle kunnalliselle lautakunnalle. Tämän lautakunnan tehtäviin tulisi kuulua ainakin maa-aineslain mukaisen hakemuksen valmistelu, ellei päättäminenkin, maa-aineslain mukaisen luvan sekä vesilain noudattamisen valvonta että ottotoimintaan liittyvät ympäristölupa-asiat.

Näin valvontavastuu on kokonaisuudessaan yhdellä lautakunnalla. Tällöin maa-ainesten ottajan on helppoa ottaa yhteyttä ja neuvotella yhden kunnan valvojan kanssa.

Valvonta-asioita on tarkasteltu yksityiskohtaisesti liitteessä 14, jossa on esitetty, kuinka valvonta on suositeltavaa toteuttaa suuren maa-ainesten ottajan kuten tielaitoksen toimesta.

3 Pohjaveden muodostuminen ja esiintyminen



Kuva 3. Pohjaveden muodostuminen ja esiintyminen harjussa (harjun poikkileikkaus).

3.1 POHJAVEDEN MUODOSTUMINEN

Pohjavesi muodostuu maa- ja kallioperään vajonneista sade- ja sulamisvesistä. Pohjavesi täyttää yhtenäisesti maaperän huokostilan ja kallioperän halkeamat ja liikkuu painovoiman vaikutuksesta. Pohjavettä esiintyy kaikissa maalajeissa, mutta suuria pohjavesimääriä on saatavissa käyttöön vain karkearakeisista sora- ja hiekkaesiintymistä (kuva 3).

Sora ja hiekka ovat myös tärkeitä rakennusmateriaaleja, joista on puutetta eräillä alueilla, kuten pääkaupunkiseudulla, Lounais-Suomessa ja Pohjanmaalla. Soranoton haitalliset vaikutukset pohjaveteen ilmenevät todennäköisim-

min juuri näillä alueilla.

Sadeveden laatu muuttuu sen kohdatessa maan pinnan. Sadevesi on niukkasuolaista ja hapanta (taulukko 1). Sadevedelle on tyypillistä sen eri ominaisuuksien ajallinen ja paikallinen vaihtelu.

Luonnontilaisen maan pintaosaan muodostunut maannoskerros eli maannos (kuva 4) pidättää sadevedessä esiintyviä haitallisia aineita. Maannos pidentää myös veden ja mineraaliaineksen välistä reaktioaikaa.

Maannoksen pintaosassa kasvien ja eläinten jäännökset hajoavat ja niistä muodostuu humusta, joka on kasveille tärkeä ravinnon lähde. Osa hajoamistuotteista varastoituu maaperään kiinteässä muodossa karike- ja humuskerrokseksi, osa liukenee vajoveteen ja osa kaasuuntuu.

Taulukko 1. Sadeveden pitoisuusarvoja Kaakkois-Suomessa (Kotaniemi), Etelä-Suomessa (Sipoo), Keski-Suomessa (Laukaa), Länsi-Suomessa (Lestijärvi) ja Pohjois-Suomessa (Jaurakkajärvi) vuonna 1988 (Järvinen ja Vänni 1990).

Parametri yksikkö	pH	$\sqrt{25}$ mS/m	Na mg/l	Ca mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
Kotaniemi							
min	4,2	1,3	0,3	0,4	0,1	0,2	1,5
max	5,1	6,4	1,3	2,3	6,9	1,7	10,0
Md	4,5	3,3	0,5	0,9	2,5	0,5	3,9
Sipoo							
min	4,1	1,9	0,4	0,5	2,7	0,7	1,8
max	6,3	9,1	1,0	1,4	6,6	3,2	9,0
Md	4,5	3,8	0,6	0,7	2,1	1,1	4,8
Laukaa							
min	4,2	1,2	0,1	0,2	0,1	0,1	1,5
max	6,3	4,5	0,7	0,8	3,9	1,1	6,4
Md	4,7	2,1	0,3	0,4	1,3	0,4	3,0
Lestijärvi							
min	4,2	1,2	0,1	0,2	0,1	0,0	1,5
max	5,8	5,3	0,7	0,7	6,7	1,8	5,5
Md	4,7	2,2	0,2	0,3	2,2	0,3	2,7
Jaurakkajärvi							
min	4,2	0,9	0,2	0,1	0,7	0,2	0,6
max	5,2	3,9	0,9	1,0	4,1	1,3	5,8
Md	4,5	2,2	0,3	0,3	1,3	0,4	2,4

Maannoksen pintaosissa on suuri määrä mikrobeja ja maaeläimiä, joiden aineenvaihdunta vaikuttaa vajoveden koostumukseen.

Humuskerroksen alla olevaa mineraaliainesta rapautuu ja liukenee veteen. Osa liuenneista aineista kulkeutuu vajoveden mukana pohjaveeseen ja osa saostuu maannoksen rikastumiskerrokseen. Maannokseen varastoituu ilmakehästä ja mineraaliaineksestä kulkeutuvia haitallisia aineita kuten raskasmetalleja.

Sadeveden laatu muuttuu asteittain sen vajoessa maaperässä pohjavedeksi (kuva 7 ja taulukko 3). Pohjavedessä on sadeveteen verrattuna runsaammin suoloja ja se on vähemmän hapanta kuin sadevesi, joskus jopa lievästi emäksistä. Sadeveden laatu vaihtelee, mutta pohjavesi on tasalaatuista.

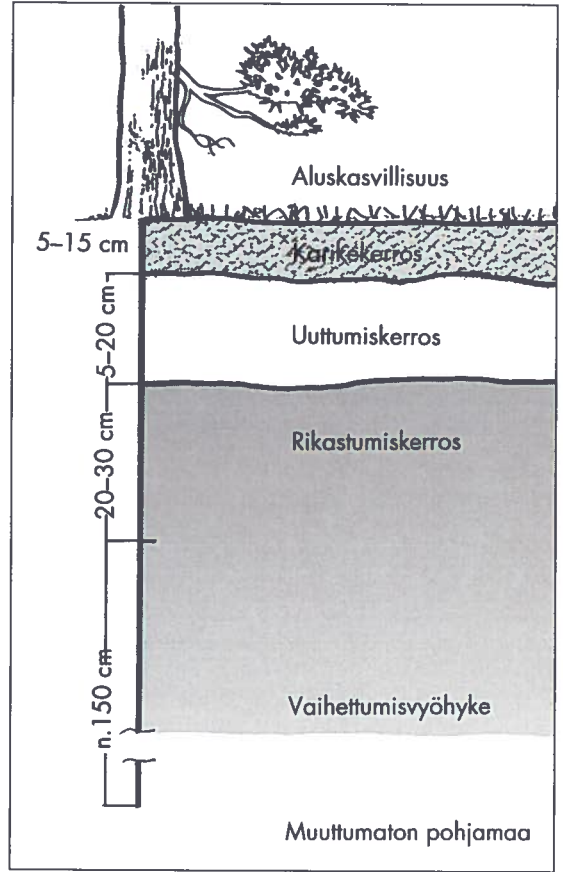
3.2 MAANTIETEELLISEN SIJAINNIN JA ESIINTYMÄN RAKENTEEN VAIKUTUS POHJAVEDEN LAATUUN

Pohjaveden kemiallisessa koostumuksessa on paikallisia ja alueellisia eroja. Niiden syynä ovat monet ympäristötekijät kuten maa- ja kallioperän kivilajikoostumus, esiintymien geologinen rakenne, meren läheisyys ja ihmisen toiminta.

Soranoton aiheuttamia veden laadun muutoksia tutkittaessa on otettava huomioon, että luonnontilaisenkin pohjaveden laatu voi vaihdella maaperä- ja pohjavesiolosuhteiltaan erilaisilla ja maan eri osissa sijaitsevilla pohjavesialueilla.

Pohjavesialueet voidaan jakaa antikliinisiin (ympäristöön pohjavettä purkaviin) ja synkliinisiin (ympäristöstä vettä kerääviin) pohjavesiesiintymiin. Synkliinisiä harjuja ovat useat Pohjanmaan matalat harjut ja Salpausselkien eteläpuoliset ja rannikkoseudun savipeitteiset harjut. Antikliinisiä ovat esimerkiksi Keski-Suomen kohomuotoiset harjut (kuva 5).

Maantieteellinen sijainti ja pohjaveden virtauskuva vaikuttavat luonnontilassa muun muassa pohjaveden rautapitoisuuteen, sähköjohtavuuteen, bikarbonaatti-, kloridi- ja sulfaattipitoisuuksiin, happamuuteen ja orgaanisen aineksen määrään (Hatva 1989) (taulukko 2).

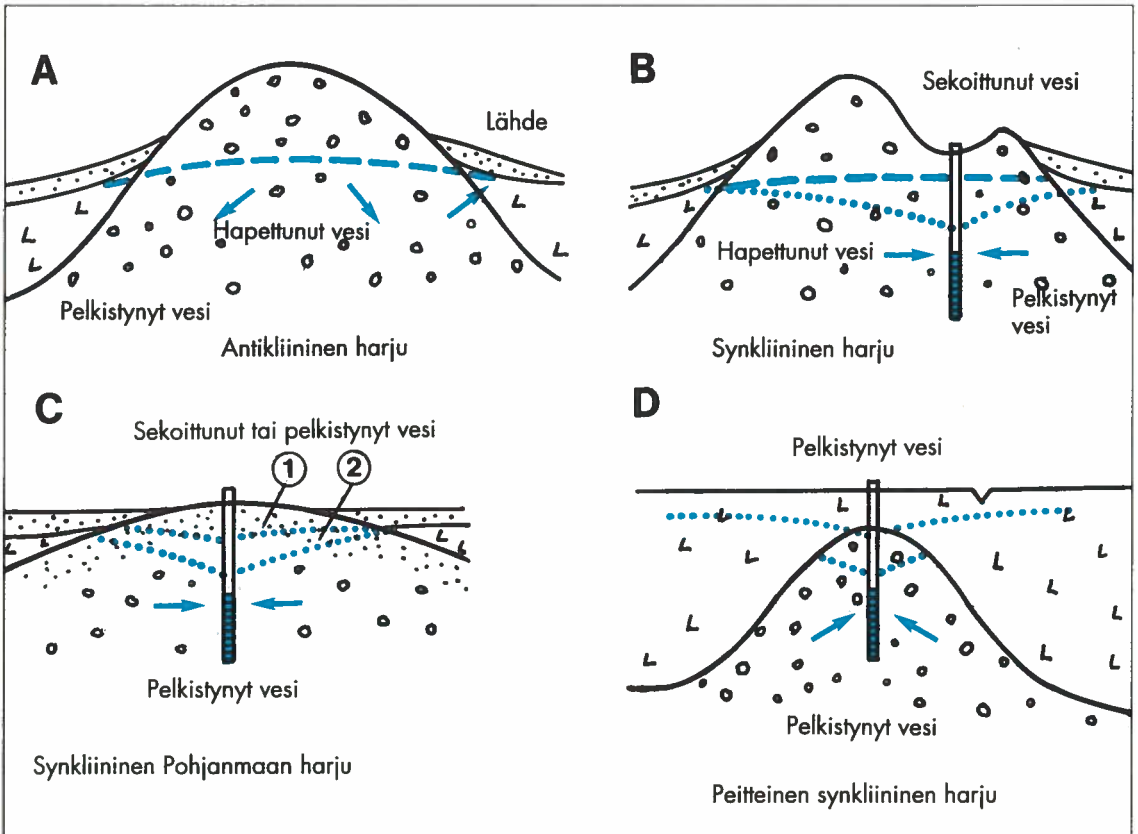


Kuva 4. Kaavamainen esitys maannosprofiilista harjualueella.

Kuva 5. Pohjaveden virtausolosuhteet ja hapetuspelkistysolosuhteet vettä ympäristöönsä purkavassa (A) ja ympäristöstään keräävässä (B), Pohjanmaan ympäristöönsä purkavassa (1) ja ympäristöstään keräävässä (2) (C) sekä peitteisissä pohjavesiesiintymissä (D) (Hatva 1989).

Taulukko 2. Pohjaveden laadun mediaaniarvoja vettä ympäristöönsä purkavissa (A), ympäristöstään keräävissä (B), Pohjanmaan ympäristöstään keräävissä (C) sekä peitteisessä pohjavesiesiintymässä (D)(kuva 5) (Hatva 1989).

Parametri	Yksikkö	Ryhmä A		Ryhmä B		Ryhmä C		Ryhmä D	
		Md	n	Md	n	Md	n	Md	n
pH		6,6	48	6,4	158	6,1	24	6,4	54
O ₂	mg/l	7,8	48	0,5	140	0,4	22	0,0	44
Fe _{tot}	mg/l	<0,01	47	0,2	158	2,7	24	3,0	52
Mn _{tot}	mg/l	<0,01	46	0,1	137	0,1	23	0,4	47
√ ₂₅	mS/m	8,4	39	20,0	92	9,8	19	39,5	44
CO ₂	mg/l	20,0	28	34,0	87	45,4	22	21,1	25
HCO ₃	mg/l	30,5	41	53,6	72	22,6	21	76,3	21
KMnO ₄	mg/l	1,9	43	3,3	104	12,0	23	6,8	27
Cl	mg/l	9,8	36	15,0	86	4,8	15	46,0	33
SO ₄	mg/l	2,8	24	31,0	24	5,5	15	39,0	12
NO ₃	mg/l	0,5	36	1,0	42	0,1	19	0,0	15
°dH		1,7	39	4,3	76	1,6	22	5,6	21



4 Soranoton vaikutus pohjaveteen

4.1 YLEISTÄ

Tässä luvussa on esitetty yhteenveto vajoveden ja pohjaveden laatua ja määrää koskevien lysimetritutkimusten ja alueellisten tutkimusten tuloksista luonnontilaisilla ja soranotto-alueilla (Hyypä ja Penttinen 1993, Sandborg 1993, Kuusinen 1993, liitteet 3, 4 ja 5). Soranoton vaikutuksia pohjaveden likaantumisriskiin ja talousveden laatuun on käsitelty luvuissa 5 ja 6.

Tässä raportissa käytetyllä sanalla **sora tarkoitetaan harjuissa ja muissa jäätikön sulamisvesien vaikutuksesta syntyneissä muodostumissa esiintyviä hiekka- ja sora-
maalajeja**. Yleistermillä maa-ainesten otto tarkoitetaan maa-aineslain mukaista maa-ainesten ottoa. Maa-aineslakiin liittyviä asioita käsitellessä on käytetty sanan sora asemasta yleistermiä maa-aines.

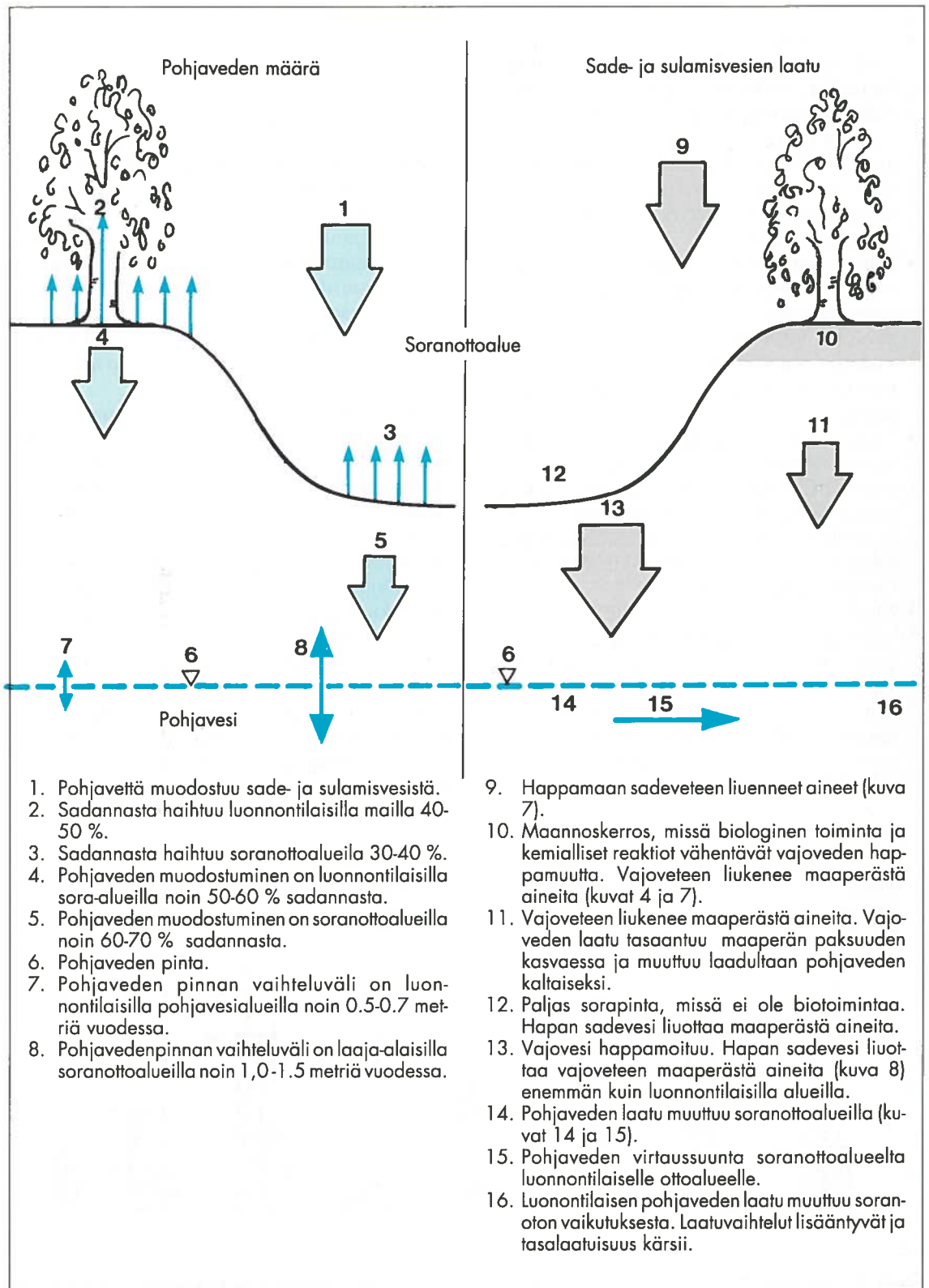
4.2 VAJOVEDEN LAATU JA MÄÄRÄ

Kun sade- ja sulamisvesiä imeytyy maaperään ja kulkeutuu siinä vajovetenä pohjavedeksi, vaikuttavat kasvillisuus ja maaperän pintakerrokset voimakkaasti siihen, minkälaiseksi muodostuu vajo- ja pohjaveden koostumus (kuva 6). Kuvassa 7 on esitetty eräiden sadeveten liuenneiden aineiden pitoisuuksien muuttuminen maaperässä.

Paljaan sorapinnan alapuolella useiden vajoveteen liuenneiden aineiden pitoisuudet ovat selvästi korkeampia kuin luonnontilaisilla alueilla. Vajoveden mukana huuhtoutuu sekä sadeveden mukana tulleita että maa-ainekseen aiemmin kiinnittyneitä suoloja ja orgaanista ainesta (kuva 8).

Vajovesitutkimuksen tärkeimmät tulokset (Sandborg 1993) Tuusulan kunnan Kapulasillanmäen pohjavesialueella luonnontilaisen maanpinnan ja paljaan sorapinnan alapuolelta otetuista näytteistä ovat:

- Sadeveden imeytyessä luonnontilaiseen maaperään sen koostumus muuttuu nopeasti erilaisten biologisten ja kemiallisten prosessien seurauksena. Vajoveden laatu vaihtelee tästä syystä huomattavasti maanoksen eri kerroksissa. Yli 2,5 metrin syvyydellä vajovedessä vielä tapahtuvat laadun vaihtelut ovat pieniä ja vesi on laadultaan pohjaveden kaltaista.
- Luonnontilaisen vajoveden koostumus poikkeaa selvästi paljaan sorapinnan alaisen vajoveden koostumuksesta. Luonnontilassa vajoveden koostumukseen vaikuttavat kasvillisuus ja maannoskerros.
- Kun luonnontilaisilla sora-alueilla maannoskerroksen voidaan silmämääräisesti todeta ulottuvan noin 0,3-0,5 metrin syvyydelle maanpinnasta, ulottuvat maaperässä tapahtuneet kemialliset muutokset eli niin sanottu maannosvyöhyke noin 1,5-2,5 metrin syvyydelle maanpinnasta.



Kuva 6. Pintamaan poiston vaikutus vajo- ja pohjaveden laatuun ja määrään.

- Paljaan sorapinnan alapuolella vajoveden sähkönjohtavuus ja kovuus sekä natriumin, kaliumin, sulfaatin, nitraatin, piihapon, alumiinin ja orgaanisen aineksen pitoisuudet ovat korkeampia kuin luonnontilaisilla alueilla. Vajoveden mukana huuhtoutuu sekä laskeumassa tulleita, että maa-ainekseen aiemmin kiinnittyneitä suoloja ja orgaanista ainesta.
- Happamuus lisääntyy sekä vajo- että pohjavedessä, jolloin veden pH-arvo laskee. Happamoituminen on paljaan sorapinnan alapuolella voimakkaampaa kuin luonnontilaisilla alueilla. Happamoitumisen seurauksena myös vajoveden alumiinipitoisuus nousee.
- Paljaan sorapinnan alapuolella vajoveden määrä on noin 10 - 15 % suurempi kuin luonnontilaisilla alueilla. Vajoveden määrä reagoi sorapinnan alapuolella myös herkemmin sateisiin kuin luonnontilassa. Tämä johtuu erilaisista veden haihtumis- ja imeytymismekanismeista.
- Monet lika-aineet ja mikrobit pidättyvät verraten hyvin maannoskerrokseen tai hajoavat biologisen toiminnan seurauksena kuten bakteerit, virukset, typpiyhdisteet, orgaaninen aines ja raskasmetallit. Paljaan sorapinnan alapuolella lika-aineet kulkeutuvat helposti maaperään ja pohjaveteen.

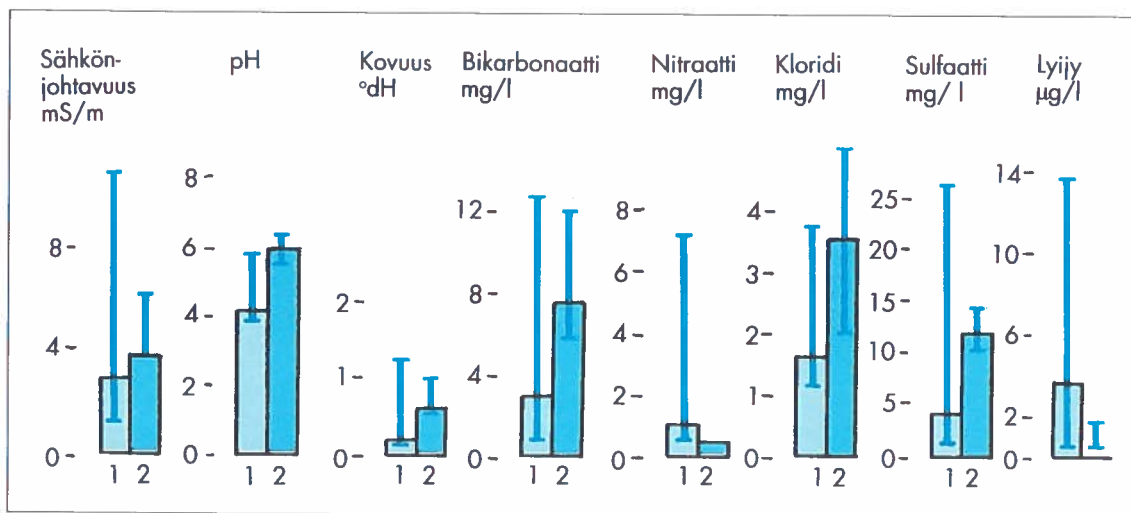
4.3 POHJAVEDEN MÄÄRÄ JA PINNANKORKEUS

4.3.1 Määrämuutokset

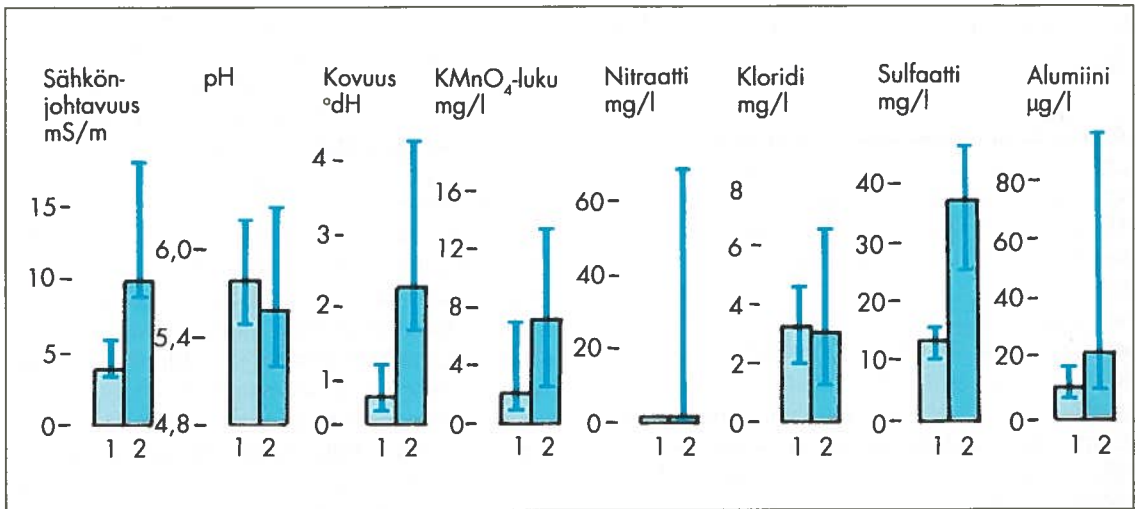
Pohjavettä on arvioitu muodostuvan luonnontilaisilla harjualueilla keskimäärin noin 50 - 60 % korjatusta vuotuisesta sadannasta (Zaitzoff 1982, Lemmelä 1990). Pohjaveden muodostumista tapahtuu pääasiassa keväällä, sen määrän ollessa noin 40 % vuotuisesta sadannasta. Haihdunnan osuus sadannasta on noin 40 - 50 %, josta puista tapahtuva haihdunta on kolmannes ja maanpinnasta tapahtuva haihdunta kaksi kolmannesta.

Kun puut, kasvillisuus ja maannoskerros poistetaan soranottoalueilta, haihdunta sieltä pienenee ja pohjaveden muodostuminen kasvaa. Soranottoalueella muodostuvan pohjaveden määrä on tällöin noin 60 - 70 % sadannasta.

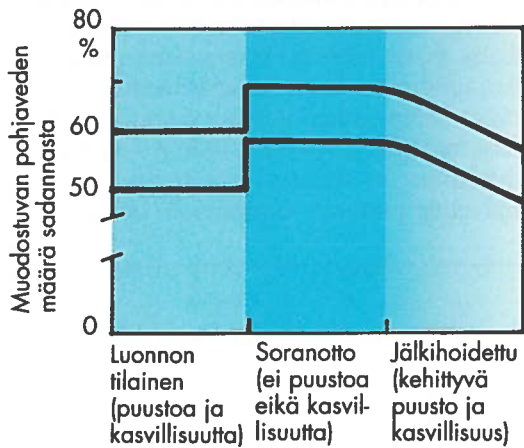
Kuvassa 11 on esitetty teoreettinen laskelma ottoalueen pinta-alan vaikutuksesta muodostuvan pohjaveden määrään. Pieni kevähaihdunta ja sorakuoppiin kasaantuvan lumen nopea sulaminen lisäävät muodostuvan pohjaveden määrää. Sen seurauksena pohjaveden pinta nousee keväällä nopeasti ja poikkeuksellisen korkealle (luku 4.32). Jälkihoito palauttaa tilannetta kohti luonnontilaa, kun pintakasvillisuus ja puusto alkavat käyttää ja haihduttaa maaperään satanutta vettä (kuva 9).



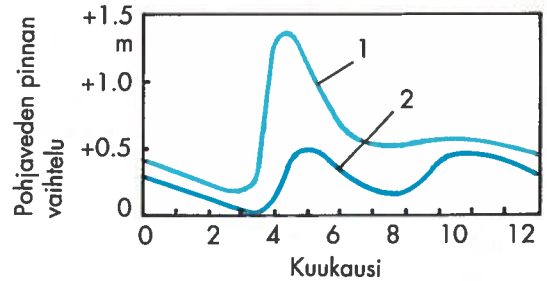
Kuva 7. Sadeveden (1) ja luonnontilaisen vajoveden (2) laadun mediaani- sekä maksimi- ja minimiarvoja 2,5 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kapulasillanmäen pohjavesialue Tuusulassa (Sandborg 1993).



Kuva 8. Vajoveden laadun mediaani- sekä maksimi- ja minimiarvoja 2,5 metrin syvyydellä maanpinnasta luonnontilaisen (1) ja paljaan sorapinnan alapuolella (2). Kapulasillanmäen pohjavesialue Tuusulassa (Sandborg 1993).

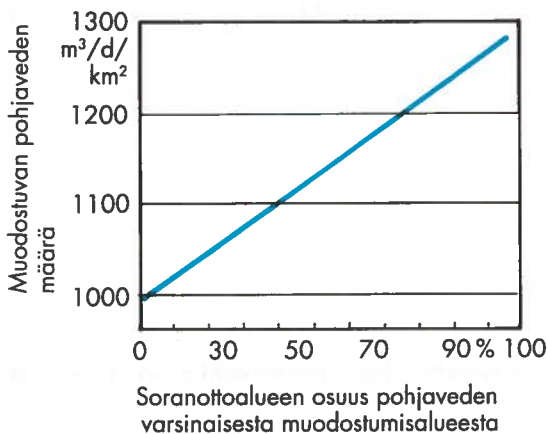


Kuva 9. Soranoton ja jälkihoidon vaikutus pohjaveden muodostumiseen.



1 Laaja soranottoalue
2 Luonnontilainen pohjavesialue

Kuva 10. Periaatepiirros pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelusta luonnontilaisella ja laajalaisella soranottoalueella Etelä-Suomessa (arvioitu veden pintahavaintojen perusteella), (Hyypä ja Penttinen 1993).

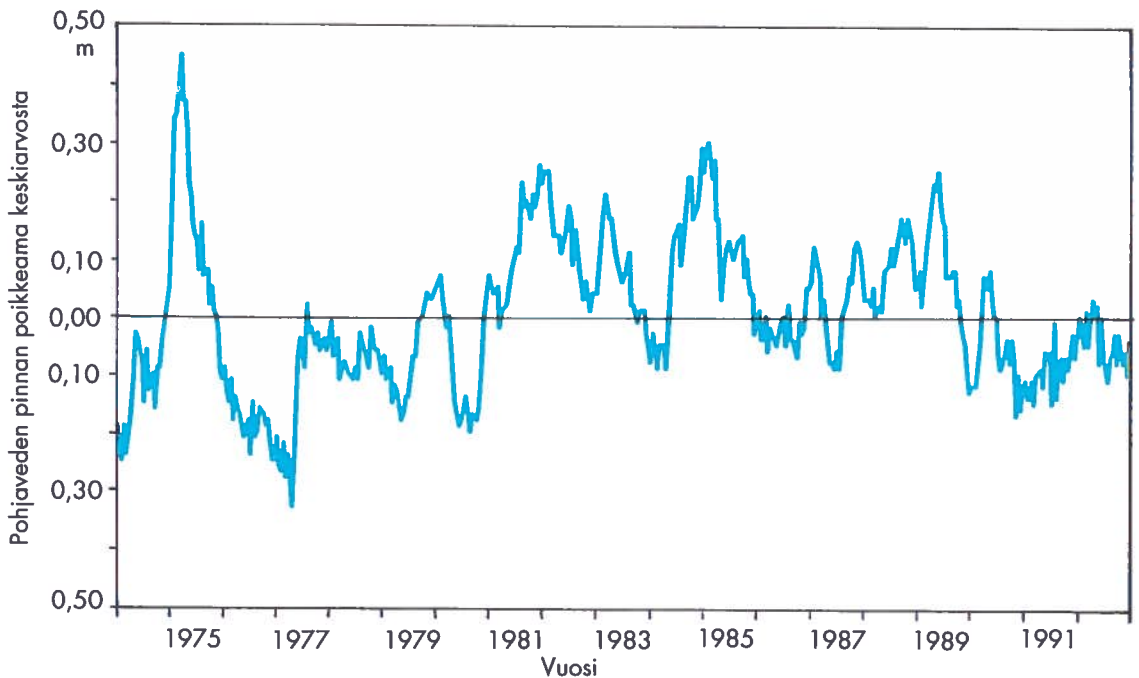


Kuva 11. Muodostuvan pohjaveden määrän lisääntyminen soranottoalueen laajuuden kasvessa. Pohjavettä on arvioitu muodostuvan luonnontilaisella alueella 55 % ja soranottoalueella 70 % sadannasta (650 mm/v).

4.3.2 Pohjaveden pinnan korkeuden muutokset

Muodostuvan pohjaveden määrän lisääntyminen soranottoalueilla tulee selvästi esille pohjaveden pinnan korkeuden vaihteluvälin kasvuna (Hyypä ja Penttinen 1993). Pohjaveden pinnan vaihteluväli on luonnontilaisilla alueilla noin 0,5 - 0,7 m. Laajoilla ottoalueilla (ottoalueen osuus pohjaveden varsinaisesta muodostumisalueesta 50 - 80 %) vaihteluväli kasvaa ja on suuruusluokkaa 1,0 - 1,5 m (kuva 10). Pitkän ajanjakson vaihteluväli on todennäköisesti suurempi kuin tässä tutkimuksessa todettu vaihteluväli. Pohjaveden pinnan kasvaneella vaihteluvälillä on tärkeä merkitys määriteltäessä pohjavettä suojaavan kerroksen paksuutta.

Pohjaveden pinnan korkeuteen vaikuttavat muun muassa lumen vesiarvo ja sulamisnopeus sekä varhaiskevään ja syksyn sademäärät, lämpötila ja haihdunta. Kuvassa 12 on esitetty miten pohjaveden pinnan korkeuksien vaihtelut voivat olla hyvin erilaisia eri vuosina samassakin havaintopaikassa. Pohjaveden pinnan ylimmän luonnollisen korkeuden määrittäminen edellyttää tämän vuoksi jopa yli viiden vuoden pohjaveden pinnan korkeuksien seuranta.



Kuva 12. Pohjaveden pinnan korkeuden poikkeama keskiarvosta (m) Oripäänkankaalla Oripäässä (Vesi- ja ympäristöhallitus, hydrologian toimisto 1993).

Pohjaveden pinta on yleisesti sekä soranottoalueilla että luonnontilaisilla alueilla korkeimmillaan lumen sulamiskauden jälkeen. Kuvassa 13 on esitetty pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelumalleja erilaisia ilmasto-olosuhteita vastaavalla neljällä erilaisella alueella (Soveri 1985).

Pohjois-Suomessa pohjaveden muodostuminen tapahtuu lumien sulamisen seurauksena pääasiassa touko- ja kesäkuussa. Kesäsateista huolimatta pohjaveden pinta laskee yleensä kesän aikana haihdunnan ja pohjavesivaraston tyhjentymisen seurauksena. Syksyn sateetkaan eivät täytä pohjavesivarastoa, vaan varasto alkaa tyhjentyä ja pohjaveden pinnat saavuttavat minimitasonsa ennen sulamiskautta keväällä. Pohjavesivarastojen täyttyminen ja tyhjentyminen on selvästi kaksivaiheinen prosessi.

Ahvenanmaalla pohjavesivaraston täyttyminen ja tyhjentyminen on myös kaksivaiheinen, mutta tapahtuu eri aikana kuin Pohjois-Suomessa. Pohjaveden muodostumista tapahtuu tällä alueella myös talvella. Pohjaveden pinta saavuttaa minimitasonsa loka-marraskuussa.

Sisä-Suomessa pohjavettä muodostuu pääasiassa keväällä ja syksyllä. Pohjaveden pinnan vaihtelussa on todettavissa neljä vaihetta. Pohjaveden pinta on alimmillaan aikaisin ke-

väällä maaliskuuhun juuri ennen lumen sulamista.

Lounais-Suomessa esiintyy myös neljä vaihtetta. Vuoden alin pohjaveden pinta on kuitenkin loppukesällä. Syksyn sateiden vaikutus näkyy selvimminkin tällä alueella, jossa korkein pohjaveden pinta esiintyy myöhään syksyllä ennen maaperän jäätymistä.

Ilmaston mahdolliset muutokset muuttavat edellä esitettyjä malleja. Tällöin esimerkiksi Lounais-Suomessa esiintyvä vaihtelumalli voi siirtyä pohjoiseen päin. Koska vaihtelumallit ovat maan eri osissa hyvin erilaisia ja toisaalta tilanne voi muuttua tulevaisuudessa, on tärkeää, että soranottoon käytettävillä luonnontilaisilla pohjavesialueilla tutkittaisiin vaihtelumalleja ja niissä tapahtuvia muutoksia. Tämä edellyttää nykyisin käytössä olevan pohjavesiverkoston laajentamista tai muuta seuranta.

4.4 POHJAVEDEN LAATU SORANOTTOALUEELLA

4.4.1 Pohjaveden pinnan yläpuolinen soranotto

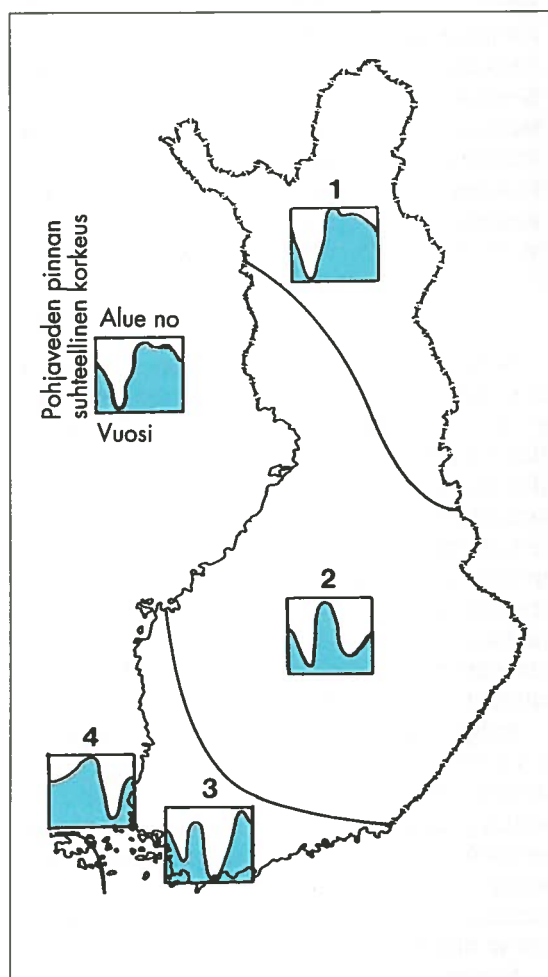
Soranottoalueiden pohjavesissä monien aineiden pitoisuudet ja niiden vaihtelut ovat suurempia kuin luonnontilaisissa vesissä. Taulukon 3 analyysitulokset osoittavat, että kolmella soranottoalueella Etelä- ja Keski-Suomessa on pohjavesissä nitraattia keskimäärin lähes kuusi kertaa niin paljon kuin neljän viereisen luonnontilaisen alueen pohjavesissä. Myös kloridia ja sulfaattia on soranottoalueiden pohjavesissä huomattavasti runsaammin. Kloridin maksimipitoisuus on kuusinkertainen ja sulfaatin mediaanipitoisuus yli kaksinkertainen verrattuna luonnontilaisiin pohjavesien vastaaviin pitoisuuksiin (Hyyppä ja Penttinen 1993).

Soranottoalueiden näytteissä bikarbonaatin mediaanipitoisuus on pienempi kuin luonnontilaisilla alueilla. Soranottoalueiden pohjavesissä on kuitenkin hiilidioksidia yli kaksi kertaa niin paljon kuin vertailuvesissä. Bikarbonaattiin ja hiilidioksidin sitoutunutta hiiltä on yhteensä, laskettuna mediaanipitoisuuksien mukaan, noin 60 % enemmän kuin luonnontilaisilla alueilla.

Bikarbonaatti- ja hiilidioksidipitoisuuksien

erilaiset määräsuhteet johtuvat eroista pohjavesien happamuudessa soranottoalueilla ja luonnontilaisilla alueilla. Soranottoalueella pohjaveden pH-luvun mediaaniarvot ovat keskimäärin 0,5 yksikköä pienempiä kuin luonnontilaisilla alueilla. Alkaliniteetin eli veden puskurikapasiteetin vaihteluväli on soranottoalueiden pohjavesissä suurempi kuin luonnontilaisissa pohjavesissä.

Soranottoalueiden pohjavesissä kalsiumin, magnesiumin ja natriumin maksimipitoisuudet ovat likimain kaksinkertaisia ja pitoisuuksien vaihteluvälit 2 - 3 -kertaisia luonnontilaisien vertailuvesien vastaaviin pitoisuuksiin nähden.



Kuva 13. Erilaisia ilmastollisia olosuhteita vastaavat neljä tärkeintä pohjaveden pinnan vaihteluvyöhykettä: 1. Lappi, 2. Sisä-Suomi, 3. Lounais-Suomi, 4. Ahvenanmaa (Soveri 1985).

Taulukko 3. Pohjavesien koostumus Palaneenmäen (Tuusula), Lanneveden (Saarijärvi) ja Pitkäkankaan (Haapajärvi) luonnontilaisilla ja niiden viereisillä alueilla, joilta soraa on otettu pohjaveden pinnan yläpuolelta.

Parametri	Yksikkö	Luonnontilaiset alueet					Käytössä olevat soranottoalueet				
		\bar{x}	Md	min	max	n	\bar{x}	Md	min	max	n
Lämpötila	°C	4,9	4,7	1,1	6,8	59	5,3	5,6	0,0	8,8	231
Happamuus	pH	6,3	6,4	5,6	7,3	61	6,0	5,9	5,4	7,3	241
Happi	mg/l	19,5	10,7	1,3	12,0	44	9,4	9,2	4,5	13,6	76
Rauta	mg/l	1,1	0,0	0,0	4,2	58	<0,1	0,0	0,0	0,4	399
Mangaani	mg/l	<0,1	0,0	0,0	0,2	58	0,0	0,0	0,0	0,1	240
Sähkönjohtavuus	mS/m	6,0	6,0	3,0	9,0	60	8,0	7,0	4,0	19,0	241
Hiilidioksidi	mg/l	14,0	11,0	2,0	44,0	43	24,0	24,0	2,0	62,0	78
Bikarbonaatti	mg/l	24,3	25,0	14,6	38,4	61	24,8	20,1	7,9	44,5	241
Kloridi	mg/l	2,0	2,0	1,0	6,0	57	4,0	3,0	2,0	37,0	97
Sulfaatti	mg/l	6,0	4,2	3,5	12,0	44	9,9	10,0	5,4	16,0	89
KMnO ₄ -luku	mg/l	2,6	2,5	0,0	9,2	61	2,5	2,2	0,0	51,0	241
Nitraatti	mg/l	0,7	0,4	0,0	4,4	57	2,3	1,9	0,0	11,5	229
Kovuus	°dH	1,0	1,0	0,5	1,5	58	1,2	1,0	0,5	3,0	239
Kalsium	mg/l	5,7	5,8	3,0	7,7	58	6,9	5,6	3,0	16,0	239
Magnesium	mg/l	1,3	1,4	0,5	2,6	58	1,8	1,4	0,7	4,7	240
Natrium	mg/l	2,8	3,0	1,0	4,1	58	3,9	3,7	0,9	9,2	240
Kalium	mg/l	1,2	1,2	0,9	1,6	58	1,2	1,1	0,7	2,2	240

Soranottoalueiden pohjavesien sähkönjohtavuuden keskiarvot ja etenkin sen maksimiarvot ovat paljon suurempia kuin luonnontilaisten pohjavesien vastaavat arvot. Luonnontilaisen pohjaveden koostumuksen muutosta soranoton vaikutuksesta voidaan kuvata yksinkertaisesti kovuuden ja alkaliniteetin suhdelluvulla. Se on taulukon 3 luonnontilaisissa pohjavesissä keskiarvolukujen mukaan 2,45 ja mediaanilukujen mukaan 2,41. Pohjaveden pinnan yläpuolisten soranottoalueiden pohjavesissä suhdeluvat ovat 3,00 ja 3,03.

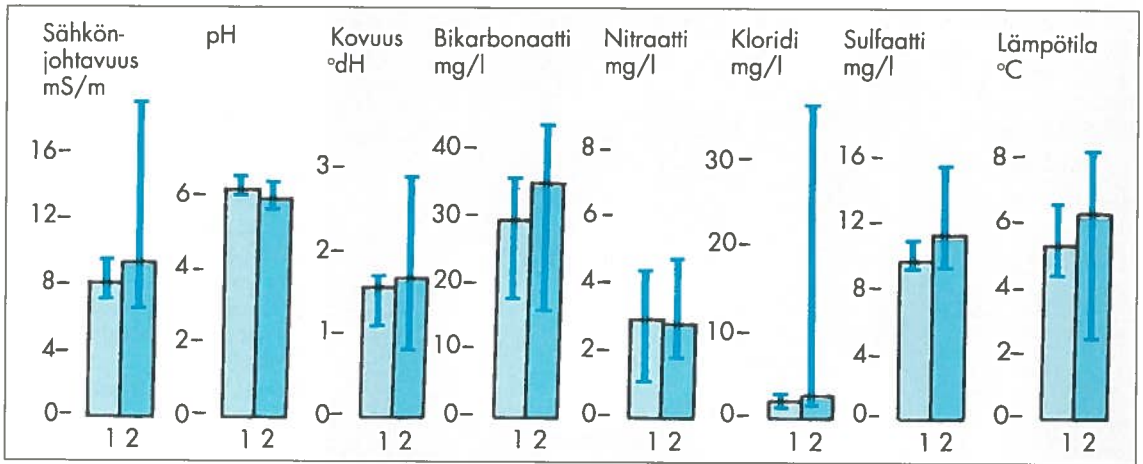
Pohjaveden lämpötilan maksimilämpötilat ja vaihteluvälit ovat soranottoalueiden pohjavesissä yleensä suurempia kuin luonnontilaisissa pohjavesissä. Pohjaveteen liunneen hapen pitoisuudet ovat soranottoalueiden pohjavesissä pohjaveden varsinaisella muodostumisalueella yleensä riittävän suuria estämään liiallista raudan ja mangaanin liukenemistä.

Luonnontilaisissa pohjavesissä ovat raskasmetallipitoisuudet erittäin pieniä, mutta soranottoalueilla nikkelin ja lyijyn maksimipitoisuudet saattavat kohota lähelle talousveden laatuvaatimusrajaa. Soranottoalueiden pohja-

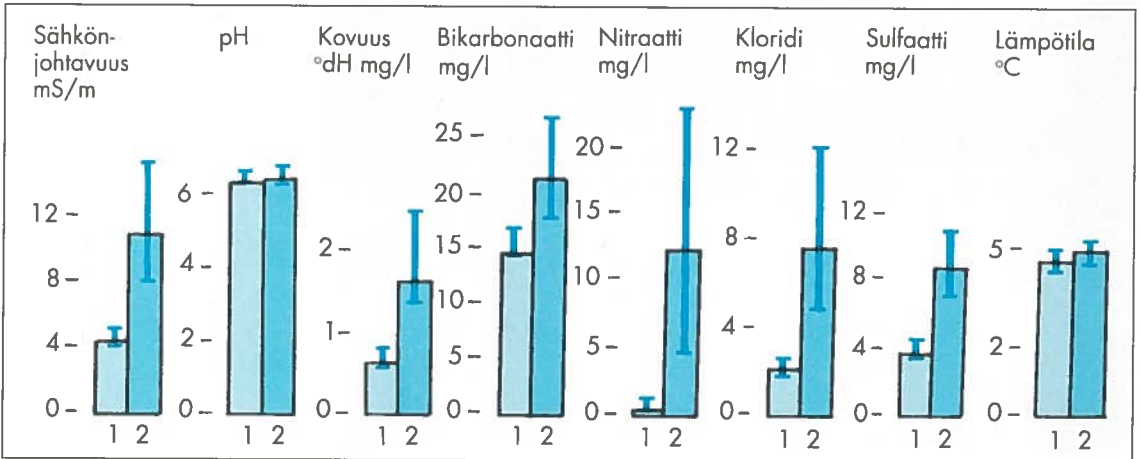
vesissä esiintyy myös useammin lämpökestoisia kolimuotoisia bakteereja ja streptokokkeja kuin luonnontilaisissa pohjavesissä, joissa bakteereja esiintyi vain satunnaisesti. (Hyypä ja Penttinen 1993).

Kuvissa 14 ja 15 on verrattu graafisesti luonnontilaisen ja soranottoalueen pohjavesien koostumuksia. Kuvista ilmenee, että vesien koostumukset poikkeavat toisistaan yleispiirtein samalla tavalla kuin tulokossa 3 esitetyt tulokset. Kuvassa 14 luonnontilaisen pohjaveden koostumusta on verrattu pohjaveteen sellaisella soranottoalueella, jossa kaivu aloitettiin pohjaveden laadun seurannan aikana ja sitä suoritettiin tehokkaasti seurannan loppuun saakka.

Kuvassa 14 esitetyt tutkimustulokset osoittavat, että vertailuvesien analyysitulosten mediaaniarvot poikkeavat suhteellisen vähän toisistaan, mutta soranottoalueen pohjavedessä maksimipitoisuudet ja pitoisuuden vaihtelut ovat suurempia kuin luonnontilaisessa pohjavedessä. Erityisesti kloridin maksimipitoisuus sekä sähkönjohtavuuden ja kovuuden vaihteluvälit ovat suuria soranottoalueen pohjavedessä. Syynä pohjaveden laadun voimakkaisiin muutoksiin



Kuva 14. Pohjaveden laadun mediaani- sekä maksimi- ja minimiarvoja ennen soranottoa (1) ja sen aikana (2). Salmelanmäen pohjavesialue Nurmijärvellä (Hyypä ja Penttinen 1993).



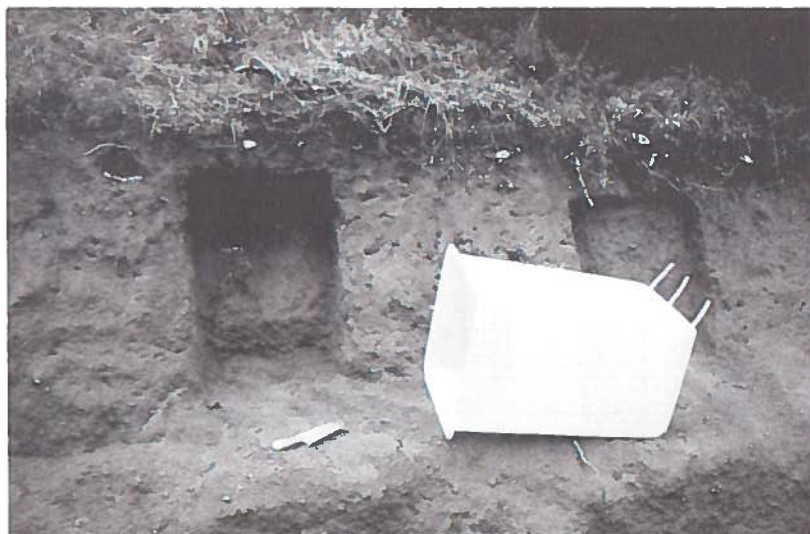
Kuva 15. Pohjaveden laadun mediaani- sekä maksimi- ja minimiarvoja luonnontilaisella (1) ja soranottoalueella (2). Lanneveden pohjavesialue Saarijärvellä (Hyypä ja Penttinen 1993).

käynnissä olleella soranottoalueella on suojen käyttö pölynsitomiseen.

Kuvassa 15 on verrattu luonnontilaista pohjavettä pohjaveteen sellaisella soranottoalueella, jossa entisiä sorakuoppia sisältävällä harjulla aloitettiin laajahko soranotto tutkimuksen aikana. Tällä soranottoalueella pohjaveden mediaanipitoisuudet ovat paljon suurempia kuin luonnontilaisella alueella. Soranottoalueella on runsaasti nitraattia verrattuna luonnontilaisen pohjaveden nitraattipitoisuuteen ja sen vähä-

seen vaihteluun. Suuri pitoisuuspoikkeama aiheutuu muusta ihmisen toiminnasta.

Saarijärven luonnontilaisen pohjaveden ja soranottoalueen pohjaveden lämpötilat (kuva 15) poikkeavat toisistaan paljon vähemmän kuin Etelä-Suomen tutkimusalueella (kuva 14). Tämä johtuu siitä, että Saarijärven soranottoalueella pohjaveden pinta on tutkimuksen aikaisessa kaivuvaiheessa noin 10 m:n syvyydessä ja luonnontilaisella alueella 12 m:n syvyydessä. Etelä-Suomessa Salmelanmäen alueella tehokas kaivu



Vajoveden keräilyastian (lysimetri) asennus luonnontilaisen maanpinnan alapuolelle. Lysimetreillä seurattiin vajoveden määrää ja laatua sekä tutkittiin lika-aineiden kulkeutumista maaperässä. Tutkimuksia tehtiin luonnontilaisilla pohjavesialueilla sekä paljaan sorapinnan alapuolella ja eri tavalla jäikihoitetuilla koealueilla. Salimäen pohjavesialue Lammilla.

(Kuva Tuomo Hatva)



Pohjaveden havaintoputki luonnontilaisella pohjavesialueella. Havaintoputkesta otettiin vesinäytteet sekä mitattiin pohjaveden pinnan korkeus ja pohjaveden lämpötila neljä kertaa vuodessa.

(Kuva Tuomo Hatva)



Pohjaveden havaintoputki soranottoalueella. Havaintoputkesta otettiin vesinäytteet sekä mitattiin pohjaveden pinnan korkeus ja pohjaveden lämpötila neljä kertaa vuodessa (lämpötilan vaihtelu noin 10 metrin paksujen sorakerrosten alapuolelta 4.6–6.2 °C). Lanneveden pohjavesialue Saarijärvellä.

(Kuva Tuomo Hatva)

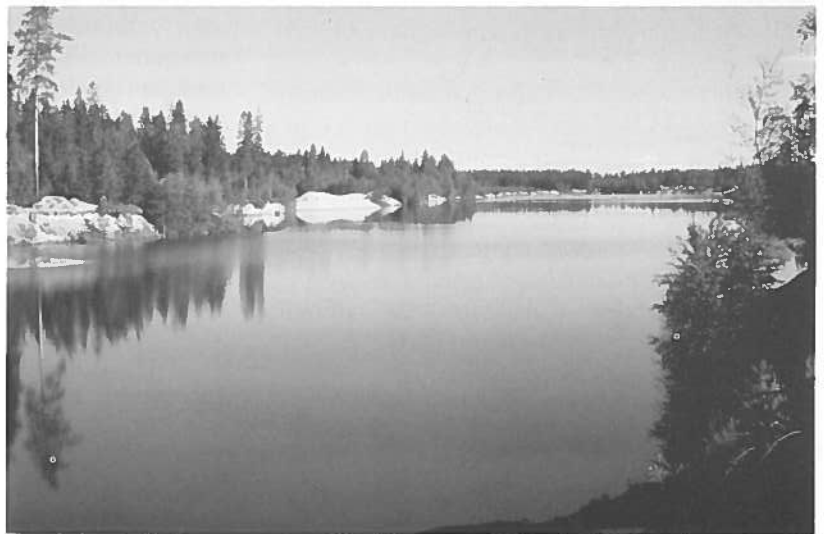
Pohjavedenottamon kaivo pohjavesialueella, missä soraa on otettu liian lähelle pohjaveden pintaa. Pohjaveden pinta nousee tällöin keväällä maanpinnan yläpuolelle, jolloin kaivoon voi päästä tulvavettä. Kuvan esittämällä alueella kaivoon kulkeutui runsaasti orgaanista ainesta sisältävää suovettä, jolloin kaivoveden KMnO_4 -luku oli 25 mg/l ja lämpötilan vaihtelu 4–13 °C (Hyyppä ja Penttinen 1993) Haaruskankaan pohjavesialue Alahärmässä. (Kuva Tuomo Hatva)



Pohjaveden havaintoputki sorakuopan pohjavesilammen vieressä. Havaintoputkesta ja pohjavesilammesta otettiin vesinäytteet sekä mitattiin pohjaveden pinnan korkeus ja pohjaveden lämpötila (lämpötilan vaihtelu noin 100 metrin etäisyydellä olevassa pohjavedenottamossa 5,2–11,0 °C). Alhon, pohjavesialue Maskussa. (Kuva Tuomo Hatva)



Laaja sorakuopan pohjavesilampi. Laajan pohjavesialueen poikki ulottuvan ja syvän pohjavesilammen vaikutus pohjaveteen on suuri ja ulottuu kauas lammesta. Kuvan esittämä lampi on kaivettu liian lähelle pohjavesialueen reunoja. Soraa otettaessa on alennettu pohjaveden pintaa. Pohjavesi on näistä syistä pilaantunut, jolloin pohjavesialuetta ei voida käyttää veden hankintaan. Pensalankankaan pohjavesialue Oravaisissa. (Kuva Heikki Penttinen)



ulottui paikoin vain muutaman metrin päähän pohjaveden pinnasta.

Alueellisten tutkimusten päätulokset luonnontilaisilla pohjavesialueilla ja soranottoalueilla ovat pohjaveden yleisten laatuominaisuuksien osalta seuraavat (Hyypä ja Penttinen 1993):

- Luonnontilaisten pohjavesialueiden pohjavesi on laadultaan erilaista kuin pohjavesi soranottoalueilla. Luonnontilaisella pohjavesialueella pohjaveden laatuun vaikuttavat kasvillisuus ja maanoskerros, jotka puuttuvat soranottoalueilta.
- Soranottoalueilla esimerkiksi pohjaveden sähkönjohtavuus ja kovuus sekä hiilidioksid-, nitraatti-, sulfaatti- ja kloridipitoisuudet ovat selvästi suurempia kuin saman harjujakson luonnontilaisilla pohjavesialueilla.
- Pohjaveden laadun vaihtelu on soranottoalueilla suurempi kuin luonnontilaisilla pohjavesialueilla. Pohjaveden tasalautisuus huononee soranoton seurauksena. Pohjaveden laadun muutokset voivat ulottua vedenottamolle saakka.
- Suurimmat muutokset soranottoalueen pohjavedessä tapahtuvat silloin, kun suoja-kerros on niin ohut, että pohjaveden pinta nousee ajoittain maanpinnan tasolle tai sen yläpuolelle.
- Pohjaveden happamoitumisriski kasvaa ja on suurin Etelä-Suomessa. Happamoitumisen ja soranoton aiheuttamat muutokset veden laadussa pienenevät siirryttäessä etelästä pohjoiseen.
- Pohjaveden lämpötila ja sen vaihtelu kasvavat pohjavettä suojaavan maakerroksen ohentuessa.
- Pohjavesi täyttää soranottoalueilla yleensä lääkintöhallituksen laatuvaatimukset ja -tavoitteet. Poikkeuksen muodostaa orgaaninen aines, jota on paikotellen yli suositellun raja-arvon. Soranottoalueilla on merkkejä likaantumisen.
- Veteen liuenneen hapen määrä lisääntyy yleensä soranoton vaikutuksesta, jolloin todennäköisyys raudan ja mangaanin esiintymiseen pienenee.
- Muutosten suuruudet soranottoalueella riippuvat monista tekijöistä kuten soranottoalueen laajuudesta ja sijainnista pohjavesi-

alueella, ottosyvyydestä, esiintymän geologisesta rakenteesta ja soran laadusta, maantieteellisestä sijainnista sekä vedenotosta ja muusta ihmisen toiminnasta.

4.4.2 Pohjaveden pinnan alapuolinen soranotto

Alueilla, joilla pohjaveden pinnan yläpuolella on ollut niukasti käyttökelpoista soraa, on soranotto ulotettu usein pohjaveden pinnan alapuolelle. Tällöin on soranottoalueille muodostunut lampia. Niitä on eniten Lounais-Suomessa ja Pohjanmaalla.

Sorakuoppien lammet ovat enimmäkseen pieniä ja matalia, pinta-alaltaan muutamasta aarista muutamaan hehtaariin. Kookkaimmat lammet ovat järvimäisiä yli kymmenen hehtaarin suuruisia ja enimmillään yli kymmenen metrin syvyisiä. Samalla pohjavesialueella voi olla lukuisia erillisiä soranoton seurauksena syntyneitä lampia.

Luonnontilaisiin lampiin verrattuna pohjavesilammet ovat hyvin nuoria ja vakiintumattomia vesialtaita. Kaivukäytännöstä ja kaivualueen iästä riippuen lampien lähiympäristö on aluksi yleensä paljasta hiekka-aluetta, joka voi vähitellen täysin metsittyä.

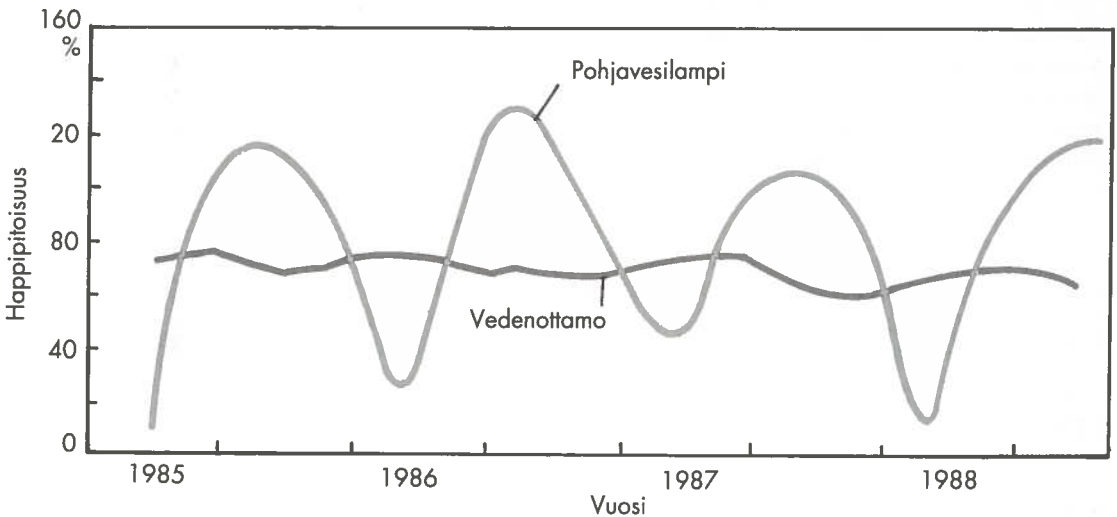
Pohjavesilampien veden kemiallinen peruskoostumus on useimmiten samanlainen kuin alueen pohjaveden. Toisin kuin maassa suojassa oleva pohjavesi, lammen vesi on kuitenkin sään vaihtelun ja monimuotoisten eliötoimintojen aikaansaamien muutosten välittömän vaikutuksen alaisena. Lampiveden ominaisuudet vaihtelevatkin paljon vuodenaikojen mukaan (taulukko 4). Vaihtelu voi olla yhtä suuri kuin tavallisissa pintavesissä. Pintavesille tyypillistä syvyysuuntaista ominaisuuksien vaihtelua esiintyy myös pohjavesilammissa.

Yksittäisen lammen ominaisuuksiin vaikuttavat keskeisesti pohjaveden koostumuksen lisäksi lammen koko ja syvyys, sijainti pohjavesimuodostumassa sekä lammen eliöstö ja lähiympäristö.

Pienet ja matalat lammet ovat usein rehevöityneitä ja niiden tila vaihtelee paljon. Myös lampeen lähiympäristöstä valuva suuri pintavalunta lisää vaihtelua. Pohjaveden virtauskentässä sijaitsevat syvät ja suuret lammet ovat usein karuja ja niiden tila on vakaa.

Taulukko 4. Sorakuoppien pohjavesilampien vedenlaadun arvoja kesällä ja talvella (Hyypä ja Penttinen 1993).

Parametri	Yksikkö	kesä			talvi		
		min	Md	max	min	Md	max
Sähkönjohtavuus	mS/m	1,5	4,9	19,8	2,8	7,3	23,6
Happamuus	pH	6,5	7,2	8,9	5,9	7,4	7,1
Kovuus	°dH	0,2	0,7	3,5	0,3	1,1	3,7
Nitraatti	mg/l	0,0	0,0	0,6	0,0	0,3	1,7
Piihappo	mg/l	0,3	3,6	13,2	0,3	7,1	17,9
Happi	kyll.%	86,0	104,0	142,0	0,0	60,0	116,0
Hiilidioksidi	mg/l	0,0	2,0	14,7	0,0	14,0	41,0
Lämpötila	°C	8,1	17,2	22,4	0,0	1,5	4,5



Kuva 16. Veteen liuenneen hapen pitoisuuden vaihtelu pohjavesilammikossa ja sen vaikutuspiirin ulkopuolella olevassa vedenottamossa (Hyypä ja Penttinen 1993).

Pohjavesilammen veden laatua ja siihen vaikuttavia tekijöitä voidaan kuvata seuraavasti (Hyypä ja Penttinen 1993):

- Kooltaan pienissä lammissa veden laatu on usein vain tyydyttävä. Suurikokoisessa ja syvässä lammissa vesi on puolestaan tavallisesti hyvälaatuista.
- Pohjaveden vaikutus on soramuodostuman ydinosaan ja samalla voimakkaimman pohjavesivirtauksen kentässä sijaitsevassa

lammissa suurin. Pohjavesiesiintymän reuna-alueilla sijaitsevissa tai matalissa lammissa pohjaveden vaikutus on usein pieni ja lampien lähialueen valumavesien vaikutus suuri.

- Lammessa veden kerrostuneisuus, koostumus ja muut ominaisuudet vaihtelevat yleensä selkeästi vuodenaikojen mukaan. Etenkin lämpötila, sähkönjohtavuus, sameus, väri ja happamuus sekä hiiliyhdis-

te-, kasvinravinne-, happi- ja piihappopitoisuudet vaihtelevat paljon enemmän kuin pohjavedessä.

- Lampiveden vaihtelujen pääsyitä ovat suojaavan maakerroksen puuttuminen ja vapaan veden eliötoiminta.
- Pohjavesilammissa veden lämpötilan vaihtelu on vuoden aikana tavallisten pintavesilampien tapaan lähes 20 astetta, moninkertaisesti enemmän kuin pohjavedessä.
- Lampien veden sähkönjohtavuus on hie-man pienempi kuin pohjaveden, mutta sen vaihtelu on suurempi kuin pohjaveden.
- Lampiveteen liuennan hapen pitoisuus on yleisesti suurempi kuin lähialueen pohjavedessä. Happipitoisuuden suuri vaihtelu on kuitenkin etenkin pienissä lammissa tavallista. Rehevissä pienissä lammissa vesi voi talvella olla jopa lähes hapetonta.
- Lampien päällysveden keskimääräinen kokonaishiilipitoisuus on useimmiten selvästi pienempi kuin pohjaveden. Orgaanisen hiilen ja hiilidioksidihiihen pitoisuuksien sekä happamuuden vuodenaikaisvaihtelu on lammissa huomattava.

4.5 POHJAVEDEN LAATUMUUTOKSET SORANOTTOALUEEN YMPÄRISTÖSSÄ

4.5.1 Pohjaveden pinnan yläpuolinen soranotto

Edellä on kuvattu soranoton vaikutuksia pohjaveteen yksittäisen soranottoalueen kohdalla. Pohjaveden virtauksen mukana soranottoalueella muodostunut pohjavesi kulkeutuu ottoalueen ympäristöön kohti pohjaveden purkautumisalueita tai vedenottamoita. Jos ottoalueen ympäristössä on luonnontilaista pohjaveden muodostumisaluetta, laimenevat kaivun vaikutuksesta kohonneiden aineiden pitoisuudet (kuva 17).

Soranottoalueen laajuus ja pohjaveden pinnan yläpuolelle jäävän suojakerroksen oheneminen vaikuttavat pohjaveden laadussa tapah-

tuvien muutosten suuruuteen pohjaveden virtaussuunnassa soranottoalueen alapuolella olevalla pohjavesialueella. **Muutosten suuruuden, merkittävyyden ja vaikutusalueen laajuuden** voidaan tehtyjen tutkimusten perusteella arvioida riippuvan muun muassa seuraavista tekijöistä:

- soranottoalueen laajuudesta ja pohjaveden pinnan yläpuolelle jäävien maakerrosten paksuudesta
- soranottoalueen sijainnista pohjavesialueella
- pohjaveden virtaussuunnasta ja -nopeudesta pohjavesialueella
- vedenoton vaikutuksesta pohjaveden virtauskuvaan
- pohjaveden luonnontilaisesta laadusta ja sen vaihteluista
- pohjavesialueen geologisesta rakenteesta ja maantieteellisestä sijainnista.

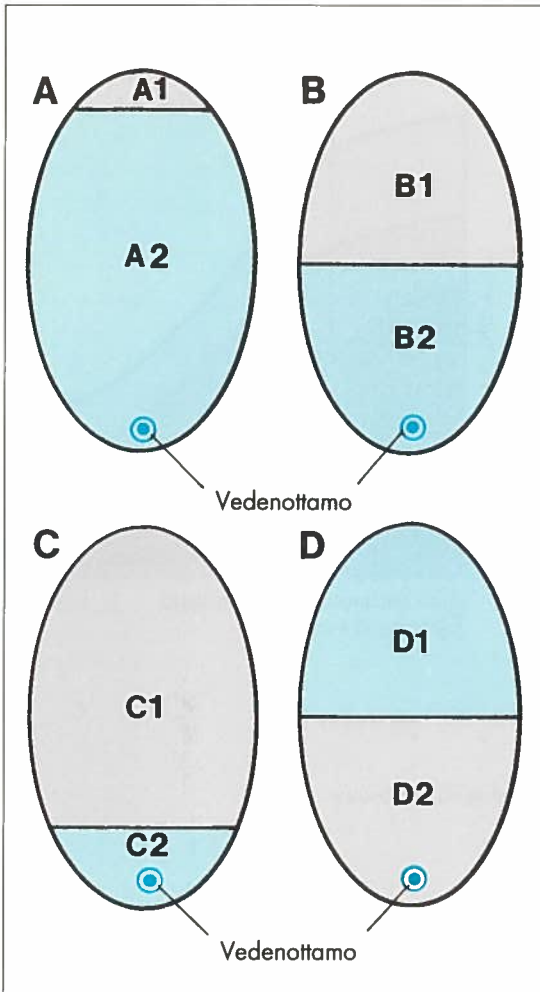
Pohjaveden laatuun vaikuttavien tekijöiden suuresta määrästä johtuen soranoton vaikutusta pohjaveteen on tarkasteltava aina tapauskohtaisesti.

Kuvassa 17 on esitetty suuntaa antava arvio siitä, miten kuvassa esitettyjen soranottoalueiden sijainti ja laajuus voivat vaikuttaa luonnontilaisen pohjavesialueen ja pohjavedenottamosta saatavan veden koostumukseen.

Jos soranottoalue on pieni (kuva 17A), on sen vaikutus luonnontilaisen pohjavesialueen pohjaveteen vähäinen tai sitä ei ole lainkaan havaittavissa. Muutokset soranottoalueella ja vedenottamolla kasvavat soranottoalueen laajuuden kasvaessa (kuva 17B ja C).

Kun pohjaveden virtaussuunta on soranottoalueelta luonnontilaiselle pohjavesialueelle ja ottoalue on suuri (kuva 17B), ovat soranoton vaikutukset pohjaveteen luonnontilaisella alueella selvästi havaittavissa. Soranoton vaikutus vedenottamon veden laatuun riippuu veden viipymästä luonnontilaisella alueella (kuva 17B2 ja C2). Jos viipymä on noin kaksi kuukautta, mikä vastaa vedenottamon lähisuojavyöhykkeen mitoituserustetta, muutokset tasaantuvat ennen vedenottamoa. Vaikutukset voivat olla kuitenkin vielä havaittavissa vedenottamolla.

Vedenottamon sijaitessa soranottoalueella (kuva 17D2), riippuu soranoton vaikutus vedenottamon veden laatuun ottoalueiden ja



Pienen soranottoalueen (A1) vaikutus pohjaveteen luonnontilaisella pohjavesialueella (A2) on pieni.

Suuren ja yhtenäisen soranottoalueen (B1) vaikutus pohjaveteen ulottuu luonnontilaiselle (B2) pohjavesialueelle ja voi olla havaittavissa pieninä muutoksina vedenottamolta otettavan veden koostumuksessa. Luonnontilainen pohjavesialue tasaa soranottoalueella syntyviä muutoksia.

Erittäin suuren soranottoalueen (C1) vaikutus pohjaveteen ulottuu luonnontilaiselle pohjavesialueelle (C2) ja on selvästi havaittavissa vedenottamalla.

Suuren ja yhtenäisen soranottoalueen vaikutus (D2) on selvästi havaittavissa soranottoalueella sijaitsevalta vedenottamolta otettavan veden koostumuksessa.

Kuva 17. Soranoton suhteellinen suuntaa antava vaikutus pohjaveteen luonnontilaisella pohjavesialueella ja vedenottamalla erilaisissa kaivuolosuhteissa. Soranottoalueita ei ole jälkihoidettu (katso kuva 18).

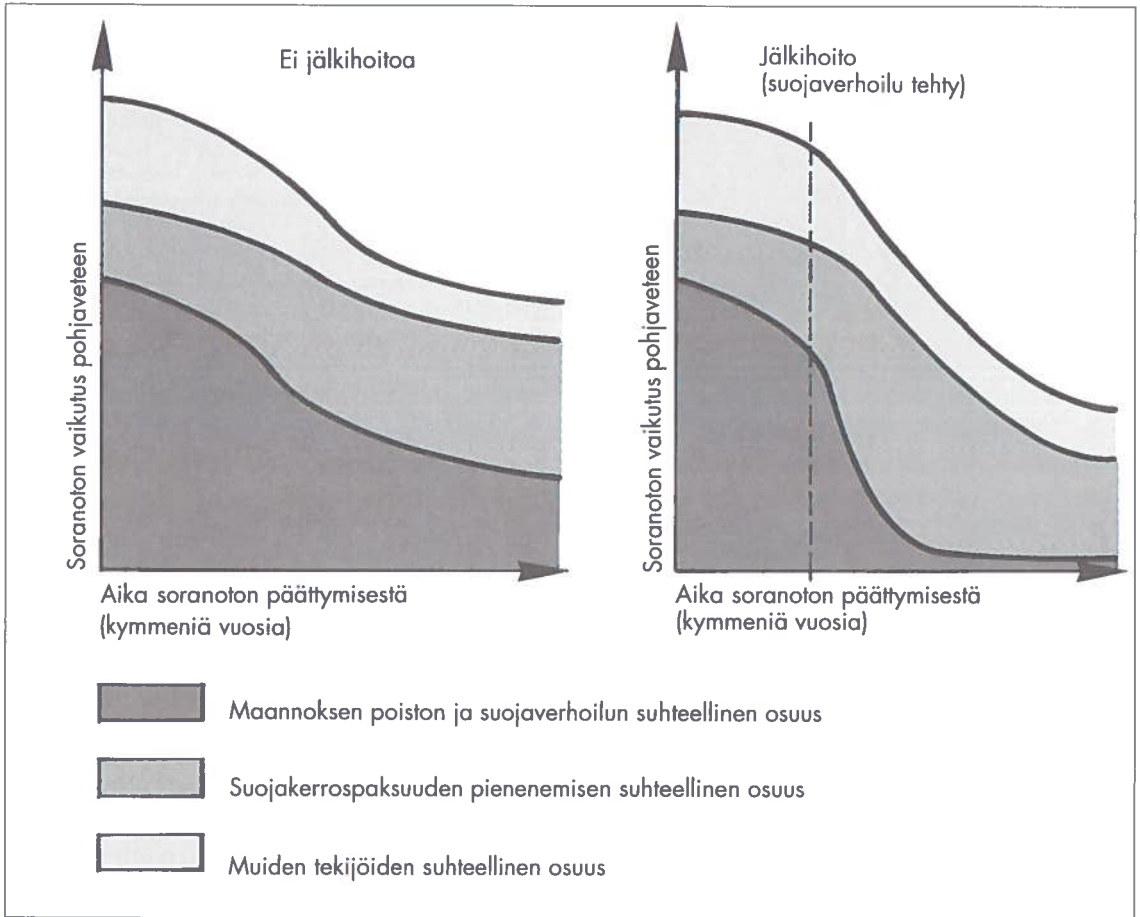
luonnontilaisten alueiden suhteellisista osuuksista. Soranoton vaikutuksia vedenottamon veden laatuun on tarkasteltu yksityiskohtaisesti luvussa 6.

Soranottoalueilla on usein soranottoon liittyviä toimintoja ja tekijöitä kuten pölynsidontasuolojen käyttö ja varastointi sekä maansiirtokoneiden öljysäiliöt, jotka voivat aiheuttaa muutoksia pohjaveden laadussa. Tällaiset toiminnot voidaan kieltää soranoton lupaehdoissa. Tässä suhteessa soranottoalueilla on runsaasti puutteita. Kaivualueille sijoittuu lisäksi helposti monia muita riskitekijöitä. Näitä pohjaveden likaantumiseriskejä on käsitelty luvussa 5 ja soranottoon liittyviä toimintoja luvussa 10.

Kuvassa 18 on esitetty soranoton eri vaiheiden suhteellinen merkitys soranoton vaikutuk-

sesta pohjaveden laatuun sekä jälkihoidon merkitys vaikutusten estämisessä. Soranotto on välivaihe alueen käytössä. Soranoton vaikutus pienenee ajan kuluessa jälkihoidon yhteydessä rakennettavan uuden pintarakenteen vaikutuksesta. Jälkihoitoa on tarkasteltu yksityiskohtaisesti luvussa 8.4.

Kuvassa 18 esitettyä aikaa on vaikea arvioida riittävän pitkäaikaisten seurantajaksojen puuttuessa. Soranottoalueen palautuminen luonnontilaan riippuu monista tekijöistä kuten maa-aineksen rakeisuudesta, luiskakaltevuuksista ja jälkihoidosta. Kun pintarakentamisen yhteydessä lisätään maan pintakerrokseen humusta, soranottoalueen metsittyminen ja maannoskerroksen muodostuminen nopeutuvat selvästi.



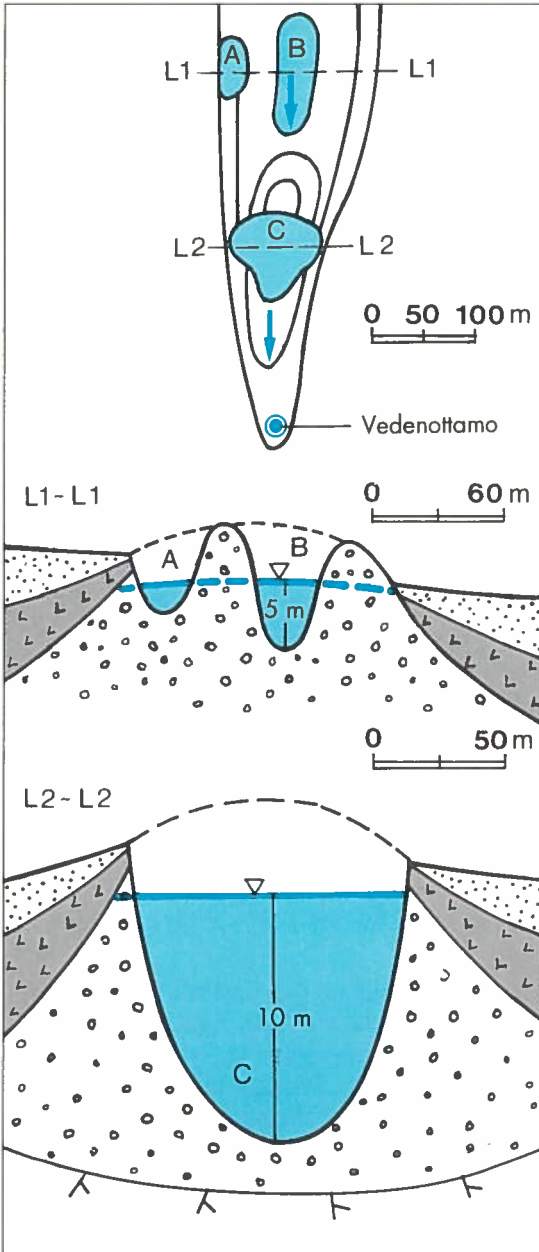
Kuva 18. Periaatekuva soranoton eri vaiheiden ja jälkihoidon pitkäaikaisvaikutuksesta pohjaveden laatuun.

4.5.2 Pohjaveden pinnan alapuolinen soranotto

Pohjaveden pinnan alapuolelle ulottuvan soranoton vaikutus pohjavesilammen ulkopuolelle sekä vaikutusalueen etäisyys ja laajuus riippuvat lammen veden laadusta sekä lammen koosta ja sijainnista pohjaveden virtauskentässä. Tilavuudeltaan pienen ja matalan lammen, jossa pohjaveden virtaus on pieni, vaikutus ympäristön pohjaveteen on useimmiten vähäinen. Kun lammen tilavuus kasvaa, lammen vaikutus pohjavesialueella suurenee.

Sorakuoppien **pohjavesilampien vaikutusta pohjaveteen** voidaan kuvata seuraavasti (Hyypä ja Penttinen 1993):

- Lampiveden laadun suuri vaihtelu lisää pohjaveden laadun vaihtelua (lämpötila, veteen liunneen hapen pitoisuus, happamuus, hiilidioksidi, bikarbonaatti, kalsium, sulfaatti ja piihappo).
- Pohjaveden laadun vaihtelut pienenevät, kun etäisyys lammesta ja veden viipymä maaperässä kasvavat (kuva 20).
- Lammen vaikutus on pieni, jos se sijaitsee pohjavesialueen reunalla ja suuri sen sijaitessa alueen pohjavettä hyvin johtavassa ydinosassa (Kuva 19A ja 19C).
- Lammen vaikutus suurenee, kun sen osuus pohjavesialueen poikkileikkauspinta-alasta kasvaa (Kuva 19C).

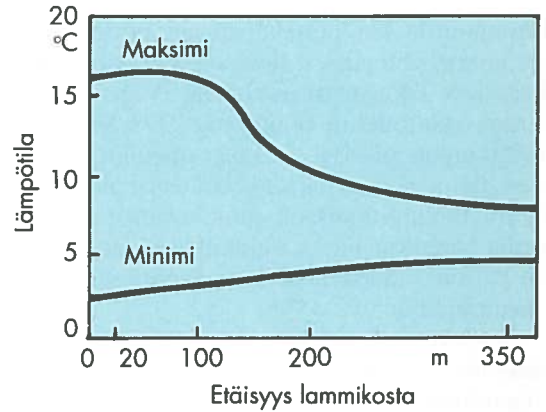


Pienen ja matalan lammen (A) vaikutus pohjaveteen on pieni, vaikka lammen vedenlaatu voi olla huono.

Pienen ja syvän lammen (B) vaikutus voi olla huomattava lammen lähellä, mutta ei ulotu kauas. Lammen veden laatu on hyvä.

Suuren ja syvän, harjun ydinosaan poikki kaivetun lammen (C) vaikutus pohjaveteen on suurin ja ulottuu kauas. Lammen veden laatu on hyvä.

Kuva 19. Erityyppisiä sorakuoppien pohjavesilampia. Niiden vaikutusta pohjaveteen on kuvattu kuvan vieressä olevassa taulussa.



Kuva 20. Pohjaveden lämpötilavaihtelu tasaantuu, kun etäisyys ja veden viipymä lammikosta kasvavat. Teeriselän pohjavesialue Kiimingissä (Hyypä ja Penttinen 1993).

5 Pohjaveden likaantumiseriski soranottoalueilla

5.1 YLEISTÄ

Luonnontilaisen pintakerroksen poistaminen soranoton yhteydessä lisää merkittävästi **pohjaveden likaantumiseriskiä**. Vajovesitutkimuksissa todettiin (Sandborg 1993, Kuusinen 1993) muun muassa, että raskasmetallit, jätevesien lika-aineet, virukset ja bakteerit pidättyvät hyvin luonnontilaiseen pintakerrokseen. Paljaalla sorapinnalla lika-aineiden pidättyminen on paljon vähäisempää kuin luonnontilaisella maanpinnalla.

Vajovesitutkimusten perusteella voidaan päätellä, että ihmisen aiheuttama pohjaveden likaantumiseriski on soranottoalueilla selvästi suurempi kuin luonnontilaisilla pohjavesialueilla. Alueellisissa tutkimuksissa voitiinkin todeta merkkejä pohjaveden likaantumisesta (Hyypä ja Penttinen 1993). Likaantumiseriski on sitä suurempi mitä suurempi osuus varsinaisesta muodostumisalueesta on kaivettu ja mitä ohuempi on pohjaveden pinnan yläpuolelle jäävä maakerroksen paksuus (kuva 21).

Soranoton aiheuttamien muutosten ja epäpuhtauksien kulkeutuminen ja leviäminen pohjaveden virtaussuunnassa ottoalueen ulkopuolelle riippuvat soranottoalueen sijainnista pohjavesialueella. Jos soranottoalue on pääasiassa harjun karkearakeisessa, vettä hyvin johtavassa ydinosassa, kulkeutuvat epäpuhtaudet ottoalueelta nopeasti ja kauas. Mikäli soraa otetaan harjun reunoilta, joissa aines on yleensä hieno-

rakeisempaa kuin harjun ydinosassa, on epäpuhtauksien kulkeutuminen hidasta ja niiden vaikutusalue on pienempi kuin harjun ydinosassa.

Seuraavassa on tarkasteltu tutkimuksissa esille tulleita likaantumiseriskejä.

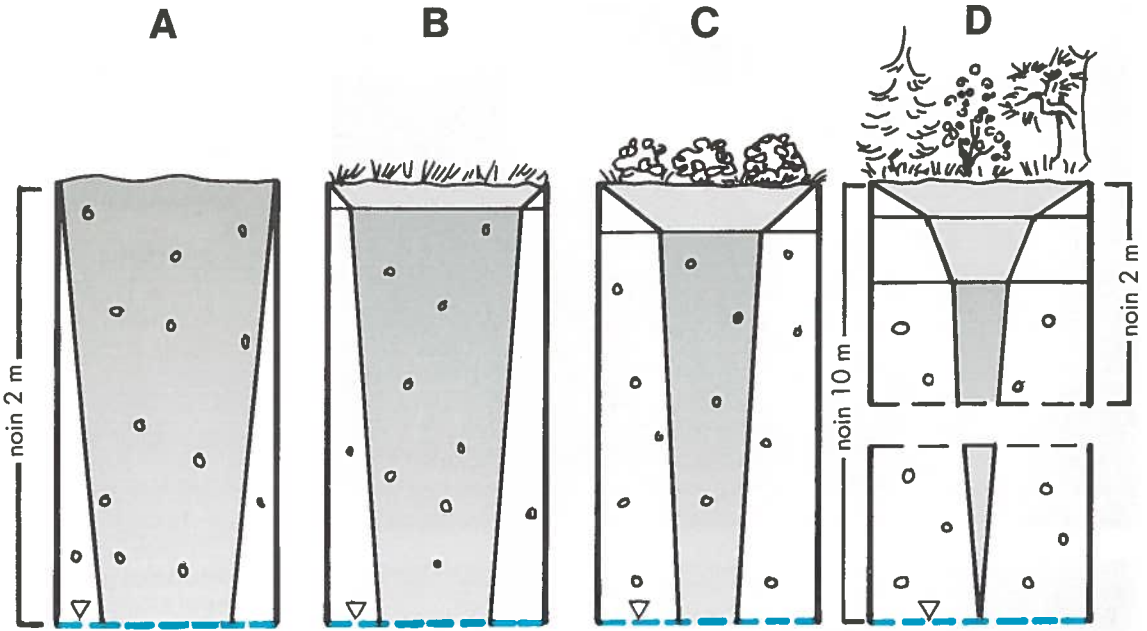
5.2 BAKTEERIT JA VIRUKSET

Vajovesitutkimusten perusteella voidaan todeta, että **bakteerit ja virukset** kulkeutuvat soranottoalueella nopeammin ja syvemmälle kuin luonnontilaisella alueella tai jälkihoidetulla pohjavesialueella (Kuusinen 1993). Bakteerien ja virusten pääsy pohjaveteen helpottuu soranoton vaikutuksesta. Virukset saattavat kulkeutua helposti pohjaveden mukana soranottoalueen ulkopuolelle (Kuusinen 1993).

Bakteereita ja viruksia voi joutua pohjaveteen, jos kaivualueelle tuodaan jätteitä, varsinkin ulosteperäistä jätettä kuten lantaa, jätevesilietettä tai jättevettä.

Mikrobien aiheuttamaa **likaantumiseriskiä** voidaan pienentää muun muassa seuraavasti:

- pitämällä kaivualue puhtana jätteistä (valvonta)
- hoitamalla saniteettijärjestelyt asianmukaisesti



Kuva 21. Periaatekuva biologisen toiminnan seurauksena helposti hajoaavien lika-aineiden pidättymisestä paljaalle sorapinnalle (A), kevyesti jälkihoidetulle (B), ja hyvin jälkihoidetulle soranottoalueelle (C) sekä luonnontilaisen pohjavesialueen pinnalle (D), josta maanoskerrosta ei ole poistettu ja vajavesikerros on paksu.

- jälkihoitamalla alue välittömästi soranoton päätyttyä (luku 8)
- valitsemalla soranottoalueen jälkikäyttömuoto siten, että mikrobien aiheuttama likaantumiseriskiä pohjavedelle ei synny tai se on mahdollisimman vähäinen
- jättämällä pohjaveden pinnan yläpuolelle riittävän paksu suojakerros
- suojaamalla vedenottomon lähiympäristö soranotolta.

teen. Veteen liuettuaan tämä suola kulkeutuu hyvin nopeasti maakerrosten läpi pohjaveeten.

Kalsiumkloridin käyttö voi lisätä pohjaveden happamuutta tilapäisesti. Tämä johtuu happaman maaperän ja tavallista kalsiumpitoisemman veden välisistä ioninvaihtoreaktioista (Hyypä ja Penttinen 1993).

Suolaukset aiheuttavat myös kloridipitoisuuden nousua, joka voi ylittää suositusrajan 25 mg/l (kuva 14). Tämä nopeuttaa vesijohtoverkoston syöpymistä. Korroosiota on käsitelty laajemmin luvussa 6.2.

5.3 SUOLOJEN KÄYTTÖ SORANOTTOALUEILLA

Soranottoalueilla käytetään työnaikaisen pölyämisen estämiseen kalsiumkloridia. **Kalsiumkloridi** sitoo ilman kosteutta, kovettuu ja estää hienorakeisen aineksen pölyämisen. Kalsiumkloridi liukenee erittäin helposti ve-

5.4 PESULIETTEEN VARASTOINTI JA KÄYTTÖ JÄLKIHOIDOSSA

Harjuaines on paikatellen huonosti lajittunutta, jolloin soran mukana on hienorakeista ainesta. Tämä estää soran käytön moniin tarkoituksiin



Romu, jäteöljy ja muut jätteet aiheuttavat pohjaveden likaantumiseriskin. Tällaiset jätteet tulisi poistaa pohjavesialueilta ja valvoa, että sorakuoppia ei käytetä kaatopaikkoina. Käränkämien pohjavesialue Lapinlahdella.

(Kuva Tuomo Hatva)



Ylijäämämassojen ja likaantuneen maa-aineksen läjitys soranottoalueelle aiheuttaa pohjaveden likaantumiseriskin. Ylijäämämassoja ja likaantunutta maa-ainesta ei suositella sijoitettavaksi pohjavesialueille. Mustonen - Hatsalan pohjavesialue Juvalla.

(Kuva Tuomo Hatva)



Sorakuoppien pohjavesilampien täyttö ylijäämämassoilla aiheuttaa pohjaveden likaantumiseriskin ja muuttaa pohjaveden virtausolosuhteita. Ylijäämämassoja ei tulisi sijoittaa pohjavesialueilla oleviin lampiin. Lentoaseman pohjavesialue Vantaalla.

(Kuva Tuomo Hatva)



Soranottoalueilla olevat suojaamattomat polttoainesäiliöt aiheuttavat ilman suojarakenteita pohjaveden likaantumisvaaran. Polttoainesäiliöt suositellaan sijoitettavaksi pohjavesialueen ulkopuolelle toimintaluokalle. Hietakankaan pohjavesialue Kannuksessa. (Kuva Tuomo Hatva)



Suovettä johdetaan ojituksen avulla suon kuivatusojan pohjaa alempana olevaan sorakuopan pohjavesilampeen, jolloin pohjaveden orgaanisen aineksen määrä (KMnO_4 -luku) ylittää selvästi veden laatutavoitteen. Bredkanganin pohjavesialue Uusikarlebyssä. (Kuva Tuomo Hatva)

Soranotto on ulotettu lähelle pohjaveden pintaa ja soiden ympäröimää pohjavesialueen reunaan. Suovesi pääsee keväällä vedenpinnan noustessa pohjavesialueelle, jolloin veden KMnO_4 -luku nousee tasolle 40–60 mg/l (Hyypä ja Penttinen 1993). Pohjavesialuetta ei voida käyttää vedenhankintaan. Ekokankaan pohjavesialue Alahärmässä (Kuva Tuomo Hatva)



kuten betonin tekoon. Käyttökelpoisen materiaalin saaminen edellyttää tällöin harjuaineksen pesua vedellä. Pesussa syntynyttä lietettä läjitetään usein soranottoalueelle tai levitetään jälkihoidon yhteydessä soranottoalueen pinnalle.

Lysimetreillä suoritetuissa tutkimuksissa havaittiin, että noin 20 cm:n paksuisesta pesulietekerroksesta uuttui runsaasti ioneja, erityisesti sulfaattia ja kalsiumia (Sandborg 1993). Uuttumista todettiin koko kaksi vuotta kestäneen havaintojakson ajan. Myös nitraatti- ja kloridipitoisuudet nousivat heti pesulietteen levityksen jälkeen. Tutkimuksia tehtiin lisäksi eri puolilta Suomea otetuista lietenäytteistä. Laboratoriossa suoritetuissa uutostutkimuksissa havaittiin näytteistä liukenevan tislattuun veteen normaalia enemmän ioneja kuten sulfaattia (liite 8).

Soranottoalueelle liian paksuina kerroksina levitetty **pesuliete** voi ainakin joksikin aikaa lisätä pohjaveden syövyttävyysominaisuuksia. Sen vuoksi on välttämätöntä, että soranpesussa kertyneen lietteen ominaisuuksia, ennen kaikkea siitä uuttuvien ionien laatu ja määrä tutkitaan, jos sitä aiotaan levittää kaivualueelle esimerkiksi kaivualueen jälkihoidon yhteydessä. Tutkittavien näytteiden täytyy tällöin edustaa riittävästi koko lietemäärää. Myös pesuv veden laatu on suositeltavaa tutkia, jos sitä imeytetään pohjavesialueelle.

Pesulietteen vaikutusta arvioitaessa on otettava huomioon myös pohjavedeksi imeytyvän sulfaatteja sisältävän veden laimeneminen pohjavedessä. Jos pesulietettä käytetään jälkihoidossa, on suositeltavaa, että sen vaikutukset arvioidaan etukäteen. Mahdollisia pohjaveden laatumuutoksia tulisi seurata alueelle asennetuista havaintoputkista otettujen vesinäytteiden avulla.

5.5 PINTAVESIEN KULKEUTUMINEN POHJAVESIALUEELLE

Pintavesiä voi päästä kulkeutumaan soranottoalueelle ja edelleen pohjaveden huonosti suunnitellun tai huolimattoman soranoton seurauksena ainakin seuraavista syistä (Hyypä ja Penttinen 1993):

- Soraa otetaan liian läheltä pohjavesialueen reunaa, missä pohjaveden pinta on alempana kuin sitä ympäröivillä alueilla.
- Soraa otetaan liian läheltä pohjavesialueen reunaa ja pohjaveden pintaa, jolloin veden pinnat nousevat keväällä maanpinnan yläpuolelle.
- Pintavesi johdetaan ojituksen avulla soranottoalueelle.

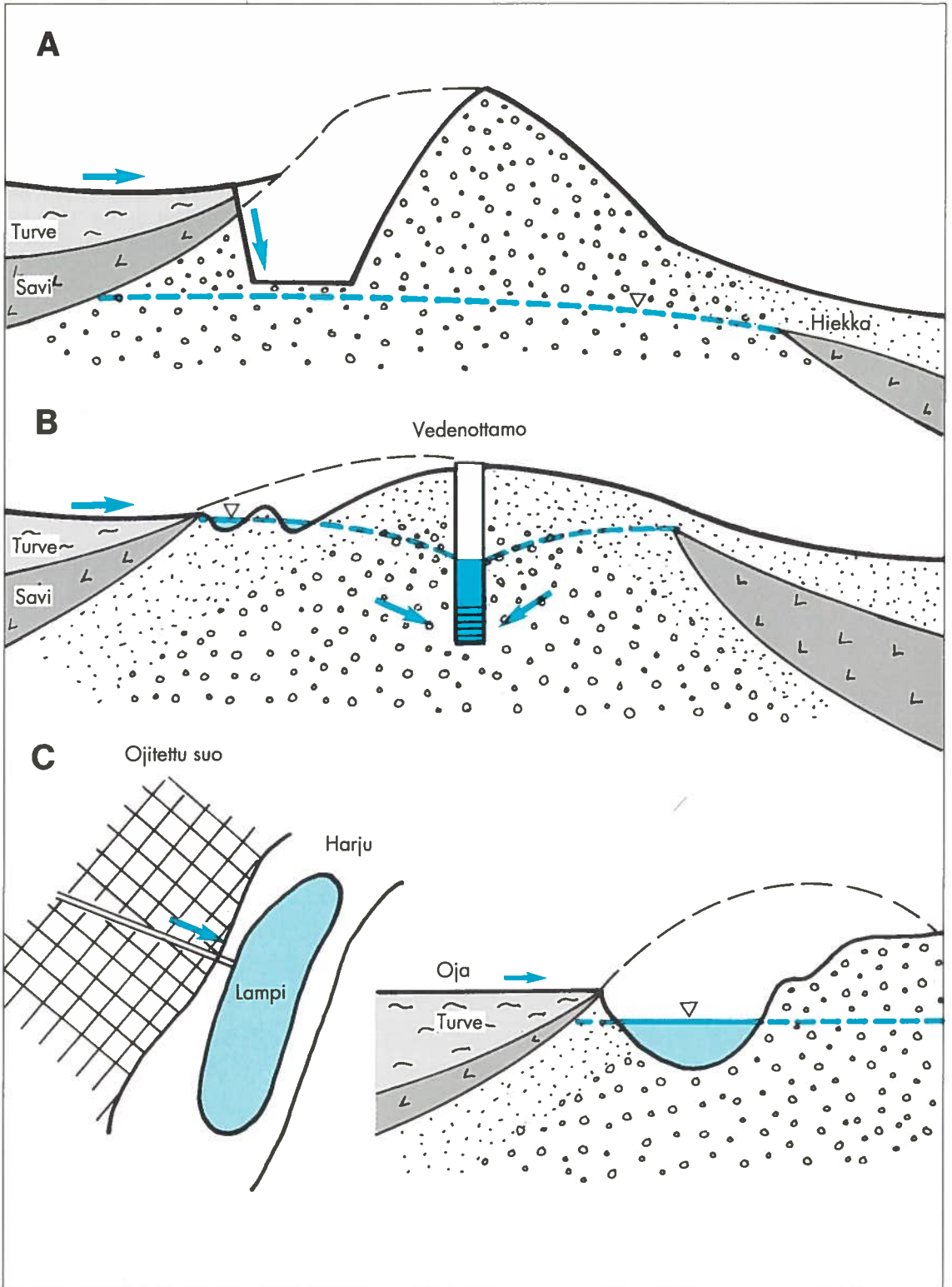
Jos pintavedet pääsevät kulkeutumaan pohjavesialueelle, orgaanisen aineksen pitoisuus nousee pohjavedessä. Orgaanisen aineksen pitoisuus voi ylittää tällöin helposti lääkintöhallituksen laatutavoitteen 12 mg/l (KMnO₄-luku). Pintavesien kulkeutuminen pohjavesialueelle esiintyy erityisesti Pohjanmaalla, jossa nämä vedet ovat usein suovesiä (kuva 22).

5.6 POHJAVEDEN LIKAANTUMISRISKI SORANOTTOALUEILLA

Soranottoon liittyviä pohjavesien **likaantumisriskin** aiheuttavia toimintoja ja tekijöitä ovat esimerkiksi:

- maansiirtokoneiden ja polttoainesäiliöiden öljyvuodot
- kiviaineksen murskaus-, seulonta- ja pesulaitoksien öljy- ja kemikaalivuodot
- öljysora- ja asfalttiasemien öljy- ja kemikaalivuodot
- pesulietteen ja öljysoran varastoista liukenevat aineet
- tiesuolan varastoista liukeneva suola
- kaatopaikat, jätteiden kätkeminen, jätekasat
- sorakuoppien täyttöjättemailla ja ylijäämämassoilla.

Tutkimuskohteissa todettiin monin paikoin öljyä päässeen huolimattoman käsittelyn seurauksena maaperään. Öljysäiliöt olivat usein ilman suojarakenteita. Merkkejä haitallisten jätteiden tuomisesta soranottoalueelle todettiin esimerkiksi Lannevedellä, missä veden nitraattipitoisuus nousi lähelle lääkintöhallituksen laatuvaatimusta (kuva 15).



Kuva 22. Soranotosta ja ojituksesta johtuva suoveden pääsy pohjavesialueelle. Kuva perustuu Hyypän ja Penttisen tutkimuksiin (1993).

Soranottoalueita käytetään usein maantäyttöpaikkoina. Materiaali on tavallisesti hyvin sekalaista käsittäen muun muassa runsaasti humusta sisältäviä pintamaita, puunjätteitä, romua ja hienojakoisia vettä läpäisemättömiä maa-aineksia.

Läjitysalueiden vaikutus tulee pohjavedessä esille muun muassa veden sameutena, orgaanisen aineksen määrän lisääntymisenä, pohjaveen liunneen hapen pitoisuuden alenemisenä, indikaattoribakteerien esiintymisenä ja nitraat-

tipitoisuuden nousuna. Soranottoalueiden käyttö maantäyttöpaikkoina tulisikin kieltää. Alueiden täyttöön tulisi käyttää vain puhdasta, vettä hyvin läpäisevää maata.

Suosittelavaa ei ole myöskään massanvaihto pohjaveden pinnan ylä- tai alapuolella korvaamalla hyvin vettä läpäisevä hiekka tai sora hienojakoisella maalla. Tästä voi olla seurauksena muutoksia pohjaveden muodostumis- tai virtaussuhteissa, mikä voi vaikuttaa pohjaveden laatuun.

6 Soranoton vaikutukset talousveden laatuun

6.1 TERVEYDELLISET LAATUVAATIMUKSET

Pohjavettä ei yleensä tarvitse desinfioida ennen kulutukseen johtamista. Kaivualueilla riski hygieenisen laadun huonontumisesta on kuitenkin suurempi kuin luonnontilaisilla alueilla kuten luvussa 5.2 on esitetty.

Monet raskasmetallit ovat liian suurina pitoisuuksina terveydelle vaarallisia. Tällaisia pitoisuuksia voi olla luonnontilaisissakin pohjavesissä, mikä on kuitenkin hyvin poikkeuksellista. Soranottoalueiden pohjavesissä on todettu suurehkoja raskasmetallien maksimipitoisuuksia, kun otto on ulotettu pohjaveden pinnan alapuolelle. Erityisesti nikkeli- ja lyijypitoisuudet ovat joskus olleet joko lähellä tai jopa ylittäneet lääkintöhallituksen talousveden laatuvaatimukset. Tällainen riski on suurin erittäin happamissa vesissä. Yleensä pohjaveden raskasmetallipitoisuudet ovat pieniä sekä luonnontilaisilla että soranottoalueilla.

Pohjaveden nitraattipitoisuudet kasvavat jonkin verran, kun soraa otetaan pohjaveden pinnan yläpuolelta (taulukko 3). Talousveden rajarvon ylittäviä pitoisuuksia havaittiin kuitenkin vain alueilla, joissa korkeahkon pitoisuuden nousun aiheutti jokin muu tekijä kuin soranotto (kuva 15). Soranotto ei tutkimuksen mukaan aiheuta pohjaveden nitraattipitoisuuden nousua terveydelle vaaralliseksi.

Mahdollisuus, että pohjavesi likaantuu, on vajovesitutkimusten perusteella soranottoalueilla suurempi kuin luonnontilaisilla pohjavesialueilla. Yleisesti voidaan todeta, että pohjaveden likaantumisen riski lisääntyy selvästi soranoton seurauksena, jolloin laatuvaatimukset voivat likaantumistapauksissa ylittyä.

6.2 VEDEN LAATUTAVOITTEET

Talousveden laatuvaatimukset koskevat muun muassa väriä, orgaanisen aineksen määrää ja sameutta sekä veden syövyttävyyteen vaikuttavia tekijöitä (luku 2.4).

Pohjavesi soranottoalueilla ja niiden vaikutusalueella täyttää yleensä laatuvaatimukset. Poikkeuksen muodostaa orgaaninen aines, jonka pitoisuus KMnO_4 -lukuna ylittää Pohjanmaalla useilla pohjavesialueilla laatuvaatimusten 12 mg/l. Vedenotannoilla orgaanisen aineksen pitoisuuden maksimiarvo voi olla kaksinkertainen laatuvaatimusten raja-arvoon nähden.

Pintaveden ja erityisesti suoveden pääsy pohjavesialueelle vaikeuttaa sen sisältämien orgaanisten aineiden takia raudan poistoa biosuodatusmenetelmiä käytettäessä. Pohjavedessä oleva rauta muodostaa orgaanisen aineksen kanssa kompleksiyhdisteen, joka ei pidäty hidassuodattimille (Hatva 1989).

Mangaanin poistoa pohjavedestä biosuo-

datuksella vaikeuttaa pohjaveden liiallinen happamuus (Hatva 1989). Syynä pohjaveden tavalista suurempaan happamuuteen (pH < 5,5) on usein suoveden vaikutus. Tutkimuksessa todettiin, että erityisesti Pohjanmaan harjujen reunoilla ja pohjavesilammikoissa on erittäin happamia pohjavesiä. Happamuus voi lisätä myös muiden metallien kuten alumiinin pitoisuuksia pohjavedessä.

Veden laatuvaihtelu soranottoalueilla ilmenee usein myös lämpötilan vaihteluna, joka on suurin lammikoiden vaikutusalueella (kuva 23). Pohjavedenpinnan yläpuolisten ottoalueiden pohjavedessä lämpötilavaihtelu on myös suurempi kuin luonnontilaisessa pohjavedessä, jossa vuotuinen vaihtelu on yleensä pohjaveden pinnan yläpuolella olevan maakerroksen paksumesta riippuen enintään 5°C. Lämpötilan vaihtelu heikentää pohjaveden tasalaatuisuutta.

Veden syövyttävyyttä aiheuttavien aineiden kuten kloridin ja sulfaatin haittavaikutukset ilmenevät yleensä jo pienemmissä pitoisuuksissa kuin lääkintöhallituksen laatutavoitteet. Laatuavoitteita syövyttävyyden kannalta on käsitelty luvussa 2.43.

Bikarbonaatin suhde kloridi- ja sulfaattipitoisuuksien summaan milliekvivalentteina on luonnontilaisilla alueilla yleensä yli 1,0 ja usein yli suosituksen 1,5. Poikkeuksen muodostaa Pohjanmaa, missä suhdeluku on yleensä alle 0,8 (taulukko 5). Pohjanmaan alhaiset luvut johtuvat pääasiassa hyvin pienestä bikarbonaattipitoisuudesta, hiilen esiintyessä pääasiassa hiilidioksidina. Alueella esiintyy myös suuria sulfaattipitoisuuksia, jos pohjaveden virtauskuva on ympäristöstään vettä keräävä (kuva 5 C 2 ja taulukko 2).

Soranottoalueilla suhdeluku on yleensä selvästi alle 1,0. Pienimmät arvot ovat alle 0,5. Suhdeluvun muuttuminen johtuu pääasiassa kloridi- ja sulfaattipitoisuuksien kasvusta.

Pohjaveden korroosio-ominaisuuksien voidaan todeta edellä esitetyn perusteella lisääntyvän soranoton seurauksena. Vesilaitoksilla korroosiovaikutusta voidaan vähentää lisäämällä veden bikarbonaattipitoisuutta alkaloinnin yhteydessä (kuva 24).

Pohjavesien anionipitoisuuden vaihtelut ovat kaivualueilla yleensä paljon suurempia kuin luonnontilaisilla alueilla. Tällöin esimerkiksi veden hiilidioksiidi- ja bikarbonaattipitoisuudet sekä veden kovuus ja happamuus vaihtelevat merkittävästi (kuva 25).

Vaikka veden hiilidioksidipitoisuutta voidaan pienentää esimerkiksi ilmastuksen avulla, vaikeuttaa hiilidioksidin suuri vaihtelu veden alkalointia. Luonnontilainen pohjavesi on sen sijaan suhteellisen tasalaatuisia.

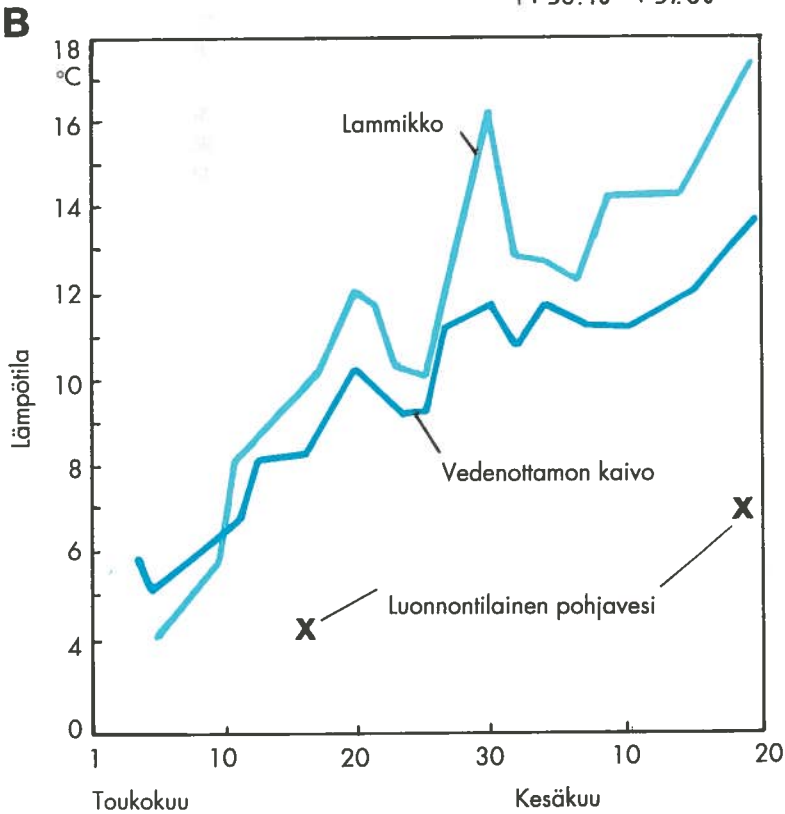
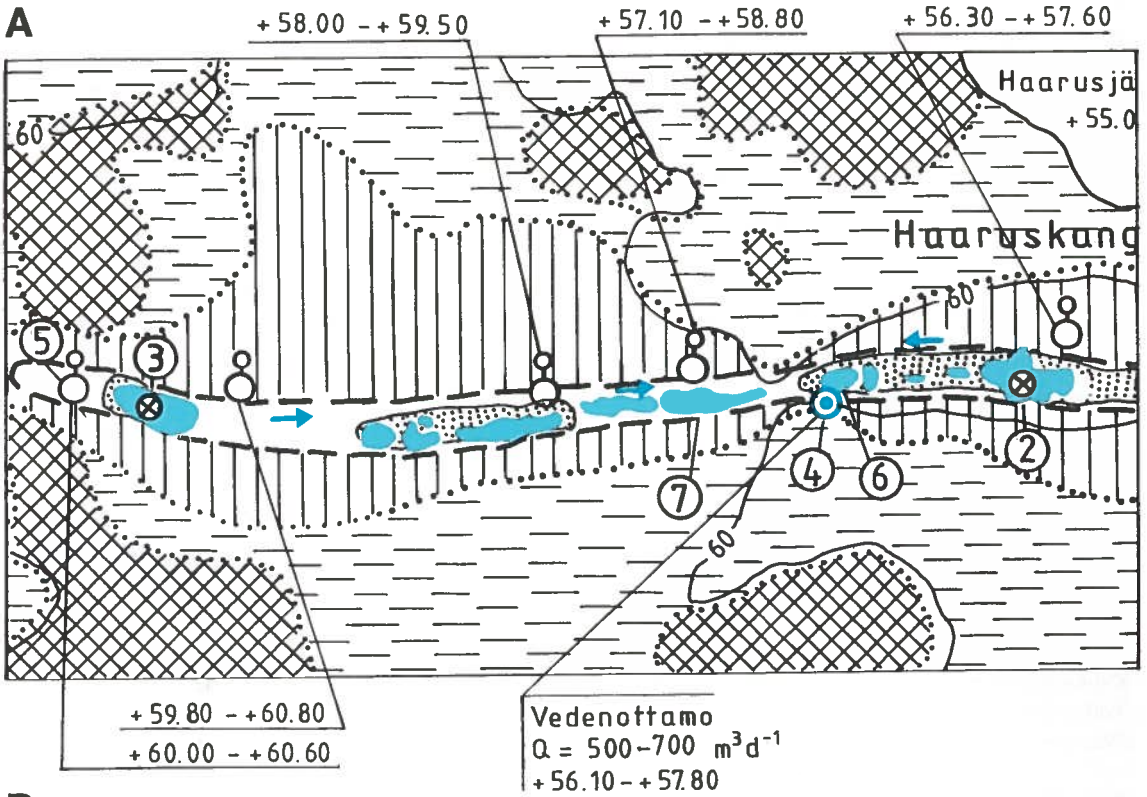
6.3 VESILAKI

Vesi- ja ympäristöhallinnon suorittamassa pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitusprojektissa käytetystä tärkeiden pohjavesialueiden määritelmästä (katso liite 6) seuraa, että kaikki yleisten vesilaitosten pohjavedenottamot sijaitsevat tärkeillä pohjavesialueilla. Vesilain 1 luvun 22 §:n mukainen vaarantamiskielto koskee koko pohjavesialueen vettä ja siten myös pohjavedenottamoilta saatavaa vettä.

Laissa ei tarkemmin määritellä, mitä termi ”olennainen huonontuminen” tarkoittaa, joten tässä asiassa tulee soveltaa tapauskohtaista harkintaa. Olennaiseksi huonontamiseksi voitane katsoa ainakin sellaiset soranotosta johtuvat laadunmuutokset, jotka edellyttävät vedenkäsittelytoimenpiteitä pohjavedenottamalla. Tällaisia muutoksia voivat olla veden syövyttävyyden lisääntyminen sekä raudan ja mangaanin poiston ja veden alkaloinnin vaikeutuminen. Myös veden lämpötilan ja sen vaihtelun kasvu erityisesti lammikoituneilla alueilla voi heikentää veden esteettistä laatua siinä määrin, että voidaan jo puhua laadun olennaisesta huonontumisesta ja yleisen edun loukkauksesta.

Pohjaveden pilaamiskiellossa tarkoitettua ”terveydellistä vaaraa” määriteltäessä käytetään perusteena sosiaali- ja terveyshallituksen kulloinkin voimassa olevissa yleiskirjeissä mainittuja raja-arvoja. Tarvittaessa voidaan käyttää myös alan kansainvälisten asiantuntijajärjestöjen kuten WHO:n ohjearvoja. Pohjaveden pilaamiskielto koskee pohjavesialueen veden vaarantamista tärkeillä ja muilla vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla riippumatta siitä, onko pohjavesi käytössä vai ei. Pohjaveden likaantumisen riski kaivualueilla voi johtua myös soranotosta riippumattomista tekijöistä, joiden mahdollisia haittavaikutuksia soranotto lisää.

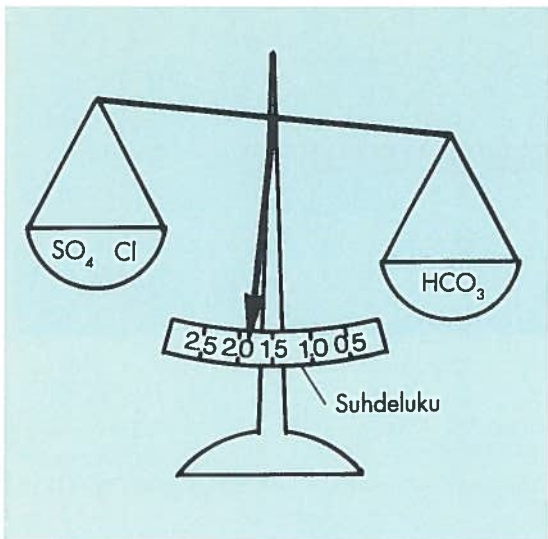
Varsin tavanomainen likaantumisen riskin aiheuttaja on pintavesien kulkeutuminen pohjavesialueille. Se voi johtua itse soranotosta tilanteissa, joissa pohjaveden pinta on ympäröivän alueen vedenpintaa alempana ja otto ulotetaan



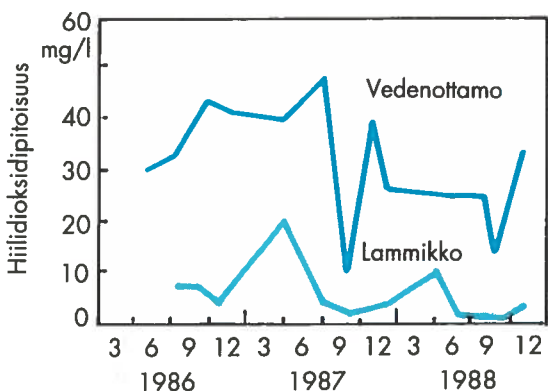
Kuva 23. Veden lämpötila luonnontilaisella alueella (hp 5, kuva A), vedenottamon kaivossa (kaivo = näytteenottopiste 4, kuva A) ja kaivon viereisessä lammikossa (näytteenottopiste 6, kuva A) keväällä 1986. Haaruskan-
kaan pohjavesialue Alahärmässä (Hyypä ja Penttinen 1993). Piirustusten merkin-
nät on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 5. Esimerkkejä luonnontilaisten ja soranottoalueiden vesijohtoveden korroosiota lisäävistä kloridi- ja sulfaattipitoisuuksista sekä niiden perusteella lasketusta veden korroosio-ominaisuuksia kuvaavasta suhdeluvusta eri tutkimuskohteissa (Hyypä ja Penttinen 1993).

Tutkimusalue	Parametri			Suhdeluku	
	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻ + Cl ⁻	mval/l mval/l
1. Etelä-Suomi					
Tuusula ja Nurmijärvi, Tuusulan harjujakso					
Luonnontilaiset alueet:					
Kapulasillanmäki	18,3	2,4	11,0	1,0	
Palaneenmäki	28,7	3,4	12,0	1,4	
Ottoalueet:					
Palaneenmäki	17,1	2,6	10,0	1,0	
Teilinummi	29,3	1,7	37,0	0,6	
Patamäki	34,8	26,0	31,5	0,4	
2. Varsinais-Suomi					
Paimio, Saari:					
Luonnontilainen	21,1	3,1	9,2	1,3	
Ottoalue	2,1	2,3	5,9	0,2	
3. Väli-Suomi					
Saarijärvi, Lannevesi:					
Luonnontilainen	14,6	2,0	3,8	1,8	
Ottoalue	21,4	7,6	9,0	0,9	
4. Etelä-Pohjanmaa					
Ylistaro, Kokkokangas:					
Luonnontilainen	1,8	1,5	4,0	0,2	
Ottoalue	6,1	1,4	4,8	0,7	



Kuva 24. Pohjaveden bikarbonaatin suhdeluku sulfaatti- ja kloridipitoisuuksien summaan (mval/l) voi olla mahdollista saavuttaa yli vaaditun tason 1,5 lisäämällä veden bikarbonaattipitoisuutta kalkki- tai kalkkikivialkaloinnin avulla sekä estämällä soranottoalueiden pölynsidontasuolaus.



Kuva 25. Veden hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu sorakuopan pohjavesilammessa ja siitä noin 600 metrin etäisyydellä olevassa vedenottamossa. Kiimingin kunnan Teeriselän pohjavedenottamo Haukiputaalla (Hyypä ja Penttinen 1993).

liian syvälle ja liian lähelle pohjavesialueen reunaan. Se voi johtua myös pintavesien johtamisesta ojituksen avulla pohjavesialueelle. Tämänkaltaisen asia käsitellään soranotosta erillisenä valvonta-asiana.

Osa soranottoon liittyvistä oheistoiminnoista on sellaisia, joiden aiheuttama pohjavesien pilaantumisvaara on mahdollista poistaa riittäväillä rakenteellisilla ja toiminnallisilla suojaustoimenpiteillä. Tällaisia ovat muun muassa palvien nesteiden varastointi työkoneita varten, koneiden säilytys ja huolto, kiviaineksen murskaus ja pesu sekä asfaltin ja öljysoran valmistus.

Näidenkään toimintojen sijoittaminen pohjavesialueelle ja varsinkin varsinaiselle pohjaveden muodostumisalueelle ei ole kuitenkaan suositeltavaa (katso luku 10).

Pölynsidonta suoloilla on esimerkki toimenpiteestä, jonka aiheuttamia haittoja ei yleensä ole mahdollista hallita. Vesilain perusteella tällainen toiminta ei ole hyväksyttävää pohjavesialueilla. Sama koskee jätteiden kaatoa ja useimmiten myös maantäyttöjä. Pesulietteen käyttö jälkihoidossa saattaa tulla kyseeseen, mikäli ensin riittävin tutkimuksin varmistetaan sen haittomuudesta.

7 Pohjaveden suojelutarve

7.1 YLEISTÄ

Monet ihmisen toiminnat uhkaavat pohjaveden laatua ja määrää. Yksi pohjavesiä uhkaava riskitekijä Suomessa on ohjaamaton ja suunnittelematon soranotto, jonka haittavaikutuksia on käsitelty edellä luvuissa 4, 5 ja 6.

Kun maamme vedenhankinta perustuu suurelta osin pohjaveden käyttöön, edellyttää pohjaveden saannin turvaaminen suojelutoimenpiteitä. Pohjavesien suojelu onkin ympäristönsuojelun yksi painopistealue.

Pohjavesien suojelutarve on otettu huomioon myös lainsäädännössä. Maa-ainesten ottoa voidaan säädellä tehokkaasti sekä maa-ainelain että vesilain avulla. Näitä lakeja ja niiden maa-ainesten ottoa koskevia kohtia on käsitelty luvussa 2. Myös rakentamista ja kaavoitusta sekä luonnonsuojelua koskevaa lainsäädäntöä voidaan soveltaa estettäessä maa-ainesten otosta aiheutuvia haittoja.

Pohjavesialueiden merkitsemisestä kaavoihin on valmistunut ympäristöministeriön työryhmän mietintö (Ympäristöministeriö 1992). Mietinnössä on käsitelty myös maa-ainesten ottoon liittyviä kysymyksiä.

7.2 NYKYTILANNE

Ennen maa-ainelain voimaantuloa maa-ainesten oton ohjaus oli puutteellista. Tämä on todettavissa vanhoilla soranottoalueilla, joilla esiin-

tyy runsaasti maisemavaurioita ja soranottoa liian läheltä pohjaveden pintaa tai pohjaveden pinnan alapuolelta.

Kun **maa-ainelaki** tuli voimaan, tilanne on olennaisesti parantunut. Tähän on vaikuttanut myös vesilain soveltamisessa vähitellen omaksettua vesioikeuskäytäntöä, kun uusi vesilaki tuli voimaan vuonna 1987.

Vesi- ja ympäristöhallinnon toimesta soranottoon on pyritty vaikuttamaan muun muassa vesi- ja ympäristöpiireille annettujen **valvonta-ohjeiden** avulla (Vesi- ja ympäristöhallitus 1991b). Lisäksi ympäristöministeriö on antanut tästä asiasta omia ohjeitaan. Soranotossa ja sen valvonnassa on kuitenkin vielä monia epäkohtia. Suurimmat **epäkohdat soranotossa** ovat seuraavat:

- Soranottolupien valvonta on hajanaista ja puutteellista.
- Lupahakemusasiakirjat ovat usein puutteellisia, mikä vaikeuttaa viranomaiskäsitelyä ja saattaa johtaa päätösten antamiseen ilman riittäviä perustietoja. Tilanne paranee uusien soranottoa koskevien ohjeiden valmistuttua.
- Tiedot pohjavesialueista ovat toistaiseksi olleet usein puutteellisia. Tilanne paranee pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitusprojektin edistyessä sekä vedenhankintaa ja pohjavesien suojelua varten tehtävien pohjavesiselvitysten lisääntyessä.

Siitä, missä määrin maamme pohjavesivarojen käyttökelpoisuus vedenhankintaan on pilattu tai sitä on heikennetty liiallisella ja suunnittelemattomalla soranotolla, ei vielä ole selvää kokonaiskuvaa. Monissa tapauksissa pohjavesialuetta ei ole voitu käyttää vedenhankintaan soranotosta johtuneen vaurion takia.

7.3 SUOJELUTAVOITTEET

Pohjaveden suojaamiseksi ja kiviaineshuollon turvaamiseksi suositellaan asetettavaksi seuraavat **tavoitteet**:

- Huolehditaan siitä, että pohjavesialueilta tapahtuvasta soranotosta ei aiheudu VL 1:18 ja VL 1:22 mukaisia seuraamuksia ja että se täyttää vesiensuojelun yleiset tavoitteet ja toimintaperiaatteet.
- Kehitetään lainsäädäntöä suoja-alue sääntöjen (VL 9:20) ja maa-ainelain (3§ ja 7§) osalta sekä muutetaan vesilain mukaisia toimenpideprosesseja ja säännöstöjä.
- Turvataan, että talousvedeksi käytettävä pohjavesi täyttää terveydelliset laatuvaatimukset ja laatuvaatimet sekä huolehditaan

siitä, että vesi täyttää myös teknillisiltä ja esteettisiltä ominaisuuksiltaan annetut ohjeet ja suositukset.

- Turvataan luonnontilaiselle pohjavedelle ominaiset laatuominaisuudet kuten viileys, raikas maku ja veden tasalaatuisuus.
- Turvataan vedenhankinnalle erityisasema pohjavesialueilla muihin maankäyttömuotoihin nähden ja veden saanti myös tulevaisuuden tarpeisiin.
- Tehostetaan maa-ainelain ja vesilain mukaista valvontaa.
- Turvataan kiviaineshuolto siten, ettei ylimitotetuilla suojoitimenpidevaatimuksilla tai muutoin kohtuuttomasti vaikeuteta soranottoa.

Soranottoon liittyvä suojelutarve kohdistuu ensisijaisesti vedenhankintaa varten tärkeille pohjavesialueille (luokka I) ja vedenhankintaan soveltuville pohjavesialueille (luokka II). Jos soranottoon haetaan lupaa pohjavesialueelle, jota ei ole vielä vesiviranomaisten toimesta kartoitettu ja luokiteltu, tulisi luokitus tehdä ennen luvan myöntämistä. Tämä koskee myös muita pohjavesialueita (luokka III). Pohjavesialueiden luokitteluperusteet on esitetty liitteessä 6.

8 Pohjaveden suojelusuositukset

8.1 SORANOTTOALUEIDEN VALINTAPERUSTEET

Pohjaveden suojeluun liittyvät näkökohdat tulisi ottaa huomioon jo soranottoaluetta valittaessa. Yleisperiaatteena tulisi olla soranoton ohjaaminen pois pohjavesialueilta, jotka säilytettäisiin mahdollisimman luonnontilaisina. Tehokas soranotto tulisi ohjata alueille, joilla ei ole merkitystä vedenhankinnassa. Soranoton päätyttyä nämä alueet maisemoidaan ja voidaan ottaa virkistyskäyttöön. Varsinaisia pohjavesialueita voidaan tällöin säästää ja säilyttää ne mahdollisimman luonnontilaisina.

Soranottoalueen paikan valinnan pohjavesialueella ja ottoluvan antamisen tulisi perustua muun muassa seuraaviin asioihin:

- Kiviaines- ja pohjavesivarojen alueellinen sekä kunnan ja pohjavesialueen yleisuunnitelma.
- Vesi- ja kiviaineshuollon intressivertailu.
- Pohjavesialueiden luokitus sekä pohjavedenottamoiden suoja-alue suunnitelmien tai pohjavesialueiden suojelusuunnitelmien mukainen vyöhykejako (kuva 27).

8.2 SUOJAKERROS

8.2.1 Suojakerroksen määrittämiseen vaikuttavat tekijät

Suojakerrospaksuuksien pieneneminen ja pohjavesialueen lammikoituminen lisäävät pohjaveden likaantumis- ja muuttumisvaaraa. Tehyjen tutkimusten perusteella useille alueille aikaisemmin suositeltu 1-2 metrin suojakerros pohjaveden pinnan yläpuolella ei ole riittävä. On osoittautunut, että pohjaveden pinta saattaa kohota keväällä maanpintaan tai sen yläpuolelle, jolloin pintavettä voi kulkeutua suoraan vedenottamolle (Hyypä ja Penttinen 1993).

Vaadittava suojakerrospaksuus ilmoitetaan yleensä metreinä ylimmästä luonnollisesta pohjaveden pinnasta. Soranottoalueella muodostuvan pohjaveden määrä lisääntyy ja veden pinnan vaihteluväli kasvaa. Jos pohjaveden pinta määritetään ennen soranottoa, on veden pinnan etukäteisseurannan tuloksena saatu korkein luonnollinen pohjaveden pinta alemmalla tasolla kuin soranoton aikana.

Suojakerroksen paksuuteen vaikuttaa myös silmämääräisesti todettavissa olevan maannoskerroksen alapuolelle kehittyvä ns. vaihettumisvyöhyke (kuva 4). Maannoskerroksen vaihettumisvyöhyke ulottuu luonnontilaisella alueella olosuhteista riippuen noin 1,5 - 2,5 metrin sy-

vyydelle maanpinnasta (Sandborg 1993).

Maannoskerros alkaa muodostua uudelleen soranottoalueilla, jos olosuhteet ovat tähän otolliset. On tärkeää, että pohjaveden pinta ei nouse vuosittain maannosvyöhykkeeseen sekä liuota ja huuhtelee maa-ainekseen saostuneita ja sitoutuneita yhdisteitä sekä häiritse maannosvyöhykkeen kehittymistä. Tilapäinen pohjaveden pinnan nousu maannoksen vaihtumisvyöhykkeeseen esimerkiksi kerran muutamassa vuosikymmenessä ei kuitenkaan häirinne maannosvyöhykkeen kehittymistä.

Kolmas suojakerroksen paksuuteen vaikuttava tekijä on ottoalueen laajuus. Jos ottoalue on pohjaveden muodostumisalueeseen nähden pieni ja alueelta ei ole otettu soraa aikaisemmin, on sen vaikutus pohjaveden pinnan korkeuden vaihteluihin pieni.

Pohjaveden pinnan yläpuolelle jätettävän **suojakerroksen paksuutta** määritettäessä tulisi ottaa huomioon ainakin seuraavat tekijät:

- Pohjavedenottamon suoja-alueen tai pohjavesialueen suojelusuunnitelman vyöhykejako.
- Soranottoalueiden osuus pohjaveden varsinaisen muodostumisalueen kokonaispinta-alasta ja ottoalueiden etäisyys vedenottamosta.
- Soranottoalueella tapahtuva pohjaveden laadun muutos verrattuna luonnontilaisen pohjaveden laatuun.
- Soranottoon liittyvä pohjaveden likaantumiseriski.
- Puuston ja kasvillisuuden poistosta aiheutuva pohjaveden muodostumisen lisääntyminen ja pohjaveden pinnan nousu.
- Pohjaveden pinnan korkeuden vaihteluvälin suureneminen soranottoalueilla.
- Pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelu eri vuodenaikoina, pohjaveden pinnan mittauksen ajankohta ja pohjaveden pinnan vaihteluerot maan eri osissa.
- Sadannan mahdollinen lisääntyminen (kasvihuoneilmiö).
- Maannos- ja vaihtumisvyöhykkeen palautumiseen tarvittava aika ja kerros-paksuus.
- Kasvien ja puuston vaatimukset kasvu- alustalle.
- Jälkihoidon ja -käytön asettamat vaatimukset.

Pohjaveden pinnan korkeuden vaihteluun maan eri osissa liittyviä kysymyksiä on tarkasteltu yksityiskohtaisesti luvussa 4.3.

8.2.2 Suojakerroksen määrittäminen

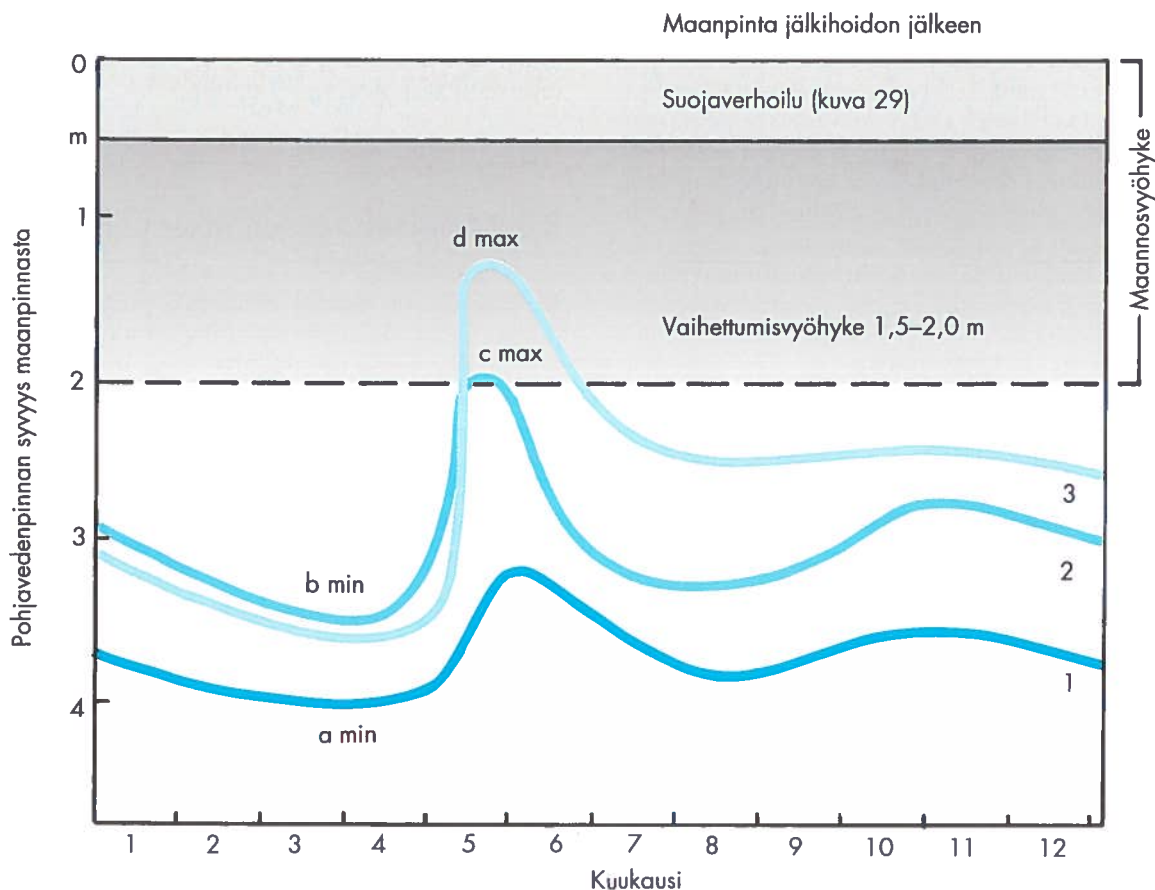
Kuvassa 26 on esitetty esimerkki pohjaveden pinnan korkeuden vaihteluista luonnontilaisella ja laajalla soranottoalueella sekä maksimivaihtelu pitkällä aikavälillä. Kuvassa on esitetty myös maannoskerroksen ja vaihtumisvyöhykkeen tarvitsema noin 2 metriä paksu maakerros.

Jos soranotto halutaan ulottaa mahdollisimman lähelle suositeltavaa alinta tasoa eli korkeintaan 2 metriä ylimmästä tutkitusta luonnollisesta pohjaveden pinnasta, pohjaveden pinnan selvittämiseksi tarvitaan tietoja pohjaveden pinnan korkeudesta usean vuoden (yli 5 vuotta) ajalta. Mittaukset tulisi tehdä tällöin neljä kertaa vuodessa alimman ja ylimmän vedenpinnan selvittämiseksi. Tällöin on otettava huomioon, että mittausajankohdat vaihtelevat maan eri osissa sääolosuhteista riippuen (luku 4.3.2, kuva 13).

Ylimmän luonnollisen pohjaveden pinnan luotettava määrittäminen voi edellyttää kuitenkin mittauksen tekemistä pohjaveden pinnan ollessa korkeimmillaan esimerkiksi keväällä noin viikon välein. Jos pohjaveden pintaa ei ole mitattu riittävän usein ja useiden vuosien aikana, tulisi tästä aiheutuva virhe ylimmän luonnollisen pohjaveden pinnan korkeudessa ottaa huomioon suojakerroksen paksuutta määriteltäessä.

Kun suojakerroksen määrittely perustuu esimerkiksi pohjaveden pinnan kertamittaukseen tai yhden vuoden mittausarjaan, tulisi suojakerroksen paksuus määritellä tällöin suuremaksi kuin luotettavasti tutkitun pohjaveden pinnan korkeuden perusteella määritelty suojakerroksen paksuus. Suojakerroksen paksuutta voidaan myöhemmin tarkistaa, kun soranottoalue laajenee ja pohjaveden pinnan mittausarjat pitenevät ja ovat luotettavia.

Pitkän jakson ylin luonnollinen pohjaveden pinnan korkeustaso voidaan arvioida karkeasti sadantatietojen, lyhyen jakson (vähintään vuosi) seurantatietojen sekä alueelta mahdollisesti käytettävissä olevien pitkän jakson seurantatietojen perusteella. Pitkän jakson pohjaveden pinnan



- 1 Pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelu luonnontilaisella alueella (a = alin pohjaveden pinta ennen soran ottoa).
- 2 Pohjaveden pinnan vaihtelu laajalla soranottoalueella (ottoalueen osuus yli 50 % pohjaveden varsinaisesta muodostumisalueesta) (b = alin pohjaveden pinta ja c = ylin pohjaveden pinta soranottoalueella). Pohjaveden pinnan mittauksia tehty vähintään 5 vuoden ajan.
- 3 Suurin pohjaveden pinnan vaihtelu esimerkiksi yli 10 vuoden aikana laajalla soranottoalueella (d = poikkeuksellisen korkea pohjaveden pinta).

Kuva 26. Vuodenaikojen vaikutus pohjaveden pinnan korkeuteen ja suojakerroksen paksuuden määrittämiseen luonnontilaisella pohjavesialueella ja laajalla soranottoalueella.

seurantahavaintojen saamiseksi suositellaan perustettavaksi havaintoverkosto jokaiseen vesi- ja ympäristöpiiriin (luku 11).

Suojakerrospaksuus suositellaan määriteltäväksi aina tapauskohtaisesti. Yleisperiaate on, että ylimmän luonnollisen pohjaveden pin-

nan yläpuolelle jäisi laajankin soranoton jälkeen suojakerros, jonka paksuuden tulisi olla vähintään 2 metriä. Seuraavassa on esitetty esimerkkejä suojakerroksen paksuuden määrittämisestä erilaisissa soranotto-olosuhteissa vedenottamon kaukosuojavyöhykkeellä:

Esimerkki 1

Pohjaveden pinnan korkeuden mittaus tehty talvella luonnontilaisella pohjavesialueella ennen soranottoa. Mitattu pohjaveden pinnan korkeus (alin pohjaveden pinta) on + 85,0 (kuva 26, taso a). Alin sallittu kaivutaso + 89,0 määritellään tällöin seuraavasti:

$$+ 89,0 = + 85,0 + \text{vaihteluväli (2 m)} + \text{maannosvyöhyke (2 m)}$$

Esimerkki 2

Pohjaveden pinnan korkeuden mittaus tehty talvella (alin pohjaveden pinta) laajalla soranottoalueella. Mitattu alin pohjaveden pinnan korkeus on + 85,5 (kuva 26, taso b). Alin sallittu kaivutaso + 89,0 määritellään tällöin seuraavasti:

$$+ 89,0 = + 85,5 + \text{vaihteluväli (1,5 m)} + \text{maannosvyöhyke (2 m)}$$

Esimerkki 3

Pohjaveden pinnan mittauksia tehty vähintään viiden vuoden ajan laajalla soranottoalueella. Mitattu korkein pohjaveden pinnan korkeus on + 87,0 (kuva 26, taso c). Alin sallittu kaivutaso + 89,0 määritellään tällöin seuraavasti:

$$+ 89,0 = + 87,0 + \text{vaihteluväli (0m)} + \text{maannosvyöhyke (2 m)}$$

8.2.3 Suojavyöhykkeet ja suojakerroksen paksuus

Vesi- ja ympäristöhallitus on esittänyt valvonta-ohjeessaan "Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat", että pohjavesialueilla tapahtuvia toimintoja ja maankäyttöä voidaan ohjata ja rajoittaa suojelusuunnitelman suojavyöhykejaon mukaisesti. Vastaavanlaista käytäntöä on usein noudatettu vesioikeudellisessa suoja-aluemenettelyssä. Suojavyöhykejakoä suositellaan käytettäväksi myös soranoton haittavaikutusten estämiseen pohjavesialueiden eri osissa (Vesi- ja ympäristöhallitus 1991a ja b). Soranotto tulisi ottaa huomioon yhtenä suojavyöhykkeiden määrittelyperusteena.

Suunniteltaessa pohjavesien suojelutoimenpiteitä ja -vyöhykkeitä tärkeillä (luokka I) ja vedenhankintaan soveltuvilla (luokka II) ja muilla (luokka III) pohjavesialueilla suositellaan soranottoon liittyvissä kysymyksissä sovellettavaksi seuraavia periaatteita (kuva 27):

VEDENOTTAMO

Käytössä olevat pohjavedenottamot ja tutkitut vedenottoalueet ja arvioidut vedenottovyöhykkeet ovat pohjavesien suojelun kannalta tärkeimpiä paikkoja. Niiden sijainnin tunteminen on tärkeää sekä vedenhankinnan että soranoton suunnittelun kannalta. Samoin olisi tärkeää

selvittää mahdolliset jälleenimeytys- ja teko-pohjaveden muodostamisalueet, jotka rinnastetaan vedenottamoalueisiin, jos veden viipymä on alle 50-60 vuorokautta imeytysalueelta vedenottamolle.

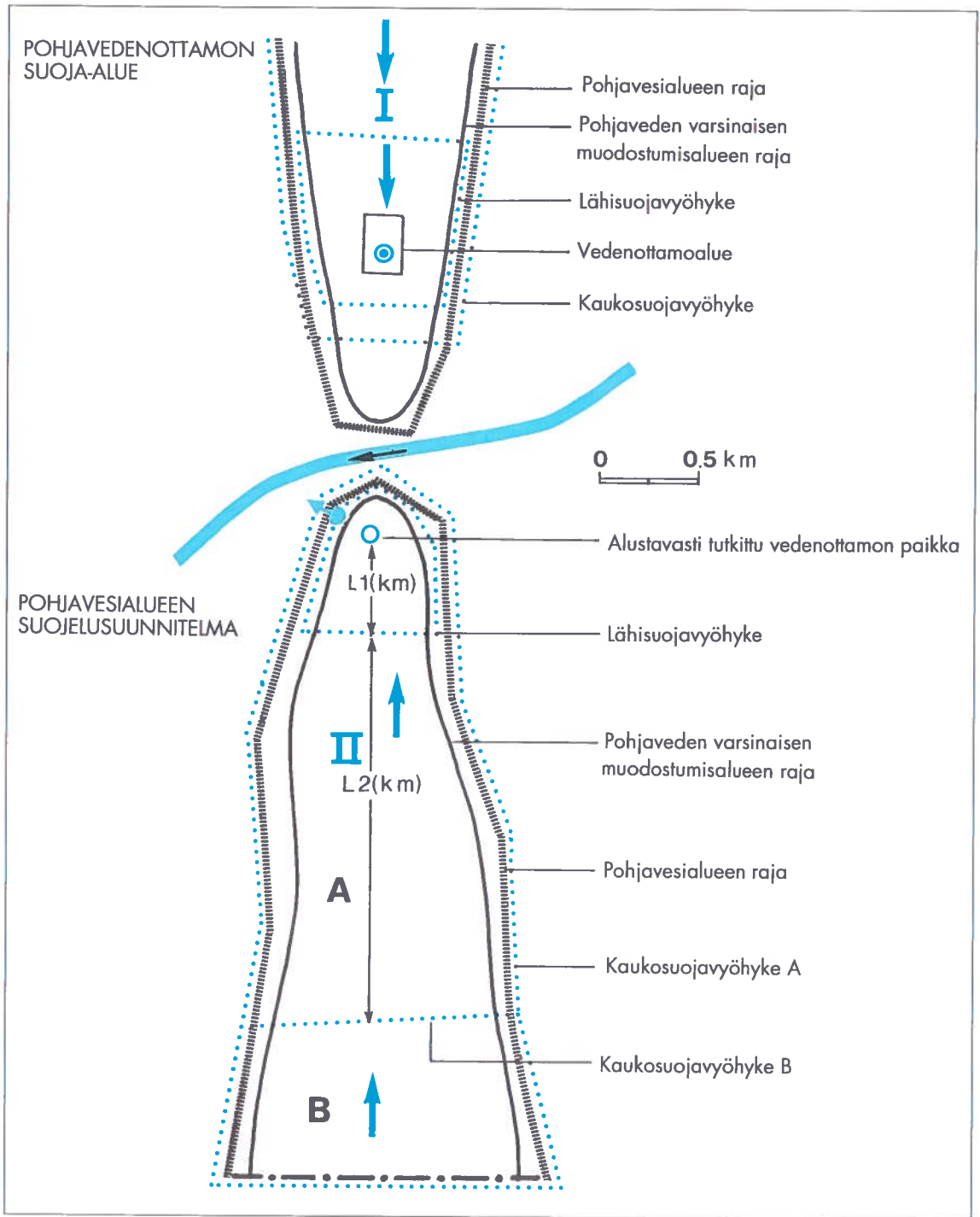
Soranottoa koskevat suositukset:

- Vedenottamoalueilla tulisi sallia vain vedenottoon liittyvä toiminta.
- Vedenottamoiden sijoitusta pohjavesilammikoiden vaikutuspiiriin tulisi erityisesti välttää.
- Vedenottamoalueen suositeltava minimikoko on noin 0,5 ha.

LÄHISUOJAVYÖHYKE

Ottamoiden, tutkittujen vedenottoalueiden tai arvioitujen vedenottovyöhykkeiden ympärille tulisi määrittellä ohjeelliset lähisuojavyöhykkeet. Pohjavedenottamolta saatavan veden hygieenisen saastumisen estäminen ei lainmuutoksista johtuen enää olisi vyöhykkeen ensisijainen määrittelyperuste. Uutena määrittelyperusteena tulisi olla erityisesti soranoton haittavaikutusten estäminen ja pohjaveden tasalaatuisuuden turvaaminen.

Lähisuojavyöhyke mitoitetaan siten, että pohjaveden virtausaika vyöhykkeen rajalta vedenottamolle on vähintään 50...60 vuoro-



Kuva 27. Periaatepiirros vedenhankintaa varten tärkeän (I) pohjavesialueen suoja-alueesta ja vedenhankintaan soveltuvan (II) pohjavesialueen suojeleusuunnitelmasta. Kaukosuojayöhykkeen B etäisyys L_2 (km) lähisuojayöhykkeestä suositellaan arvioitavaksi vedenhankintaan soveltuvilla (II) pohjavesialueilla karkeasti lähisuojayöhykkeen laajuuden L_1 (km) perusteella ($L_2 = 3-4 \times L_1$ (km)). Suojayöhykkeitä määriteltäessä tulisi ottaa huomioon mahdollinen lisävedenottamon rakentamismahdollisuus kaukosuojayöhykkeelle A.

kautta. Lähisuojavyyhykkeen pituus pohjaveden virtaussuunnassa on tällöin yleensä muutamasta sadasta metrillä yli puoleen kilometriin.

Soranottoa koskevat suositukset:

- Soran ottaminen tulisi kieltää luonnontilaisina säilyneillä alueilla sekä alueilla, joita tullaan käyttämään jälleenimeytykseen tai tekopohjaveden muodostamiseen.
- Suojakerroksen paksuus tulisi määritellä siten, että ylimmän tutkitun luonnollisen pohjaveden pinnan yläpuolelle jäävän maakerroksen paksuus on jo avatuilla soranottoalueilla pohjavesiolosuhteista ja pohjaveden pinnan mittauksen ajankohdasta, soranottoalueen laajuudesta sekä alueen jälkikäytöstä riippuen vähintään 4-6 metriä.
- Soran ottaminen tulisi kieltää pohjaveden pinnan alapuolelta lukuunottamatta vanhan ottoalueen jälkihoitoon liittyviä vanhojen lampien puhdistukseen ja täyttöön liittyviä toimenpiteitä (kuva 31).

KAUKOSUOJAVYÖHYKKE

Ottamoiden tai tutkittujen vedenottamoalueiden ympärille määritellään kaukosuojavyyhykkeet. Vedenhankintaan soveltuvilla alueilla kaukosuojavyyhyke määritellään alustavasti tutkittujen tai arvioitujen vedenottoalueiden tai -vyyhykkeiden ympärille.

Kaukosuojavyyhyke käsittää jo olevaan tai suunniteltavaan vedenottamoon tai arvioituun vedenottovyyhykkeeseen liittyvän pohjavesialueen osan. Kaukosuojavyyhyke voidaan jakaa tarvittaessa sisempään (A) ja ulompaan vyyhykkeeseen (B). A- vyyhyke käsittää tavallisesti varsinaisen vettä hyvin läpäisevän harjun ydinalueen. B- vyyhykkeeseen voivat kuulua esimerkiksi varsinaiseen pohjaveden muodostumisalueeseen kuuluvat kallio- ja moreeni-alueet, laajan muodostumisalueen reunaosat sekä laajan pohjavesialueen vedenjakaja-alueisiin liittyvät osat (kuva 27).

Kaukosuojavyyhykettä B määriteltäessä tulisi ottaa huomioon mahdollinen lisävedenottamon rakentamismahdollisuus tai -tarve esimerkiksi pitkän harjualueen kaukosuojavyyhykkeelle A, mikä voi vaikuttaa kaukosuojavyyhykkeen B määrittelytarpeeseen ja sijaintiin.

Kaukosuojavyyhyke tai kaukosuojavyyhykkeen osa A (luokat I ja II)

Soranottoa koskevat suositukset:

- Suojakerroksen paksuus tulisi määritellä siten, että ylimmän tutkitun luonnollisen pohjaveden pinnan yläpuolelle jäävän maakerroksen paksuus on pohjavesiolosuhteista ja pohjaveden pinnan mittauksen ajankohdasta, soranottoalueen laajuudesta ja alueen jälkikäytöstä riippuen vähintään 2-4 metriä. Jos luonnontilaisen pohjaveden pinnan yläpuolella olevan maakerroksen paksuus on noin 5 metriä, soranottoa ei tulisi sallia.
- Soran ottaminen tulisi kieltää pohjaveden pinnan alapuolelta lukuunottamatta vanhan ottoalueen jälkihoitoon liittyvää ottoa ja suojelutoimenpiteitä (kuva 31).

Kaukosuojavyyhyke B (luokka II)

Soranottoa koskevat suositukset:

- Soran ottaminen voidaan sallia pohjaveden pinnan alapuolelta veden hankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla, jos siitä ei aiheudu haittaa vedenhankinnalle. Soranotto tulisi suunnitella ja toteuttaa siten, että siitä ei ole seurauksena pintavesien kuten suoiesien tai huononlaatuisten pohjavesien kulkeutumista pohjavesialueelle.
- Jos ottoa ei uloteta pohjaveden pinnan alapuolelle, tulisi suojakerroksen paksuus määritellä kuten kaukosuojavyyhykkeellä A.

8.2.4 Suojakerroksien ja -vyyhykkeiden tarve

Luvussa 8.2.3 määriteltyä **paksumpaa suoja-kerrosta** suositellaan käytettäväksi muun muassa seuraavan kaltaisissa olosuhteissa:

- Vedenotosta johtuva pohjaveden pintaa alentava vaikutus soranottoalueella ei ole tiedossa (vedenoton vaikutuksesta tapahtuvaa pohjaveden pinnan alenemaa ei suositella otettavaksi huomioon suojakerrosta määriteltäessä).

- Soranottoalue on tekopohjavesilaitoksen vaikutuspiirissä.
- Maaperää käytetään hyväksi vedenkäsittelyssä jollain muulla tavalla kuten jälleenimeytyksessä.
- Kohteissa, joissa onnettomuuden tai muun sellaisen seurauksena maaperään voi päästä suuria määriä haitallisia aineita (esimerkiksi suojaamattomat maantiet).
- Rakentamisen ja jälkikäytön asettamat erityisvaatimukset.

Pohjaveden pinnan ylimmän tutkitun luonnollisen korkeuden yläpuolelle on suositeltu jätettäväksi kaukosuojavyöhykkeillä vähintään kahden metrin suojakerros. Luonnollisella pohjaveden pinnalla tarkoitetaan sekä luonnollisessa että soranottoalueilla olevaa pohjaveden pintaa, johon muu ihmisen toiminta kuten pohjaveden otosta johtuva tai muu sellainen lasku tai nousu ei ole vaikuttanut.

Vedenottamon tai alustavasti tutkitun vedenottamoalueen tai -vyöhykkeen **kaukosuojavyöhykkeelle** esitettyä suojakerroksen paksumutta koskevia suosituksia voidaan perustella muun muassa seuraavasti:

- Estetään pohjaveden pinnan nousu maanosvyöhykkeeseen (2 m) ja siihen pidätyneiden suolojen huuhtoutuminen suoraan pohjaveteen.
- Vähennetään liian ohuesta suojakerroksesta aiheutuvia pohjaveden lämpötilan vaihteluita.
- Ennakoidaan pohjaveden pinnan mahdollista nousua tulevaisuudessa.
- Parannetaan suojakerroksen pohjavettä suojaavaa vaikutusta ja vähennetään pohjaveden likaantumiseriskiä (kuva 28 C ja D).
- Parannetaan soranottoalueen jälkikäyttöarvoa (kuva 28 C, D ja E).
- Suositeltu suojakerroksen kahden metrin vähimmäispaksuus vastaa aikaisempia yleisesti käytettyjä vesi- ja ympäristöhallinnon ohjeita, joita on tarkennettu tässä yhteydessä.

Vedenottamon tai alustavasti tutkitun vedenottoalueen **lähisuojavaiohykkeelle** esitettyjä suosituksia voidaan perustella muun muassa seuraavasti:

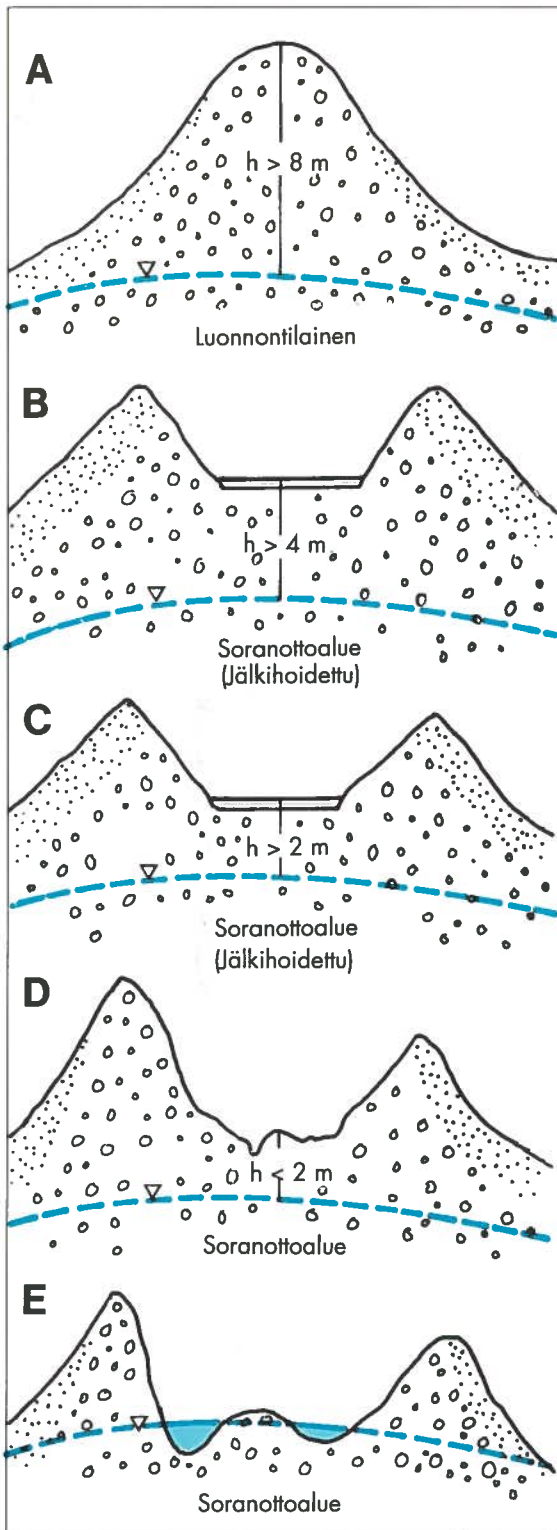
- Turvataan pohjaveden tasalaatuisuus mahdollisimman hyvin. Luonnontilainen tai lähes luonnontilainen lähisuojavaiohyke tasaa soranotosta kaukosuojavyöhykkeellä aiheutuvia veden laadun muutoksia ja vaihteluita vedenottamalla.
- Säilytetään mahdollisuudet maaperän hyväksikäyttöön veden käsittelyssä (tekopohjaveden muodostaminen pintavedestä, raudan ja mangaanin poisto jälleenimeytyksellä).
- Säilytetään maaperäolosuhteet pohjaveden suojelun kannalta mahdollisimman hyvinä, jolloin pohjaveden likaantumiseriski on vedenottamon läheisyydessä pieni (kuva 28 A ja B).
- Säilytetään alueen käyttöarvo esimerkiksi virkistysalueena.

Pohjaveden pinnan alapuolelle ulottuvalle soranotolle esitettyjä suosituksia voidaan perustella muun muassa seuraavasti:

- Soranotto pohjaveden pinnan alapuolella lisää merkittävästi pohjaveden laadun vaihteluita ja likaantumiseriskiä. Soranotto pohjaveden pinnan alapuolelta ei ole näin ollen suositeltavaa vedenhankintaa varten tärkeillä pohjavesialueilla.
- Soranotto pohjaveden pinnan alapuolelta voidaan sallia vain poikkeustapauksissa vanhan ottoalueen kunnostuksen yhteydessä sekä vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla kaukosuojavyöhykkeellä B. Tällöin edellytyksenä on, että soranotto ei vaikuta vedenottoalueelta tai -alueilta otettavan pohjaveden laatuun tai lisää likaantumiseriskiä.

8.2.5 Arvio suojakerroksen paksuuden vaikutuksista pohjaveteen

Pohjaveden pinnan yläpuolella olevan luonnontilaisen tai kaivalueelle jäävän maakerroksen paksuus ja sen päällä oleva maannoskerros ja kasvillisuus vaikuttavat ratkaisevasti pohjaveden laatuun ja määrään.



- veden laatu vaihtelut pieniä
- hydrogeologiset olosuhteet pohjaveden suojelun kannalta hyvät
- pohjaveden likaantumisen riski pieni
- pohjavesivahinkojen torjuntatoimenpiteet vaikeita toteuttaa, aikaa melko paljon
- alueen käyttöarvo erittäin hyvä

- veden laatu vaihtelut havaittavissa
- hydrogeologiset olosuhteet pohjaveden suojelun kannalta kohtalaiset
- pohjaveden likaantumisen riski kohtalainen
- torjuntatoimenpiteet suhteellisen helppoja toteuttaa, aikaa kohtalaisesti
- alueen käyttöarvo hyvä

- veden laatu vaihtelut selvästi havaittavissa
- hydrogeologiset olosuhteet pohjaveden suojelun kannalta tyydyttävät
- pohjaveden likaantumisen riski kasvaa
- torjuntatoimenpiteet nopeasti toteutettavissa, aikaa vähän
- alueen käyttöarvo tyydyttävä

- veden laatu vaihtelut merkittäviä
- hydrogeologiset olosuhteet pohjaveden suojelun kannalta huonot
- pohjaveden likaantumisen riski suuri
- torjuntatoimenpiteet nopeasti toteutettavissa, aikaa hyvin vähän
- alueen käyttöarvo pieni

- veden laatu vaihtelut suuria
- hydrogeologiset olosuhteet pohjavedensuojelun kannalta erittäin huonot
- pohjaveden likaantumisen riski erittäin suuri
- alueella ei käyttöarvoa (joutomaata)

Kuva 28. Periaatekuva pohjaveden pinnan yläpuolella olevan maakerroksen paksuuden (h) vaikutuksesta pohjaveteen ja pohjavesialueen käyttöarvoon.

Luonnontilaisilla alueilla, jossa pohjavedenpinnan yläpuolella on paksu maakerros, pohjavesi on tasalaatuista ja likaantumiseriski on pieni (kuva 28 A). Jos pohjavedenpinnan yläpuolella olevan maakerroksen paksuus pienenee esimerkiksi 3 - 4 metriin, pohjaveden laatu vaihtelut lisääntyvät. Pohjaveden suojelun kannalta olosuhteet ovat kuitenkin paremmat kuin esimerkiksi 28 C.

Jälkihoidetuilla alueilla tilanne paranee kasvillisuuden lisääntyessä ja puuston kasvaessa. Luonnontilaisten olosuhteiden saavuttaminen kestää kasvillisuuden osalta kuitenkin kymmeniä vuosia ja maannoskerroksen osalta vielä kauemmin. Pohjavettä suojaavan kerroksen ohentuessa haittavaikutukset lisääntyvät (kuva 28 C).

Jos sora otetaan lähelle pohjaveden pintaa tai sen alapuolelle (kuvat 28 D ja 28 E) pohjaveden laatu vaihtelut ja likaantumiseriski kasvavat. Alueiden käyttöarvo erilaisiin tarkoituksiin on pieni tai alueesta voi muodostua joutomaata. Tällaisten alueiden kunnostaminen on kallista.

8.3 SORANOTTOALUEIDEN JÄLKIHOITO

8.3.1 Yleistä

Soranottoalueiden jälkihoidolla tarkoitetaan soranoton aikana tai sen loputtua tehtäviä toimenpiteitä, joilla vähennetään soranoton pohjavesivaikutuksia, lisätään yleistä siisteyttä alueella ja siten pienennetään pohjaveden likaantumiseriskiä sekä toimenpiteitä, joilla alue muotoillaan ja kunnostetaan maisemaan ja jälki käyttöön sopivaksi.

Jälkihoitoon kuuluvat:

- alueen siistiminen kaivun jäljiltä
- alueen muotoilu, suoja-verhoilu ja istutukset
- jälkikäytön erityisvaatimukset
- valvonta, että ottoaluetta ei käytetä kaato-paikkana
- tarpeettomien kulkuväylien katkaiseminen.

8.3.2 Jälkihoidettavat alueet

Pohjaveden suojelun kannalta ensisijaisesti jälkihoidettavia alueita ovat tärkeillä (luokka I) ja vedenhankintaan soveltuvilla (luokka II) pohjavesialueilla sijaitsevat soranottoalueet.

Jälkihoidon tarve on suurin lähisuojavyöhykkeellä ja kaukosuojavyöhykkeellä A (kuva 1 ja 27). Kaukosuojavyöhykkeellä B voi tulla kysymykseen kevyt jälkihoito (kuva 30).

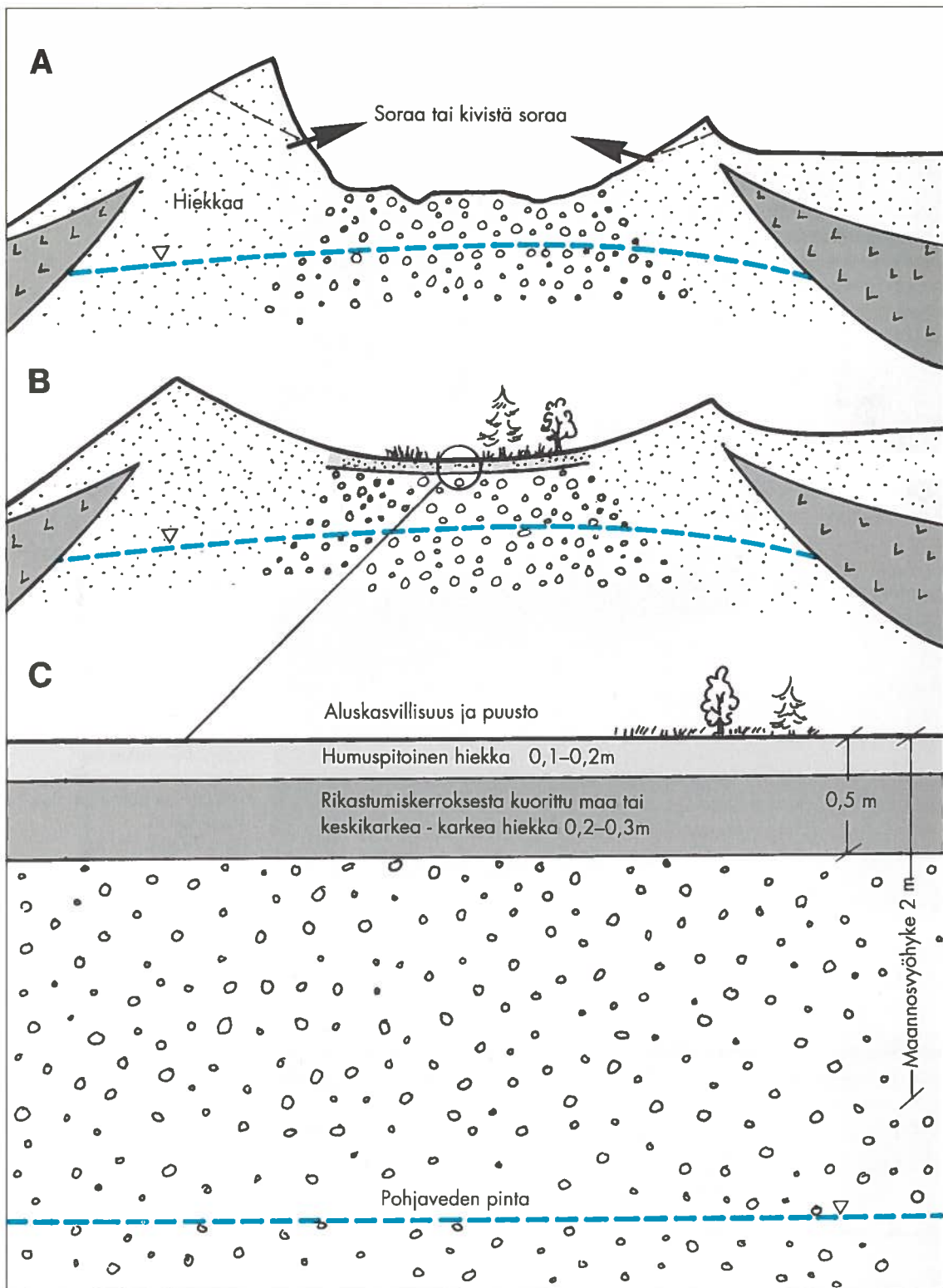
8.3.3 Jälkihoitotavat

8.3.3.1 Suojaverhoilu

Suojaverhoilulla pyritään saamaan aikaan seuraavia vaikutuksia:

- Uuden, biologisesti aktiivisen ja pohjavettä suojaavan aluskasvillisuuden ja puuston kasvualustan luominen.
- Maan pinnalle sadeveden mukana tai muutoin joutuvien pohjavedelle haitallisten aineiden pidättäminen ja biologinen hajoaaminen.
- Pohjaveden likaantumisherkkyyden vähentäminen.
- Maaperän ja pohjaveden happamoitumisen estäminen tai hidastaminen.
- Eroosioaurioiden pienentäminen ja vajoveden viipymän pidentäminen.
- Pohjaveden laatu vaihtelujen vähentäminen ja veden pinnan vaihtelujen pienentäminen.
- Uuden maannoksen kehittymisen nopeuttaminen.

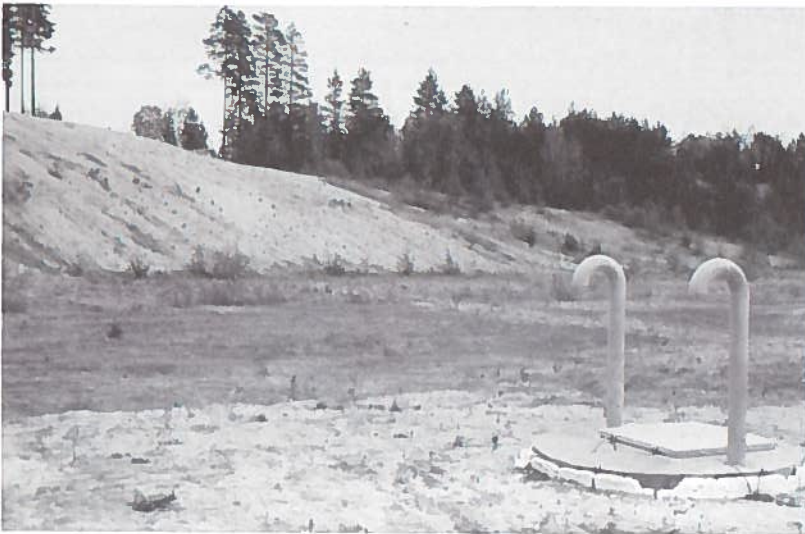
Luontaista maannosta jäljittelevän verhoilun on todettu palauttavan vajoveden laadun lähelle luonnontilaisen vajoveden laatua (Sandborg 1993). Erittäin tärkeää on sopivan humusmäärän lisääminen maan pintakerrokseen. Verhoilussa on suositeltavaa käyttää alueelta siirrettyjä pintamaita tai muuta tarkoitukseen hyvin sopivaa orgaanista ainesta. Pintamaista kuoritaan ensin humuskerros ja sen jälkeen toisessa vaiheessa humuskerroksen alapuolella oleva rikastumis-kerros. Ennen soranoton aloittamista kuoritut pintakerrokset varastoidaan ja levitetään soranoton päätyttyä maan pintaan alkuperäisessä järjestyksessä (kuva 29).



Kuva 29. Soranottoalueen jälkihoidon yhteydessä tehtävät massansiirrot (A), jälkihoito ja vaativa suojaverhoilu (B ja C).



Tavanomaista jälkihoitoa metsittämällä (lysimetrikoe). Maanpinnalta puuttuu pohjavettä suojaava aluskasvillisuus, mikä hidastaa uuden maannoksen kehittymistä. Palaneenmäen lysimetrikenttä Tuusulassa. (Kuva Tuomo Hatva)



Esimerkki vedenottamoalueen jälkihoidosta, missä karkeat vettä hyvin läpäisevät sorakerrokset on suoja-verhoiltu puhtaalla vettä läpäisevällä hiekalla. Maanpinnalta puuttuu pohjavettä suojaava aluskasvillisuus, mikä hidastaa uuden maannoksen kehittymistä. Vanhassa sorakuopassa oleva vedenottamoalue on riittävän laaja ja aidattu. Peltosalmen pohjavesialue lisalmessa. (Kuva Tuomo Hatva)



Kunnostettu sorakuopan pohjavesilampi. Alueella on pohjavedenottamo, jossa lämpötila vaihtelee 4,4–10 °C. Vedenottamolta otettava pohjavesi virtaa alueelle pääasiassa lampialueen ulkopuolelta. Vedenottamos-ta otettavan pohjaveden likaantumiseriski on kuitenkin ottamon sijainnista johtuen suuri. Fazerilan pohjavedenottamo Jakomäen pohjavesialueella Vantaalla. (Kuva Tuomo Hatva)

Soranottoalue, missä soraa on otettu lähelle pohjavedenpintaa. Alueen kunnostaminen rakennusalueeksi olisi vaatinut noin kolmen metrin täytön vettä hyvin läpäisevällä soralla ja hiekalla ja tullut erittäin kalliiksi. Alue on joutomaata. Lahelan pohjavesialue Tuusulassa. (Kuva Tuomo Hatva)



Esimerkki hyvin toteutetusta soranottoalueen jälkikäytöstä. Vanhan sorakuopan pohjavesilammen rannalle on rakennettu uimaranta (A) ja uimalaitos (B). Alueen vaikutuspiirissä ei ole käytössä olevia pohjavedenottoamaita. Ristiimäen pohjavesialue Tuusulassa. (Kuva Tuomo Hatva)



A

B



Pintamaiden läjityskasoja ei suositella sijoitettavaksi soranottoalueelle eikä pohjaveden karkearakeiselle päävirtausvyöhykkeelle. Kasoissa tapahtuu humuksen vähenemistä, joten säilytysaika tulisi minimoida.

Harjun vettä hyvin läpäisevää soraa, hiekaista soraa tai soraa ja kiviä käsittävä yhdistelmä suosittelaa peitettäväksi aina suojaverhoilun yhteydessä puhtaalla vettä hyvin läpäisevällä hiekkakerroksella. Hiekka voidaan ottaa saman kaivualueen reunamilta tai tarvittaessa tuoda muualta. Pintamaat sekoitetaan hiekkakerroksen pintaosaan (kuva 29).

Jos käytetään muualta tuotua humusta, on sen ominaisuudet (herkkäliukoiset haitalliset aineet) selvittettävä. Humus sekoitetaan suojaverhoilun yhteydessä soran päälle asennetun hiekkakerroksen pintaosaan tai hiekkaisilla mailloilla pohjamaahan. Humuksen osuus pintarakenteessa ei saa olla niin suuri, että sitä huuhtoutuisi pohjaveteen.

8.3.3.2 Istutukset

Kasvillisuus suojaa pohjavettä pidättämällä haitallisia aineita kuten typpiyhdisteitä. Kasvit sitovat verhoilun ja vähentävät maanpintaa rikkovaa eroosiota. Pinnasta tulee biologisesti toimiva kokonaisuus. Soranottoalueiden istutuksissa on tärkeää saavuttaa nopeasti suuri peittävyys, jolloin ensi vaiheessa korostuu aluskasvillisuuden osuus.

Puustoksi suositellaan sekapuustoa, jolloin mäntymetsiä perustettaessa pioneeriapuuna käytetään yleensä rauduskoiivua ja pihlajaa ja kuusimetsiä perustettaessa kosteille paikoille haapaa, raitaa sekä harmaa- ja tervaleppää. Aluskasvillisuudeksi kylvetään alueelle luonteenomaisia kasvilajeja tai nurmikkaa. Nurmetus voidaan tehdä myös niin kutsutulla katemenetelmällä, jossa maan pinnalle ruiskutetaan siemenet, lannoitteet sekä kate- ja sideaineet vesiseoksena. Aineiden haitallisuus pohjaveden kannalta on kuitenkin ensin selvittettävä.

Jos lannoitus on tarpeen, suositellaan se tehtäväksi asiantuntijan opastuksella. Liikalannoitusta on ehdottomasti vältettävä. Puhdistamolietettä tai lietelantaa ei pohjavesialueella saa käyttää.

8.3.3.3 Muotoilu

Alueiden muotoilulla on suuri maisemallinen

merkitys. Pohjaveden suojelun kannalta muotoilun tärkein tehtävä on maan pintaa rikkovan eroosion estäminen. Kasvillisuuden nopea kehittyminen vähentää myös eroosiota. Tärkein muotoilutapa on jyrkkien rinteiden loiventaminen (1:3 tai loivempi).

Soranottoalueen hienorakeisia (hieno hiekka ja siltti) maamassoja ei suositella käytettäväksi rinteiden muotoilussa, koska ne ovat eroosioherkkiä. Humuspitoisia massoja ei tulisi käyttää muotoilussa täyteenä, koska ne kuluttavat happea ja saattavat lisätä pohjaveden hiilidioksidin ja orgaanisen aineksen pitoisuutta.

Soranpesulietettä tai muualta tuotuja hienorakeisia maamassoja ei suositella käytettäväksi muotoilussa, jollei niiden haitattomuutta ole esimerkiksi laboratoriokokeilla varmistettu. Pesulietteen rajoitetun käytön selvittämiseksi on aloitettu jatkotutkimukset.

Jos jyrkkien rinteiden loiventaminen ei ole mahdollista, voidaan käyttää rinteitä stabiloivia rakenteita, kuten erilaisia verkkoja tai ritilöitä. Rakenteiden tulisi olla sellaisia, että kasvit juurtuvat. Jyrkkien rinteiden muotoilussa voidaan käyttää myös terrassirakentamista usein stabiloiviin rakenteisiin yhdistettynä.

8.3.4 Jälkihoidon ajoitus

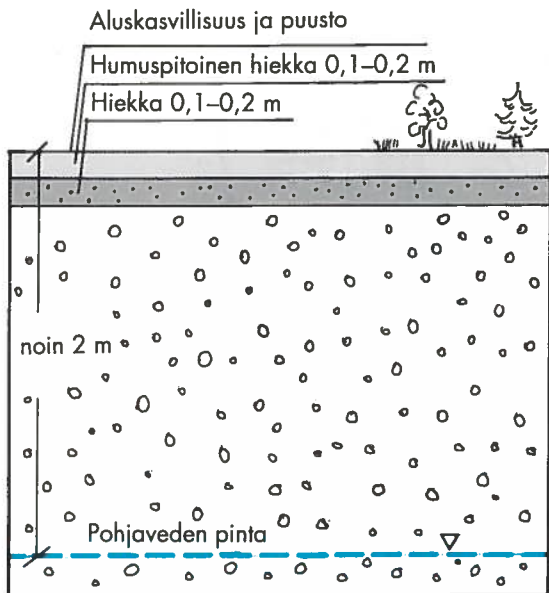
Suojaverhoilun levitys ja istutukset on suositeltavaa tehdä kasvien kasvukauden alkupuolella, loppukeväästä tai alkukesästä. Suojaverhoilua ei ole tarkoituksenmukaista tehdä loppusyksystä, talvella tai keväällä lumen sulamisen aikaan, koska tällöin rakennemateriaaleja voi huuhtoutua pohjaveteen. Mahdollinen lannoitus tehdään kasvukaudella kasvien juurruttua.

8.3.5 Jälkihoidon vaiheittaisuus

Laajoilla soranottoalueilla pohjavesihaittoja voidaan pienentää tekemällä ottoalueen jälkihoidotoimenpiteet vaiheittain. Alue jaetaan osaluoksiin ja soraa suositellaan otettavaksi vain yhdeltä osaluokelta kerrallaan. Osa-alueen tultua loppuunkäytetyksi, se jälkihoidetaan ennen seuraavalle osaluokelle siirtymistä (luku 10, kuva 37).

8.3.6 Jälkihoidon vaatimustaso eri alueilla

Jälkihoidolta vaadittava taso voidaan sitoa suoja-
vyöhykejakoon. Edellä esitetyllä tavalla toteut-
ettava jälkihoito on suositeltavaa tehdä lähi- ja
kaukosuojavyöhykkeellä A. Kaukosuojavyö-
hykkeellä B voidaan toteuttaa kevyt suoja-
verhoilu, johon kuuluvat maisemointi, ohut
humuspitoista ainesta sisältävä suojaverhoilu
sekä puistutukset (kuva 30).



Kuva 30. Kevyt suojaverhoilu kaukosuoja-
vyöhykkeellä B.

8.4 VANHOJEN SORANOTTOALUEIDEN KUNNOSTUS

8.4.1 Kunnostuksen tarve ja tavoitteet

Soranottoalueiden kunnostuksen tavoitteet ovat
periaatteessa samat kuin jälkihoidon, mutta
kunnostuksen toteuttaminen poikkeaa jälkihoidon
toteuttamisesta muun muassa siten, että
kunnostettavilla alueilla on aikaisemmin nou-

datettu erilaisia, usein löyhempiä suoje-
lümääräyksiä kuin jälkihoidettavilla alueilla.

Pohjaveden suojelun kannalta vanhoja
kaivualueita on perusteltua kunnostaa esimer-
kiksi seuraavissa tapauksissa:

- Kaivun seurauksena lähisuoja-
vyöhykkeellä on lammikoita tai kaukosuoja-
vyöhykkeellä kosteikkoja tai matalia, rehevöityneitä lam-
mikoita, joiden veden laatu on huono.
- Kun edellä mainituilla alueilla ei ole kas-
villisuutta.
- Kun pohjavesialueella sijaitsevaa soran-
ottoaluetta käytetään luvottomana kaato-
paikkana, se on roskaantunut tai sillä on
muuta asiattomia, pohjavettä vaarantavia
toimintoja.

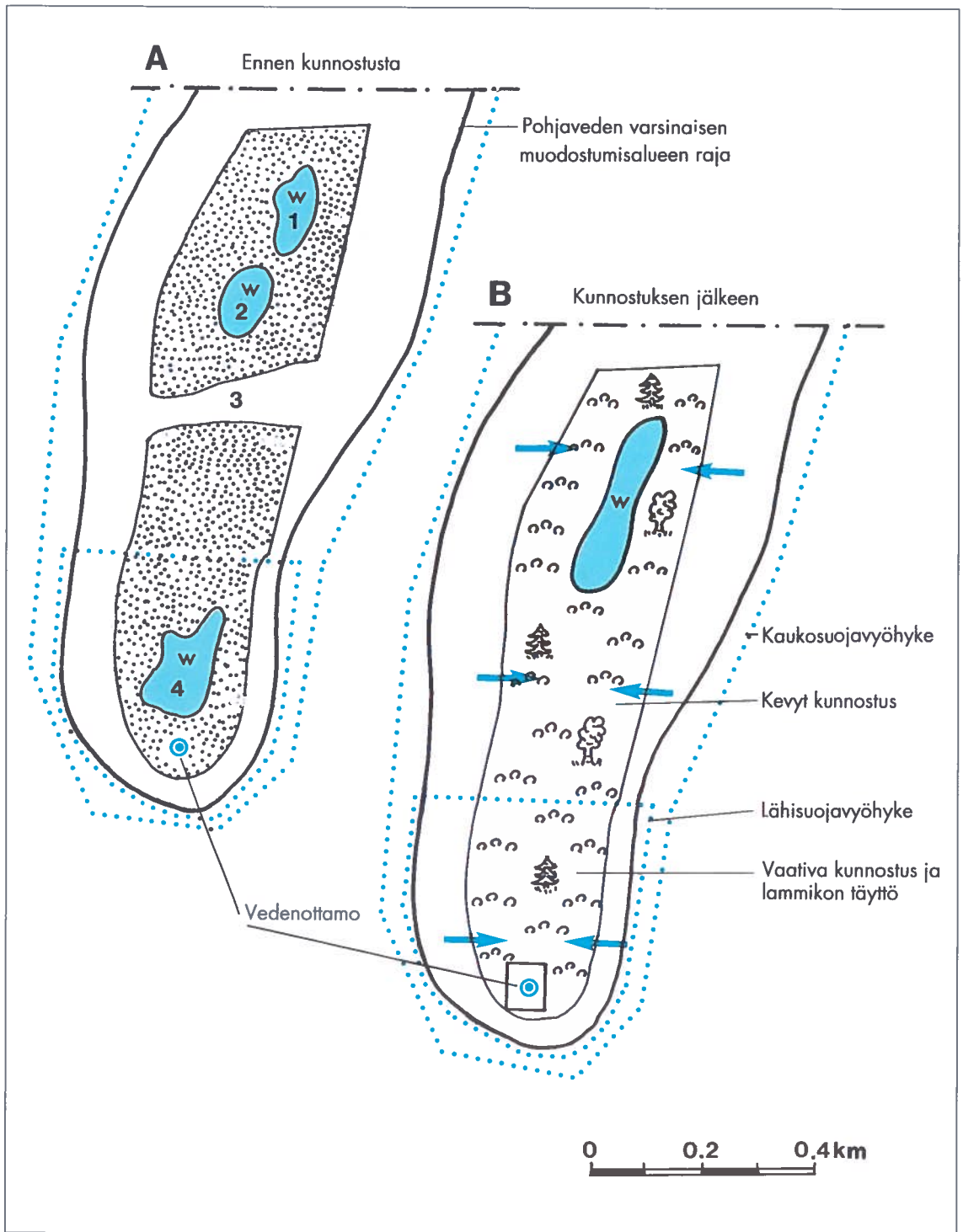
8.4.2 Kunnostustavat

Kunnostustavat ovat periaatteessa samat kuin
jälkihoidossa: suojaverhoilu, istutukset, mai-
semointi ja alueen siistiminen. Erona on usein
se, että kunnostettavalla alueella pohjaveden
suojakerros on liian ohut tai se voi puuttua
kokonaan.

Kunnostettavilla alueilla on tavallisesti puu-
tetta maan pinnan korottamiseen tarvittavista
materiaaleista. Korottaminen on usein tarpeen
muodostuman karkearakeisen ydinosan päällä.
Tällöin on syytä selvittää, onko alueella lisä-
kaivumahdollisuus (kuva 31).

Kaivualueen pohjan tason nostoon tulisi käyt-
tää karkearakeista (hiekkaa tai soraa) hyvin
vettä läpäisevää mineraalimaata, jonka sopi-
vuus tarkistetaan laboratoriotutkimuksilla.
Humuspitoisia massoja tai jättemaata ei saa käyt-
tää. Tavoitetasona suositellaan käytettäväksi lä-
hisuoja-
vyöhykkeellä 3 metriä ja kaukosuoja-
vyöhykkeellä 1,5–2,0 metriä ylimmästä luonnol-
lisesta tutkitusta pohjaveden pinnasta (kuva 32).

Tarvittavia maamassoja on harvoin kohtuu-
della saatavissa ja paksuuksista joudutaan tinki-
mään. On kuitenkin varmistauduttava siitä, että
pohjavesi ei nouse suojakerroksen yläpuolelle.
Ennen täyttöä tulisi humuspitoinen kerros kuo-
ria maan pinnasta tai lammikon pohjasta. Se
voidaan levittää täytötkerroksen päälle alueen
suoja-
verhoilun yhteydessä.



Kuva 31. Periaatepiirros lammikoituneen soranottoalueen kunnostuksesta. Matalat lammikot (kuva A, lammikot 1 ja 2) yhdistetään ja syvennetään (tavoitesyvyys 5 m) ja reunat loivennetaan. Vedenottamon vieressä oleva syvä lammikko (4) täytetään lammikoiden 1 ja 2 kunnostuksen yhteydessä ja väliselänteeltä (3) saatavalla materiaalilla. Vaativa kunnostus lähisuoajavyöhykkeellä ja kevyt kunnostus kaukosuoajavyöhykkeellä (kuva 32).

Lammikoituneilta alueilta voi olla mahdollista saada lisää humusmateriaalia. Tällä voi olla myös itse lammikon veden tilaa parantava vaikutus. Muualta tuodut materiaalit tulisi tutkia, jotta voidaan varmistua niiden haittomuudesta. Humuspitoisia ja hienorakeisia materiaaleja ei suositella yleensä käytettäväksi muutoin kuin suojaverhoilun yhteydessä. Syviä pohjavesilammikoita (>8 m) ei yleensä voida täyttää. Ne on usein kuitenkin syytä kunnostaa poistamalla roskat, jätteet, kannot, risut ja muu ylimääräinen tavara. Matalia kohtia voidaan syventää. Pintavalunta lammikoihin tulisi estää.

Jälkihoitoon ja kunnostukseen tulisi kuulua asiattomien toimintojen kuten jätteiden kaadon estäminen ja likaantumisvaaraa aiheuttavien

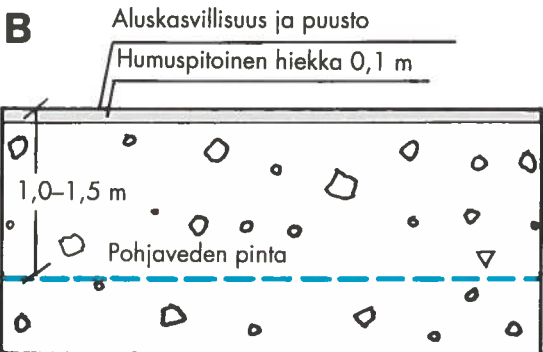
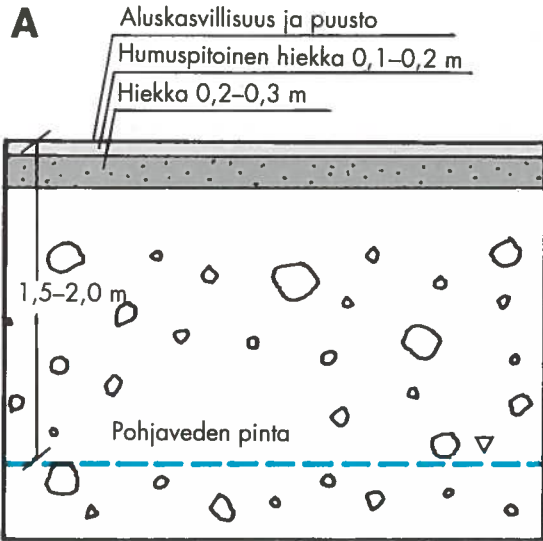
romujen tai muiden sellaisten poistaminen alueelta. Kulkureittien suunnittelulla ja tarpeen vaatiessa katkaisulla voidaan ylläpitää yleistä siisteyttä alueella.

8.5 SORANOTTOALUEIDEN JÄLKIKÄYTTÖTAVAT

Jälkihoito- ja kunnostussuunnitelmia tehtäessä tulisi ottaa huomioon alueen tuleva käyttö. Ratkaisut tulisi suunnitella pysyviksi niin, että alueelle myöhemmin tulevien toimintojen yhteydessä ei jouduta purkamaan jälkihoitorakenteita.

Suositteluvia jälkikäyttötapoja ovat metsätalous, luonnonsuojelualueet sekä urheilu- ja virkistysalueet. Edellytyksenä on tällöin, että näihin käyttömuotoihin liittyvät oheistoiminnot kuten jätehuolto järjestetään siten, että siitä ei aiheudu pohjavesien likaantumisvaaraa.

Tärkeillä ja vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla saattaa tulla kysymykseen enintään harvahko pientaloasutus tai haja-asutus, jonka jätevedet tulisi viemäroidä tiiviissä viemäreissä. Teollisuutta ja vastaavia toimintoja ei suositella sijoitettavaksi pohjavesialueille. Soranottoalueilla jo olevia toimintoja, niiden soveltuvuutta ja tarvittavia suojarakenteita on käsitelty tarkemmin liitteessä 9.



Kuva 32. Esimerkki kunnostettavan vanhan soranottoalueen vaativasta (A) ja kevyestä (B) suojaverhoilusta kaukosuojavyöhykkeellä.

9 Soranoton suunnittelu

9.1 YLEISTÄ

Soran ja hiekan esiintyminen on epätasaista. Koko maan keskiarvo on 13 miljoonaa kuutiometriä peruskarttalehteä (100 neliökilometriä) kohti. Runsassoraisilla alueilla on soraa keskimäärin 40 - 60 miljoonaa kuutiometriä sataa neliökilometriä kohti. Puutealueilla määrä vaihtelee 0 - 10 miljoonaa kuutiometriä sataa neliökilometriä kohti. Koska maamme lajitunutta, karkearakeista maa-ainesta sisältävissä muodostumissa on soraa selvästi vähemmän kuin hiekkaa, monilla alueilla on runsaista hiekkaesiintymistä huolimatta puute sorasta.

Rakennuskäyttöön soveltuvat sora- ja hiekkaesiintymät ovat pääasiassa samoilla alueilla kuin vedenhankintaan soveltuvat pohjavesialueet. Erityisesti soran ja hiekan puutealueilla ja alueilla, joissa rakennetaan paljon, nämä toiminnot sijoittuvat samoille alueille.

Pohjaveden suojelun kannalta olisi tärkeää säilyttää maanpinta luonnontilaisena. Vaikka yksittäinen soranottohanke olisi laajuudeltaan ja vaikutuksiltaan vähäinen, aiheuttaa usean hankkeen sijoittuminen samalle pohjavesialueelle merkittäviä muutoksia pohjaveden muodostumisessa ja laadussa. Tästä johtuen tarvitaan sekä kiviaines- että vesihuollon yhteensovittavaa, vertailevaa ja toimintoja ohjaavaa alueellista yleissuunnittelua.

Yksittäisellä pohjavesialueella on veden oton

kannalta eriarvoisia osa-alueita. Pohjavesialueen yleissuunnitelmassa tulisi tutkimuksiin perustuen osoittaa ne osa-alueet, missä soranoton vaikutukset ovat vähäisimmät. Pohjavesialueen yleissuunnitelmassa suositellaan esitettäväksi myös oton rajoitukset eri osa-alueilla. Suunnitelman tulisi olla kunnan yleissuunnitelmassa esitettyjen suositusten mukainen.

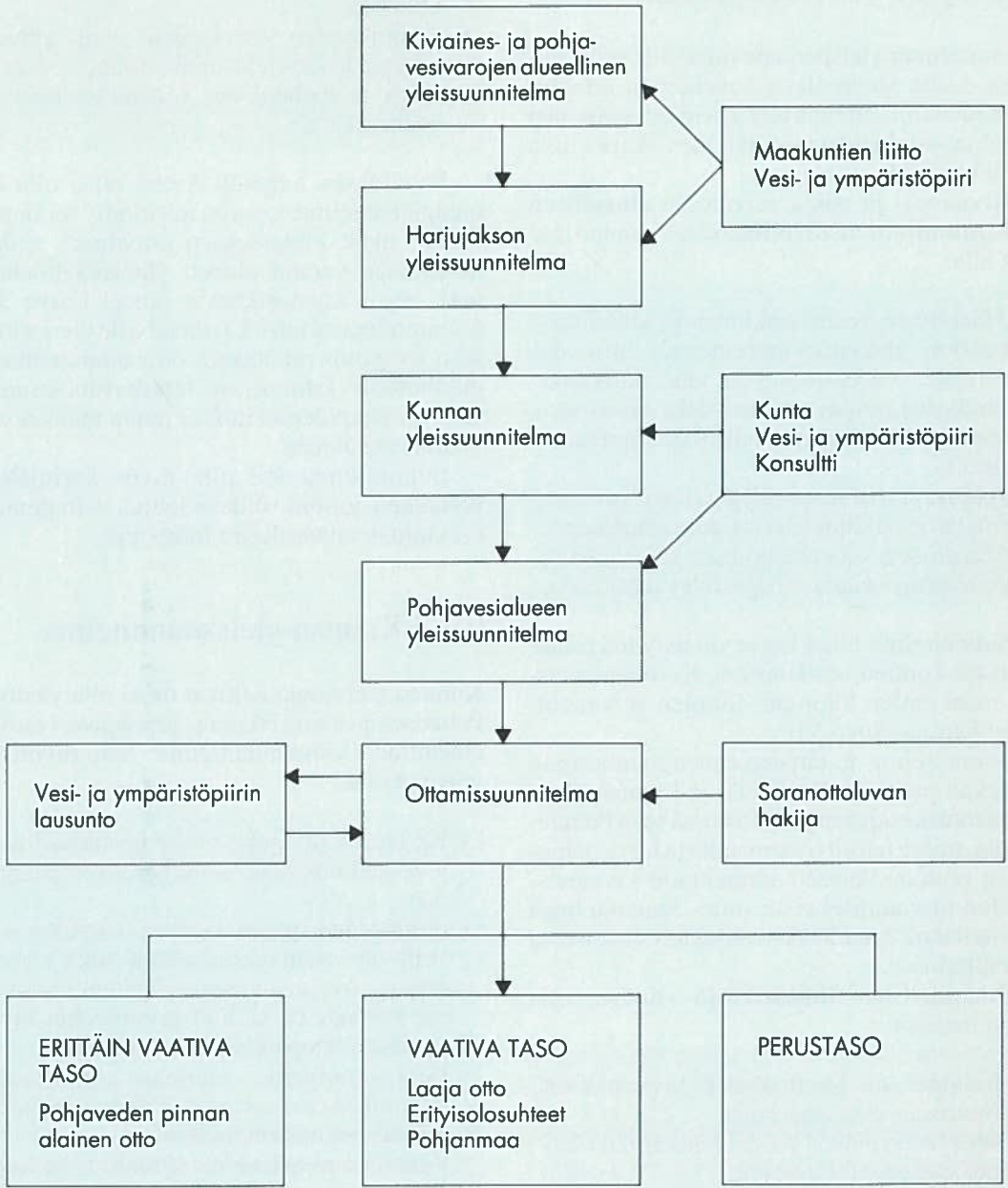
9.2 ALUEELLISET YLEISSUUNNITELMAT

9.2.1 Yleistä

Kiviaines- ja pohjavesivarojen käytön ohjaukseksi ja yhteensovittamiseksi suositellaan laadittavaksi kiviaines- ja pohjavesivarojen alueelliset sekä kuntien ja pohjavesialueiden yleissuunnitelmat. Yleissuunnitelma voidaan laatia myös laajempaa geologista muodostumaa kuten harjujaksoa koskevaksi.

Kiviaines- ja pohjavesialueiden alueellisia ja tietyn harjujakson käsittäviä yleissuunnitelmia on jossain määrin tehty seutukaavaliittojen ja vesi- ja ympäristöviranomaisten yhteistyönä.

Koko kuntaa koskevaan soranoton yleissuunnitelmaan on tarkoituksenmukaista liittää eri pohjavesialueiden suojelusuunnitelmien laatiminen.



Kuva 33. Soranoton suunnitelmatasot ja yhteistyötahot.

9.2.2 Kiviaines- ja pohjavesivarojen alueellinen yleissuunnitelma

Suunnitelman yleisperiaate tulisi olla sora-alueiden osalta soranottoon soveltuvien ottoalueiden mahdollisimman tehokas hyödyntäminen ja pohjavesialueiden säästäminen (katso luku 8.1 ja kuva 34).

Kiviaines- ja pohjavesivarojen **alueellisen yleissuunnitelman tavoitteena** tulisi muun muassa olla:

- Alueellisen vedenhankinnan ja kiviaineshuollon yhteensovittaminen ja intressivertailu (vedenottoon ja yhteiskäyttöön varattavat pohjavesialueet sekä kiviaineshuoltoon varattavat kallio- ja moreeni-alueet).
- Pohjaveden suojelun edistäminen (kunnostettavat ja jälkihoidettavat soranottoalueet).
- Alueellisen vedenhankinnan ja kiviaineshuollon turvaaminen myös tulevaisuudessa.

Suunnitelma tulisi laatia yhteistyönä asianomaisten kuntien, vesilaitosten, vesiviranomaisten, maakuntien liiton tai -liittojen ja soranottajien kanssa (kuva 33).

Suunnitelma on tarpeen ennen muuta soran ja hiekan puutealueilla Etelä- ja Lounais-Suomen asutuskeskusten ympäristössä sekä Pohjanmaalla, missä harjut ovat matalia ja tarve pohjaveden pinnan alaiseen soranottoon kiviaineshuollon turvaamiseksi on suuri. Suunnitelmaa suositellaan käytettäväksi seutukaavatasoisessa suunnittelussa.

Suunnitelman **lähtötietoja** voisivat olla muun muassa:

- Kiviaineksen huoltoalueen kiviaineksen kulutustarve ja -ennusteet.
- Pohjaveden pinnan ylä- ja alapuolisten sora-variantien inventointitiedot.
- Harjun kiviainesta korvaavan materiaalin kuten kallion ja moreenin kiviaineksen alustavat inventointitiedot.
- Maa-aineslain ja vesilain aiheuttamat rajoitukset eri maa-ainesesiintymien käytölle, voimassa olevat soran ja muun kiviaineksen ottoluvat ja ottomäärät.
- Alueet, jotka nykyisen tai tulevan käytön perusteella tulisi jättää ottotoiminnan ulkopuolelle tai joilla toimintaa tulisi rajoittaa.

- Pohjavesialueluokitus ja vedenhankinta-ennusteet.
- Vesioikeuden vahvistamat suoja-alueet, pohjaveden suojelusuunnitelmat, vedenottamot ja mahdolliset vedenottoalueet ja -vyöhykkeet.

Selvityksen lopputuloksena tulisi olla toimenpideohjelma, jossa on määritelty soranottoalueet, muut kiviaineksen ottoalueet, vedenhankintaan varatut alueet, yhteiskäyttöalueet sekä myös kunnostettavat alueet (kuva 34). Suunnitelmasta tulisi käydä selville yleispiirteisesti soranoton rajoitukset, otossuunnitelman ja jälkihoidon vaatimustaso, tarvittavat lausunnot sekä toimenpidesuosituksukset muun muassa kaa-voituksen suhteen.

Suunnitelma voi olla myös harjujaksokohtainen, jolloin voidaan joutua vertailemaan useamman talousalueen intressejä.

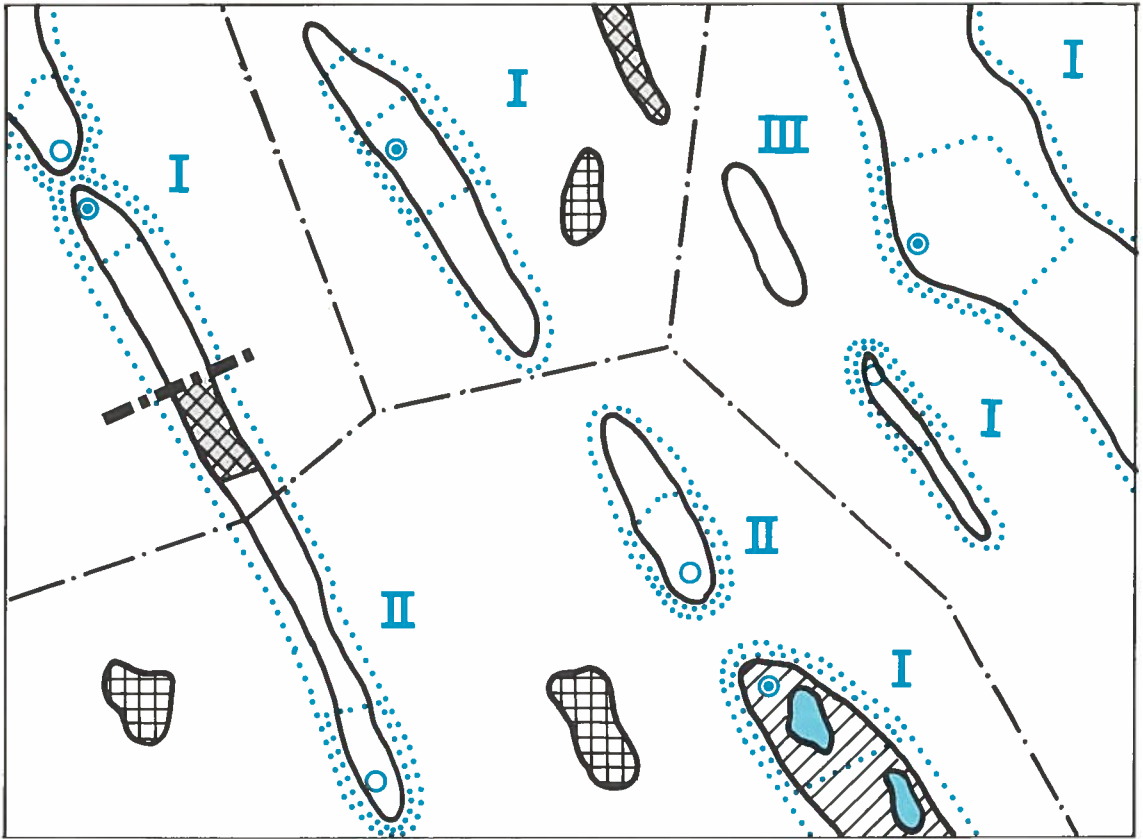
9.2.3 Kunnan yleissuunnitelma

Kunnan yleissuunnitelman tulisi olla yksityiskohtaisempi kuin kiviaines- ja pohjavesivarojen alueellinen yleissuunnitelma. Sen **tavoitteet** voisivat olla:

- Kiviaines- ja pohjavesivarojen alueellisen yleissuunnitelman tavoitteiden toteuttaminen.
- Pohjaveden ottoon ja yhteiskäyttöön soveltuvien pohjavesialueiden sekä soranottoon soveltuvien sora-alueiden sekä sora korvaavien kallion ja moreenin kiviaineksen ottopaikkojen inventointi.
- Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmien laatiminen ja soranottoa koskevien yleisrajoitusten määrittäminen.
- Vanhojen ottoalueiden jälkihoito- ja kunnostustarpeen kartoitus.
- Soranottoalueiden jälkikäytön yleissuunnittelu.

Kiireellisissä tapauksissa voidaan I ja II luokan pohjavesialueille tehdä yksinomaan soranottoa ja pohjaveden suojelua koskeva yleissuunnitelma.

Kunnan yleissuunnitelman tarve kohdistuu erityisesti kuntiin, joissa vesi- ja kiviaineshuollon yhteensovittamisessa on jo ongelmia tai niitä on



- · — · — Kunnan raja
- I-III** Pohjavesialue
- ⊙ Tutkittu vedenottamon paikka
- Alustavasti tutkittu vedenottamon paikka
- ⊙ Lähisuoja-alue (ei soranottoa)
- ⊙ Pohjaveden pinnan yläpuolinen soranotto (kaukosuoja-alue)
- ▨ Kunnostettava alue
- ▨ Pohjaveden pinnan ylä- ja alapuolinen soranotto
- ▨ Kallion tai moreenin kiviaineksen otto-alue

Kuva 34. Periaatekuva kiviaines- ja pohjavesivarojen alueellisessa yleissuunnitelmassa esitettävistä asioista.

odotettavissa. Suunnitelman voisi laatia kunta tai vesilaitos yhteistyössä vesi- ja ympäristöpiirin sekä mahdollisesti kiviainesten ottajien kanssa.

Suunnitelman tuloksena soranotto tulisi ohjata kunnassa soranottoon soveltuville alueille. Suunnitelmaa tulisi käyttää pohjana yleiskaavatasoisessa kaavoituksessa. Suunnitelmaan voidaan liittää soranottajille suunnattu tietopaketti, jossa selvitetään hankekohtainen menettely ottopia annettaessa.

9.3 POHJAVESIALUEEN YLEISSUUNNITELMA

Pohjavesialueen yleissuunnitelman tavoitteena tulisi olla selvitys, missä esitetään yksityiskohdaisesti, miten alueen pohjavesi suojataan sekä mistä ja kuinka paljon alueelta voidaan ottaa soraa. Suunnitelman tulisi perustua pohjaveden ottamon suoja-alesuunnitelmaan tai pohjavesialueen suojelusuunnitelmaan ja täyttää kunnan yleissuunnitelmassa esitetyt tavoitteet. Suunnitelman voisi laatia kunta tai vedenottaja yhteistyössä vesi- ja ympäristöpiirin, soranottajan ja maanomistajan tai maanomistajien kanssa.

9.4 OTTAMISSUUNNITELMA

9.4.1 Yleistä

Ottamissuunnitelman laatii soranottaja. Suunnitelman tulisi perustua alueelliseen sekä kunnan ja pohjavesialueen yleissuunnitelmaan. Suunnitelmaa laadittaessa tulisi ottaa huomioon vedenottamon suoja-alueen tai pohjavesialueen suojelusuunnitelman mukainen vyöhykejako (luku 8) ja mahdolliset kaavamääräykset. Suunnitelmia laadittaessa suositellaan selvitetäväksi suunnitelman vaativuudesta riippuen liitteessä 10 esitetyt hydrogeologiset näkökohdat.

9.4.2 Suunnitelman tarve

Kun haetaan lupaa maa-ainesten ottamiseen, on maa-aineslain mukaan "ainesten ottamisesta ja ympäristön hoitamisesta sekä, mikäli mahdol-

lista, alueen myöhemmästä käyttämisestä" esitettävä ottamissuunnitelma. "Suunnitelmaa laadittaessa on tarvittavassa laajuudessa selvitetävä vallitsevat luonnonolosuhteet sekä hankkeen vaikutukset ympäristöön ja luonnonolosuhteisiin" (MAL 3§).

Ottamissuunnitelma on tarpeellista esittää aina, kun ottoalue sijaitsee vesi- ja ympäristöhallituksen luokittelemilla pohjavesialueilla tai kartoituksen ollessa kesken vesi- ja ympäristöpiirin mahdolliseksi pohjavesialueiksi katsomilla alueilla. Ottamissuunnitelma ei maa-aineslain mukaan ole tarpeen, jos aineksia otetaan omaa tai toisen tavanomaista kotitarveottoa varten.

Alueilla, joita ei ole luokiteltu pohjavesialueiksi (luokat I, II ja III), ei ottamissuunnitelmaa yleensä tarvitse esittää pohjaveden suojeluun liittyvistä syistä. Vesilain mukainen yksityinen etu kuten veden otto on kuitenkin huomioitava. Maa-aineslain mukaan ottamissuunnitelma on aina esitettävä, jos hanke ei ole laajuudeltaan ja vaikutuksiltaan vähäinen.

9.4.3 Suunnitelman taso

Suunnitelmat on jaettu seuraavassa erittäin vaativiin, vaativiin ja perustason suunnitelmiin (kuva 33).

Tasoltaan **erittäin vaativa suunnitelma** suositellaan tehtäväksi ainakin seuraavissa tapauksissa:

- Soranotto ulottuu pohjaveden pinnan alapuolelle.
- Soranottoon liittyy riski pintavesien kulkeutumisesta pohjavesialueelle tai pohjaveden pinnan aleneminen.
- Soranottoon liittyy vanhojen sorakuoppien pohjavesilampien syventämistä tai laajentamis- ja täyttötoimenpiteitä.

Tasoltaan **vaativa suunnitelma** suositellaan tehtäväksi pohjavesialueille muun muassa seuraavissa tapauksissa:

- Soranotto ulottuu laajalle alueelle.
- Soranotto voi vaikuttaa vedenottamolta otettavan pohjaveden laatuun.
- Soranotto tapahtuu erityisolosuhteissa kuten pohjaveden pinnan yläpuolella tehtävien kunnostus- ja jälkihoitotoimenpiteiden yhteydessä.

- Soranotto tapahtuu Pohjanmaan matalista hiekkavaltaisista harjuista, missä riski suo-vesien kulkeutumiselle pohjavesialueelle on suuri.
- Soraa otetaan alueelta, missä on merkittäviä orsivesiesiintymiä.

Perustason suunnitelma voidaan tehdä pohjavesialueelle, jos soranotosta ei aiheudu pohjaveden pilaantumis- tai muuttumisriskiä.

Soranottosuunnitelmissa suositellaan esitettäväksi ainakin pohjaveden suojelun kannalta tärkeät asiat kuten soranoton ja jälkihoidon toteutus vaiheittain (kuva 37), toiminta-alueet (polttoainesäiliöt, murskausasemat ynnä muut sellaiset), suojakerrospaksuudet ja pohjaveden seurantasuunnitelma (liite 11), jälkihoidosuunnitelma ja alueen jälkikäyttö. Suunnitelma-karttojen lisäksi suositellaan aina esitettäväksi kyseisen pohjavesialueen hydrogeologinen kartta ja suojelusuunnitelma. Yksityiskohtaiset ohjeet eri tasoisten soranottosuunnitelmien laatimisesta on esitetty erillisissä ohjeissa (Ympäristöministeriö 1993).

9.4.4 Arvio soranoton vaikutuksista pohjaveteen

Kun tarpeelliset lähtötiedot on hankittu, tulisi hankkeen vaikutuksia pohjaveteen arvioida. Arviointi voidaan edellyttää sisällytettäväksi ottosuunnitelmaan. Lopullisen arvioinnin tekee lupaviranomainen usein vesi- ja ympäristöpiirin lausunnon pohjalta päättäessään hankkeen hyväksymisestä ja lupaehdoista.

Soranottohankkeen yleisarvioinnissa tulisi selvittää hankkeen sopiminen kiviaines- ja pohjavesivarojen alueelliseen sekä kunnan ja pohjavesialueen yleissuunnitelmaan sekä vedenottamon suoja-alueen tai pohjavesialueen suojelusuunnitelman vyöhykejaon mukaisiin rajoituksiin (luku 8).

Jos soranottohanke ei näihin suunnitelmiin ja määräyksiin sovi, tulisi hanke yleensä hylätä. Erityisen painavista syistä tai jos kyseisiä suunnitelmia ja määräyksiä alueella ei ole, tulisi hankkeen suunnittelua ja toteutusta voida jatkaa yksityiskohtaisen arvioinnin perusteella. Arviointi on tarpeen usein myös silloin, kun yleissuunnitelmassa ei ole ottoalueita koskevia

määräyksiä.

Pohjavesialuiden suojelusuunnitelmissa soranottohankkeen aiheuttaman riskin arviointi voidaan jakaa kahteen osaan, jotka ovat päästöriskin ja sijaintiriskin arviointi. Päästöriskin arvioinnilla pyritään selvittämään, kuinka helposti ja miten haitallisia aineita kyseisestä toiminnasta voi päästä maaperään ja edelleen pohjaveteen. Soranoton päästöriski voidaan jakaa soranoton aiheuttamiin suoriin muutoksiin (esimerkiksi muutokset pohjaveden laadussa) ja välillisiin muutoksiin (esimerkiksi pintavesien pääsy pohjaveteen). Päästöriskin arviointiin kuuluu myös hankkeen laajuus suhteessa pohjaveden muodostumisalueeseen. Laajuutta arvioitaessa tulisi ottaa huomioon kaikkien pohjavesialueeseen kohdistuvien soranottohankkeiden yhteisvaikutus.

Soranottohankkeen sijaintiriskin avulla pyritään arvioimaan, kuinka ottoalueen sijainti vaikuttaa pohjaveteen ja vedenhankintaan. Arviointiin vaikuttavat muun muassa maaperäolosuhteet, pohjaveden virtaussuunta ja -nopeus ja vedenottamojen sijainti.

9.5 SEURANTASUUNNITELMA

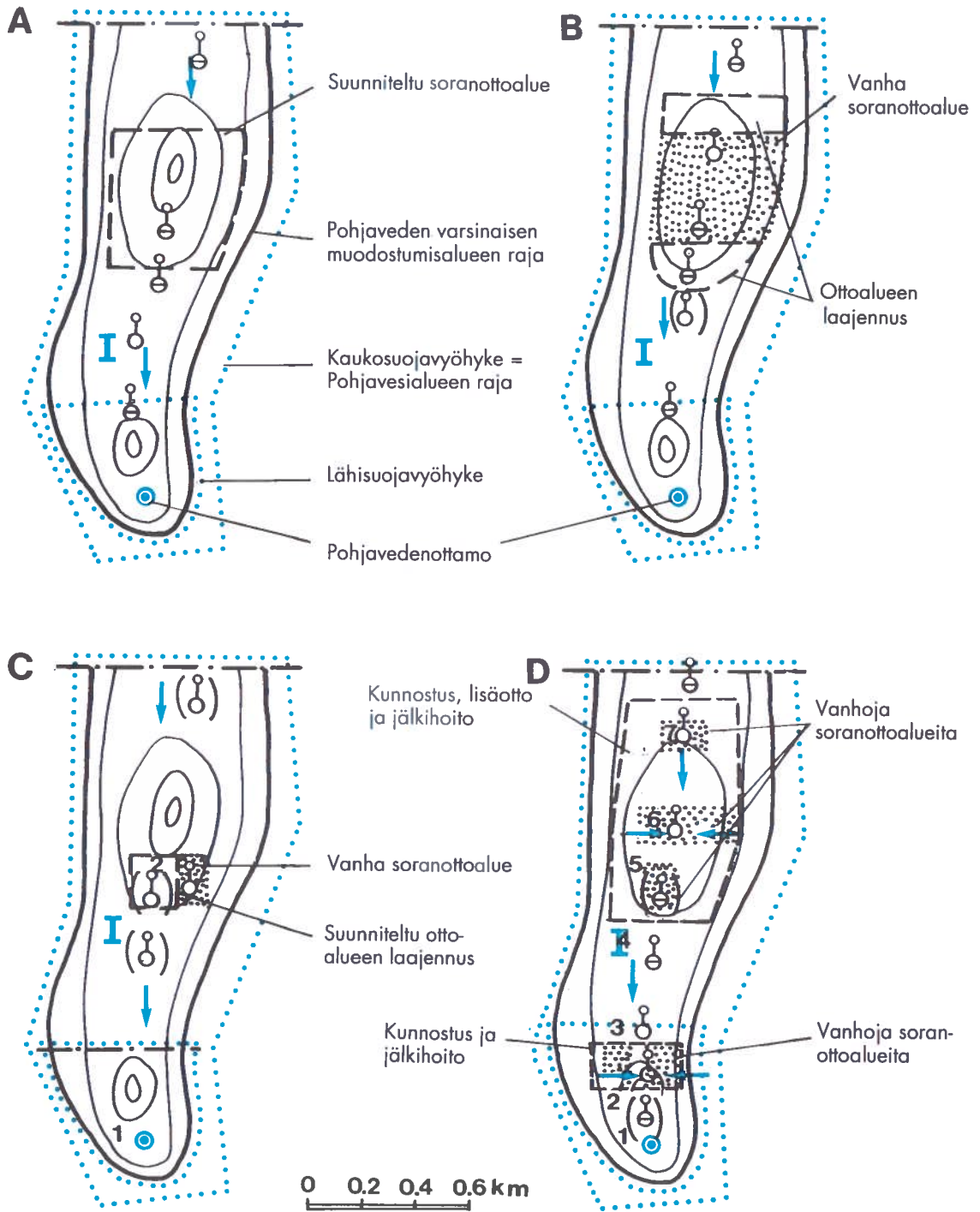
9.5.1 Yleistä

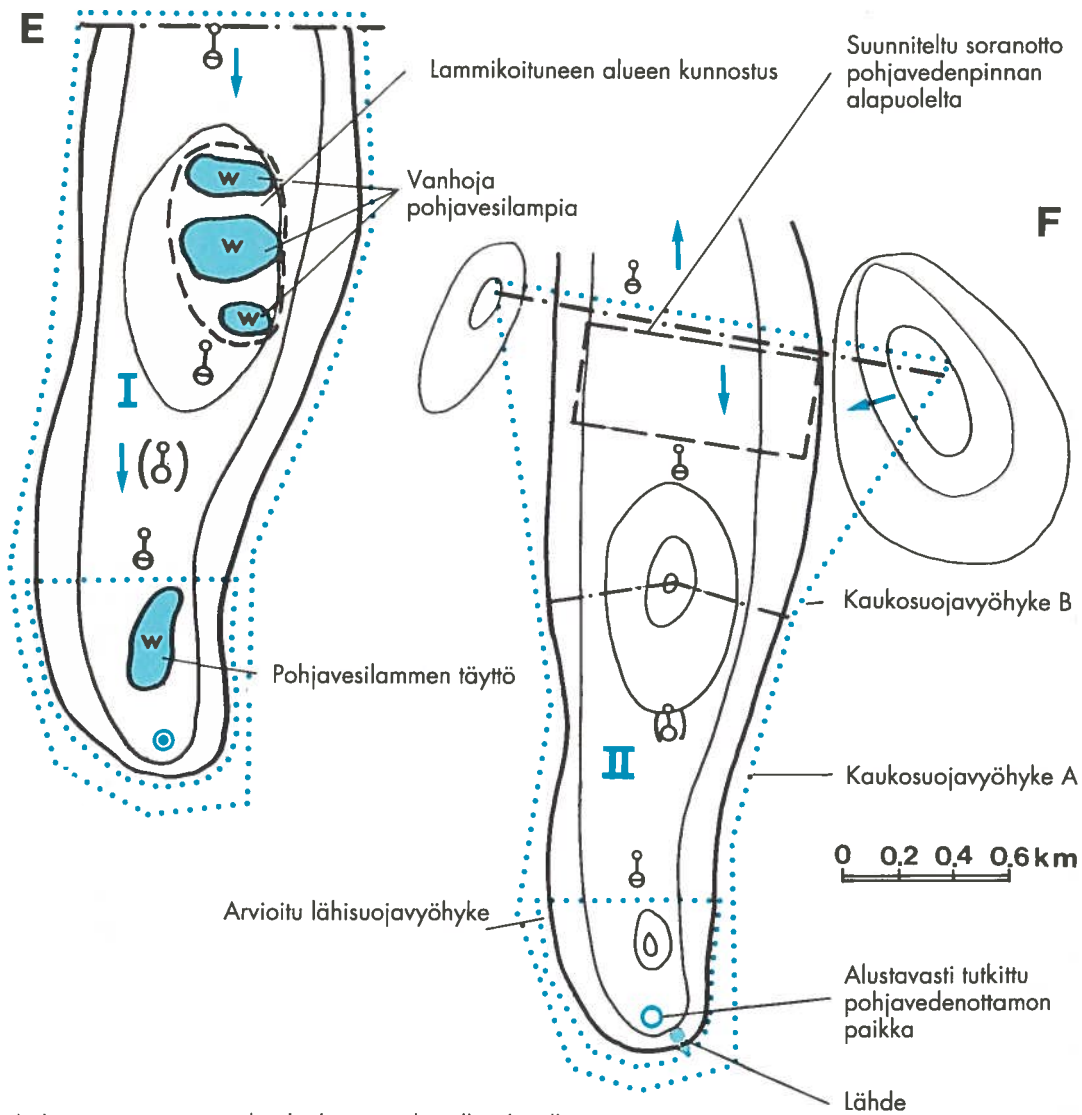
Soranoton vaikutusten seuranta pohjaveteen jakautuu yksittäisen soranottohankkeen paikalliseen seurantaan ja koko pohjavesialuetta koskevaan seurantaan. Ottoalueella seuranta on käytännössä ollut pohjaveden pinnan korkeuden seuranta, jota on tehnyt soranottaja lupavelvoitteena. Pohjavesialueen yleistilaa seuraa yleensä vain vedenottaja lupavelvoitteena. Tiedot pohjaveden yleistilasta ovat yleensä puutteelliset.

Tämän tutkimuksen mukaan soranottoon liittyvän seurannan **päätavoitteina** tulisi olla:

- Selvittää pohjaveden pinta ja sen vaihtelut soranottoalueilla suojakerrospaksuuden määrittelyä varten.
- Seurata soranoton vaikutusta muodostuvan pohjaveden määrään ja laatuun.

Seurannasta saatavaa tietoa voidaan käyttää arvioitaessa esimerkiksi uusien soranottohankkeiden vaikutusta lisäveden ottoon ja





- A. Laaja uusi soranottohanke luonnontilaisella alueella
- B. Vanhan soranottoalueen laajennus
- C. Vähäinen soranotto
- D. Vanhojen soranottoalueiden kunnostus, lisäotto ja jälkihoito
- E. Lammikoituneiden soranottoalueiden kunnostus kaukosuojavyöhykkeellä ja lähisuojavyöhykkeellä olevan lammen täyttö
- F. Soranotto pohjavedenpinnan alapuolelta kaukosuojavyöhykkeellä B vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella.

Kuva 35. Periaatepiirroksia soranottoon liittyvistä havaintoputkiverkostoista vedenhankintaa varten tärkeillä (I) ja vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla (II). Karttamerkintöjen selitykset on esitetty liitteessä 1.

mahdollisiin tekopohjavesi- tai jälleenimeytys-hankkeisiin.

9.5.2 Seurantaohjelma

Seurannan päätavoitteiden saavuttaminen edellyttää hankkeen luonteesta ja laajuudesta riippuen kyseiselle alueelle tarkoituksenmukaisen ohjelman laatimista (kuva 35). Ohjelmaa laadittaessa tulisi ottaa huomioon vedenhankintaa varten tärkeillä pohjavesialueilla vedenottajan toimesta tehtävä seuranta ja veden oton vaikutus pohjaveden pintaan. Seurantaohjelmat tulisi laatia myös vedenhankintaan soveltuville ja muille pohjavesialueille (luokat II ja III).

Seurantaohjelmaa laadittaessa on syytä ottaa huomioon soranottoalueen laajuudesta riippuen sen mahdolliset vaikutukset koko pohjavesialueella. Seurantaohjelma on tällöin tarkoituksenmukaista laatia pohjaveden suojeleusuunnitelman laatimisen yhteydessä yhteistyössä kunnan, vesi- ja ympäristöpiirin ja soranottajien kanssa. Samassa yhteydessä voidaan sopia eri osapuolten seurantavelvoitteista ja jakaa ne eri osapuolten kesken. Seurantaohjelmalle suositellaan pyydettäväksi vesi- ja ympäristöpiirin lausunto.

Seurantaohjelmaa laadittaessa soranotto tulisi ottaa huomioon siten, että havaintoputkiverkosto kattaa vanhat, nykyiset ja tulevat ottoalueet. Soranoton vaikutusten arvioimista varten suositellaan asennettavaksi havaintoputki myös sellaiselle luonnontilaiselle alueelle, mihin soranotto ei vaikuta. Putkia tulisi asentaa ottoalueelle pohjavesivirtauksen ala- ja yläpuolelle (kuva 35).

Pohjaveden pintaa seurataan kaikista havaintoputkista vähintään neljä kertaa vuodessa. Mittausajankohdat tulisi valita siten, että ne osoittavat vuoden alimmat ja ylimmät veden-

pinnat (kuva 10). Seuranta suositellaan tehtäväksi jatkuvana toimenpiteenä pohjaveden eri vuosina tapahtuvan muutostrendien selvittämiseksi (kuva 12). Soranoton päätyttyä yksittäiseen soranottolupaan liittynyt seuranta tulisi liittää kunnan tai vedenottajan toimesta tehtävään koko pohjavesialuetta koskevaan seurantaan. Havaintopisteiden määrää voidaan tässä yhteydessä tarvittaessa vähentää.

Pohjaveden pinnan ohella suositellaan seurattavaksi tarvittaessa myös pohjaveden laatua. Näytteenottopisteet osoitetaan suunnitelmassa erikseen. Näytteen ottoa varten suositellaan asennettavaksi muoviset läpimitaltaan 50 mm:n, pitkällä siiviläosalla varustetut havaintoputket. **Pohjaveden laadun seuranta** voi tulla kysymykseen esimerkiksi seuraavissa tapauksissa:

- Laajoilla uusilla soranottoalueilla ja laajan lisäoton yhteydessä (kuvat 35 A ja B).
- Vanhojen soranottoalueiden kunnostuksen ja siihen liittyvän lisäoton yhteydessä (kuva 35 D).
- Vanhojen pohjaveden pinnan alapuolelle ulottuvien ottoalueiden kunnostuksen yhteydessä (kuva 35 E).
- Pohjaveden pinnan alapuolelle ulottuvan soranoton yhteydessä (kuva 35 F).

Näytteenotto suositellaan järjestettävän pääsääntöisesti kunnan tai vesilaitoksen toimesta. Analyysiohjelmat on esitetty liitteessä 11.

Suppea analyysiohjelma tehdään vähintään kaksi kertaa vuodessa ja laaja ohjelma noin kolmen vuoden välein ja tätä useammin aina kun analyysitulokset antavat siihen aihetta. Tulokset tulisi toimittaa säännöllisesti vesi- ja ympäristöpiirin tai konsulttitoimiston asiantuntijan arvioitaviksi ja kunnassa, vesilaitoksessa tai vesi- ja ympäristöpiirissä säilytettäväksi.

10 Pohjaveden suojeleminen soranoton aikana

10.1 YLEISTÄ

Soranottajan velvollisuus on huolehtia siitä, että otto toteutetaan viranomaisen hyväksymän suunnitelman mukaisesti. Suunnitelman tulee olla riittävän yksityiskohtainen ja selkeä (luku 9). Jos suunnitelmasta on jostain erityisestä syystä poikettava, tulee soranottajan neuvotella asiasta lupaviranomaisen kanssa.

Työntekijöillä tulee olla riittävästi tietoa pohjaveden suojelun tärkeydestä ja myös omasta vastuustaan. Soranoton toteuttamisvaiheessa tehdyt laiminlyönnit voivat mitätöidä hyvinkin suunnittelutyön. Pohjavedelle aiheutetut haitat ovat usein vaikeasti korjattavissa.

Soranottajalla tulisi olla näkemys työstään osana kokonaisuutta, jossa samanaikaisesti pyritään turvaamaan yhteiskunnan rakennusmateriaalien saatavuus ja vedenhankinta. Keskeisen kehityksen periaatetta noudattava toiminta turvaa nämä tärkeät yhteiset varat myös tulevaisuutta varten.

10.2 SORANOTTOVAIHEET

10.2.1 Valmistavat työt

Soranoton aikana tulisi pyrkiä siihen, että kerrallaan on raivattuna vain kiviaineksen menek-

kiä vastaavan kokoinen ottoalue. Tästä syytä soranottajan on tunnettava hyvin ottoalueen sisältämä materiaali. Materiaalitutkimukset tulisi tehdä ennen ottosuunnitelman laatimista.

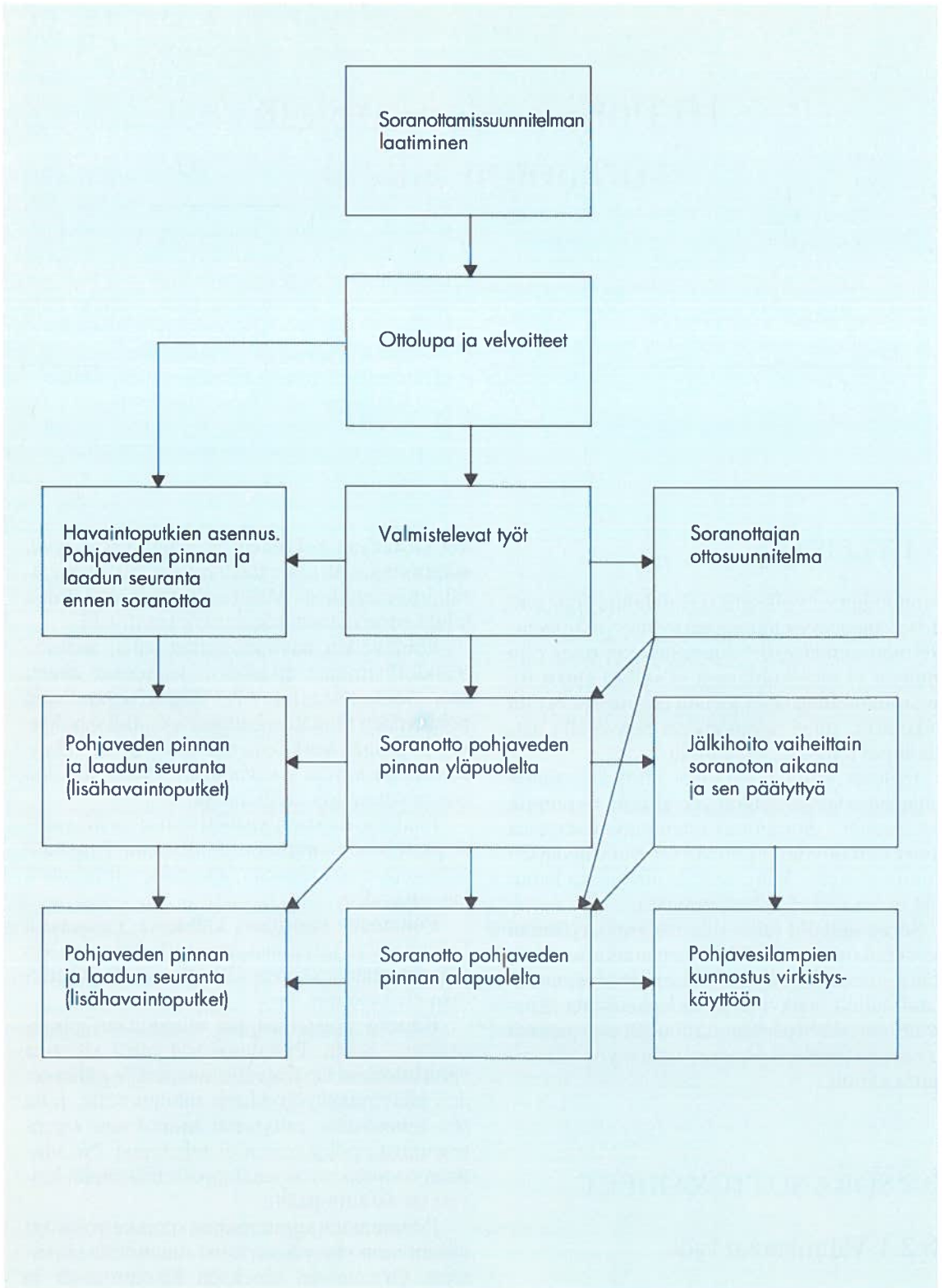
Pohjaveden havaintoputket tulisi asentaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ennen oton aloittamista (liite 11). Alueen luonnollisen pohjaveden pinnan selvittämiseksi tulisi pohjaveden pinnan korkeutta mitata 5 vuotta vähintään neljä kertaa vuodessa eri vuodenaikoina ennen soranoton aloittamista.

Puut suositellaan kaadettavaksi vasta välittömästi ennen soranoton aloittamista. Puut kaadetaan vain siltä alueelta, joka tulee välittömästi kaivettavaksi.

Pintamaat kuoritaan kahdessa vaiheessa. Ensin karikke- ja humuskerros (10 - 20 cm) ja sen jälkeen maannoskerros (30 - 50 cm). Ne sijoitetaan eri kasoihin.

Kannot poistetaan tai murskataan pintamaiden sekaan. Pintamaakasat tulisi sijoittaa vettä huonosti läpäisevälle maaperälle pohjaveden päävirtausvyöhykkeen ulkopuolelle, jotta sen ainesosien, erityisesti humuksen, huuhtoutumista pohjaveteen ei tapahtuisi. Ne voidaan sijoittaa myös vettä läpäisemättömän kalvon tai asfaltin päälle.

Pintamaiden sijoittaminen suojakerrokseksi jälkihoidon yhteydessä tulisi suunnitella etukäteen. Orgaanisen aineksen hajoamisesta ja huuhtoutumisesta johtuen pintamaat eivät riitä peittämään yhtä suurta pinta-alaa kuin miltä se



Kuva 36. Soranotto ja siihen liittyvät soranottajan seuranta- ja ottoalueen jälkihoitovelvoitteet.

on kuorittu. Ongelma suurenee varastoinnin pitkittyessä ja pintamaihin voidaan joutua sekoittamaan muualta tuotua humusta ja kiviainesta.

Pintamaiden käyttötarve on suurin siellä, missä pohjaveden suojelutarve on suurin eli vedenottamoiden lähisuojavaähykkeellä ja kaukosuojavaähykkeellä A. Ne tulee pyrkiä sijoittamaan siten, että näiden alueiden välitön jälkihoito on mahdollista soranoton jälkeen.

Ajoväylät tulisi suunnitella siten, että maan luonnontilaista pintaa rikotaan mahdollisimman vähän. Väylät sijoitetaan tällöin siten, että ne sijaitsevat mahdollisimman kaukana vedenottamosta, lähisuojavaähykkeen ulkopuolella.

Ennen soranoton aloittamista suunnitellaan ja rakennetaan tankkaus-, pesu- ja pysäköinti- paikat sekä saniteettitilat, jätteidenkeräys, varastot ja muut soranottoon liittyvät rakenteet ja toiminnot. Nämä toiminnot suositellaan sijoitettavaksi pohjavesialueen ulkopuolelle toiminta-alueelle (kuva 37). Toimintojen asianmukaisuus tarkistetaan kunnan viranomaisen toimesta.

10.2.2 Soranotto pohjaveden pinnan yläpuolella

Soranotto tulisi toteuttaa siten, että mahdollisimman pieni osa alueesta olisi aktiivisen oton kohteena ja muut alueet luonnontilassa tai jälkihoitettu. Laaja kaivualue on syytä jakaa lohkoihin ja osa-alueisiin, jotka kaivetaan loppuun ja jälkihoitetaan ennen seuraavalle lohkolle siirtymistä. Samalla huolehditaan jälkihoitomateriaalin riittävydestä tärkeimmille hoidettaville alueille. Koko soranottoalueen avaaminen ja kerroksittainen kuoriminen ei ole suositeltavaa. Vaiheittaisuus tulee suunnitella etukäteen (kuvat 35 ja 37).

Soranoton edistyessä lähelle vaadittua alinta kaivutasoa tulisi korkeustaso merkitä esimerkiksi paaluilla maastoon.

Pohjaveden pinnan mittaukset (liite I1) suositellaan tehtäväksi kuukausittain ja merkittäväksi päiväkirjaan. Jos pohjaveden pinta (ylin korkeushavainto vähintään viiden vuoden havaintosarjoissa) osoittautuu olevan todettua alempana, voidaan hakea lisäottolupaa. Jo tehtyä jälkihoitoa (suojavaerhoilua) ei kuitenkaan yleensä tule purkaa.

10.2.3 Soranotto pohjaveden pinnan alapuolelta

Kaivun ulottuessa pohjaveden pinnan alapuolelle tulisi kiinnittää erityistä huomiota käytettävän kaluston kuntoon ja muihin suoja-toimenpiteisiin.

Ennen kaivun aloittamista tulisi alueen pohjavesi- ja maaperäolosuhteet tutkia hyvin. Käytössä olevan vedenottamon lisäksi tulisi selvittää lammikon vaikutus myös muihin mahdollisiin vedenottoalueisiin. Pintavesien, kuten suoveden, pääsyä lammikkoon ei saa tapahtua. Tästä syystä soranottajalla tulisi olla tiedot pintavettä pidättävistä hienorakeisista kerroksista ja kalliokynnyksistä ja mahdollisista orsivesiesiintymistä. Pohjaveden pinnan alainen soranotto edellyttää edellä mainituista syistä lisätutkimuksia tavanomaiseen soranottoon verrattuna. Ottosuunnitelman tulisikin olla tasoltaan erittäin vaativa (katso luku 9.4.3).

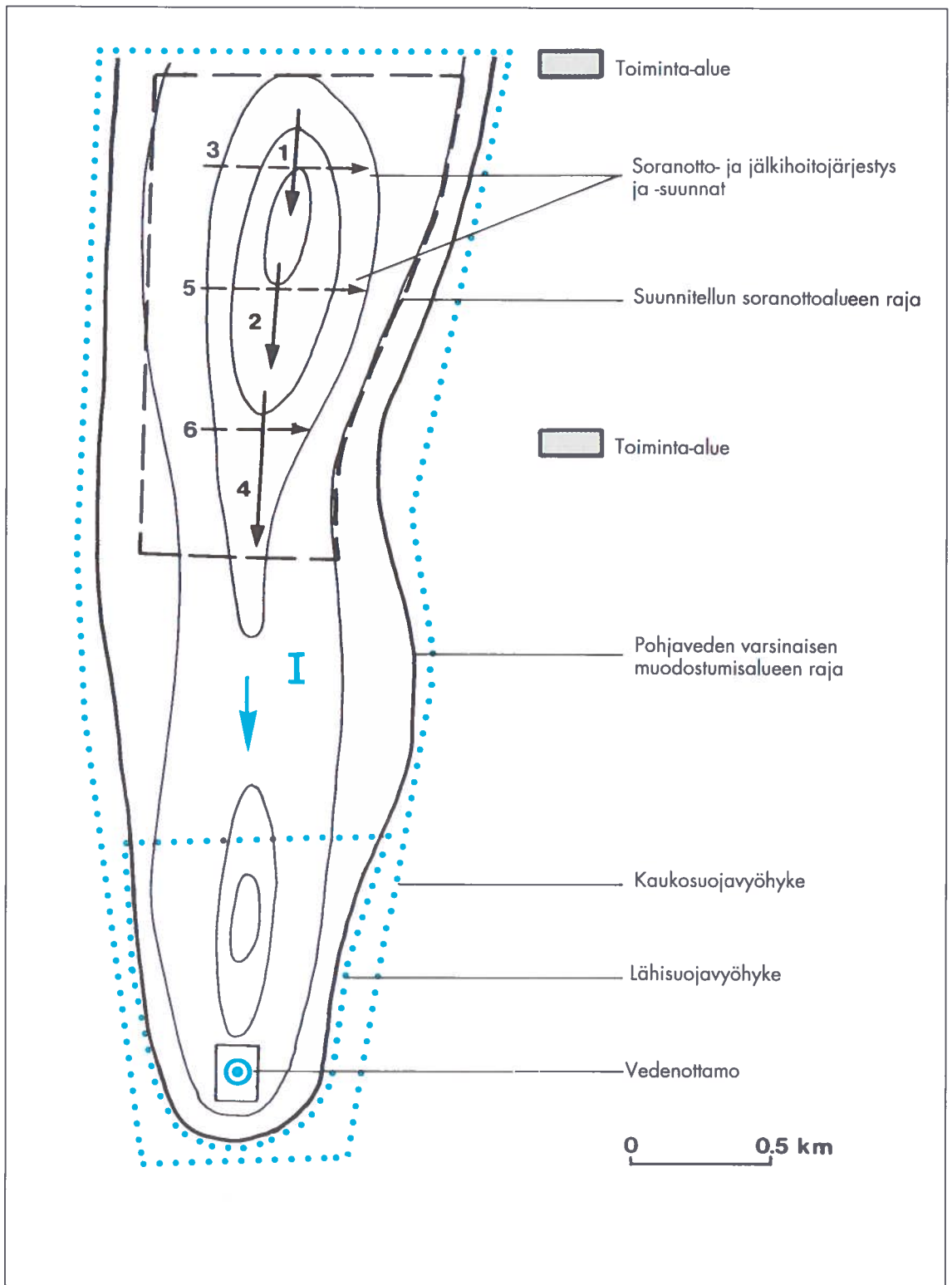
Pohjaveden pinnan alainen soranotto vaatii tavallisesti vesioikeuden luvan. Pohjavesialueilla se on suositeltavaa vain vedenhankintaan soveltuvien pohjavesialueiden kaukosuojavaähykkeellä B (kuva 27).

Asiaton ajoneuvoliikenne ottoalueelle tulisi estää. Soranoton jälkeen ajotiet on syytä pysyvästi katkaista esimerkiksi maavalleilla. Likaavat toiminnot, kuten kalojen ruokkiminen, jätteiden kaato, ja niin edelleen tulisi estää. Uiminen voi olla sallittua, jos huolehditaan siitä, että alue on kunnostettu virkistyskäyttöön ja alueen jätahuolto ja saniteettitilat ovat asianmukaisessa kunnossa.

10.2.4 Soranoton ajoitus ja kesto

Paras ajankohta soranoton aloittamiselle, puiden kaadolle ja pintamaiden kuorimiselle, on kasvien kasvukausi (alkukesä). Tällöin ravinteiden, erityisesti typpiyhdisteiden, huuhtoutuminen on vähäisintä, koska ne ovat sitoutuneet kasvimassaan. Töiden aloittamista tulisi välttää erityisesti lumen sulamisen aikoihin.

Soranottoalue tulisi jakaa osa-alueisiin ja otto mitoittaa siten, että ottoalue on avattuna ilman jälkihoitoa mahdollisimman lyhyen ajan. Jälkihoitovaiheeseen tulisi osa-alueella päästä 2 - 3 vuoden kuluessa (kuva 37).



Kuva 37. Periaatepiirros soranoton (vaiheet 1, 2 ja 4) ja jälkihoidon (vaiheet 3, 5 ja 6) toteutuksesta vaiheittain.

11 Jatkotutkimukset

Pohjaveden jatkuvan saannin turvaaminen edellyttää pohjaveden suojelua. Soranotto aiheuttaa muutoksia pohjaveden laadussa ja määrässä sekä lisää pohjaveden likaantumiseriskiä. Soranotto tulisi toteuttaa tällöin siten, että vedenhankinnalle ei aiheuteta vahinkoa. Soranotolle asetettavien rajoitusten tulisi olla kuitenkin hyvin perusteltuja ja tutkittuun tietoon perustuvia.

Tehdyissä laajoissa pohjaveden ja vajoveden seurantatutkimuksissa sekä lika-aineiden kulkeutumista koskevissa erillisselvityksissä ei voitu tutkia kaikkia tiedossa olevia soranottoon ja pohjaveden suojeluun liittyviä ongelmia. Tutkimuksissa tuli esille lisäksi uusia asioita, joiden selvittäminen edellyttää jatkotutkimuksia. Tässä yhteydessä on esitetty jatkotutkimustarve kokonaisuutena. Perustutkimusten osalta tutkimustarve on esitetty yksityiskohtaisesti tutkimusraporteissa II, III ja IV. Maa-ainesasiain neuvottelukunta on esittänyt maa-ainestutkimusta koskevat kehittämistarpeet ja kehittämisohjelman (Ympäristöministeriö 1987 ja 1990).

Pohjaveden laadussa ja määrässä pohjavesialueilla todettujen muutostrendien seuraamista ja saatujen tulosten varmentamista ja täydentämistä sekä pohjaveden suojelutoimenpiteiden seuraamista ja kehittämistä varten ehdotetaan tehtäväksi seuraavat perustutkimukset, jatkoselvitykset ja -toimenpiteet.

A. PERUSTUTKIMUKSET

1. Pohjaveden laadun seuranta

Jatketaan pohjaveden laadun ja vedenpinnan korkeuden seurantaan erikseen laaditun ohjelman mukaisesti. Havaintoputkiverkostoa täydennetään erilaisten geologisten ja hydrogeologisten olosuhteiden ja pohjavesialueen maantieteellisen sijainnin vaikutusten lisäselvitystä varten. Tavoitteena tulisi olla pysyvän havaintoputkiverkoston rakentaminen jokaiseen vesi- ja ymäristöpiiriin.

2. Vajoveden laadun seuranta

Rakennetaan lysimetriverkosto erityisesti happamoitumisen vaikutusten seurantaan varten. Lysimetrit sijoitetaan saman pohjavesialueen luonnontilaiselle, soranotto- sekä jälkihoidetulle alueelle. Lysimetriasemat sijoitetaan jo rakennettujen lisäksi Länsi-, Kaakkois-, Keski- ja Pohjois-Suomeen. Seurantaohjelma yhdistetään kohdan A.1 mukaiseen pohjaveden laadun seurantaan.

3. Vesitasetutkimus

Rakennetaan koekenttä laajan soranottoalueen pohjavesitaseen selvittämiseksi. Kentällä tutkitaan soranoton vaikutusta muodostuvan pohjaveden määrään luonnontilaisilla, soranotto ja jälkihoidetuilla alueilla. Tutkimus yhdistetään

kohdan A.1 ja A.2 mukaisesti tutkimuksiin.

4. Pohjavedenpinnan alapuolinen soranotto
Laajennetaan pohjaveden pinnan alapuolelle ulottuvan soranoton vaikutusten seuranta soranoton ongelma-alueilla kuten Pohjanmaalla. Tutkimus toteutetaan erillisenä tutkimusprojektina esimerkiksi lammikoiden sijainnin, koon, muodon ja syvyyden pohjavesivaikutusten selvittämiseksi erilaisissa olosuhteissa.

5. Pohjavesialueiden käyttökelpoisuuden pilaantuminen

Kartoitetaan pohjavesialueet, joiden käyttökelpoisuus vedenhankintaan on pilattu liiallisella ja suunnittelemattomalla soranotolla.

6. Pohjaveden likaantumisen riskin kartoitus soranottoalueilla

Kartoitetaan soranottoalueet, joilla niille sijoituneet erilaiset tekijät ja toiminnot ovat soranoton lisäksi aiheuttaneet tai voivat aiheuttaa muutoksia pohjaveden laadussa, määrässä tai virtausolosuhteissa. Tällaisia muutoksia saattavat aiheuttaa esimerkiksi pohjaveden pinnan laskeminen soranottoa varten, kallion louhinta pohjavesialueilta, sorakuoppien täyttö jäte- maalla, jätevesien imeytys ja jätteiden hautaus, pintavesien johtaminen soranottoalueelle sekä erilaiset varastot ja teollisuuslaitokset.

7. Soranoton vaikutus pohjaveden käsittelyyn

Täydennetään ja tarkennetaan soranotossa todettujen veden laatumuutosten vaikutuksia pohjaveden käsittelyyn kuten alkalointiin ja raudan poistoon sekä pohjaveden korroosio- ominaisuuksiin. Tutkitaan haittojen estämiseen tai vähentämiseen tarvittavien toimenpiteiden laatua ja kustannuksia.

8. Soranottoalueiden jälkihoito

Jatketaan lysimetrimittakaavassa tehtyjä jälkihoitotutkimuksia vanhoilla ja uusilla ottoalueilla käytettävien pintarakenteiden kehittämiseksi. Seurataan pintarakenteiden vaikutusta pohjaveden laatuun ja määrään sekä maannoskerroksen kehittämiseen. Tässä yhteydessä tutkitaan myös sulfaatin ja muiden suolojen huuhtoutumisprosessia ja pesulietteen käyttömahdollisuuksia jälkihoidossa. Lysimetrimittakaavassa kehitettävät perusratkaisut varmistetaan erilaisilla koealueilla oikean jälkihoitotekniikan

kehittämiseksi. Tutkimusohjelma yhdistetään kohdan A.1 ja A.2 mukaiseen veden laadun seurantaan. Laaditaan jälkihoitoa koskevat ohjeet.

B. JATKOSELVITYKSET

9. Soranottoalueiden saneerausmenetelmät
Selvitetään erilaisten saneeraustoimenpiteiden kuten liian syväle otettujen alueiden täyttöö, lammikoiden syventämiseen, muotoiluun, suodatinkerrosten ja patojen rakentamiseen, täyttöö ja lisäottoon liittyviä menetelmiä ja toimenpiteitä sekä niiden vaikutuksia pohjaveden laatuun. Selvitykset tehdään saneeraustoimenpiteiden yhteydessä. Laaditaan saneerausmenetelmiä koskevat ohjeet.

10. Soranottoalueiden jälkikäytön kartoitus ja suunnittelu

Kartoitetaan soranottoalueiden jälkikäyttötavat ja -suunnitelmat. Laaditaan suositukset ottoalueiden jälkikäyttötavoista ottaen huomioon pohjavesien suoje- lu ympäristönäkökohdat.

11. Pohjaveden pinnan alaisen soranoton kokeilutoiminta

Aloitetaan syväle pohjaveden pinnan alapuolelle ulottuvan soranoton kokeilutoiminta ja seuranta sora-alueilla. Menetelmien kehittäminen ja ohjeiden laatiminen.

C. JATKOTOIMENPITEET

12. Soranoton suunnittelu

Laaditaan uudet soranoton suunnittelua, otto- toimintaa, jälkihoitoa ja valvontaa koskevat ohjeet. Ohjeiden tulisi koskea kiviainesten huoltoalueiden, harjujaksojen, kuntien ja pohjavesialueiden sekä yksittäisten soranotto- hankkeiden suunnittelua ja toteutusta. Yksit- täistä hanketta koskevista suunnitelmista esite- tään mallit vaativuudeltaan eritasoisesta suun- nittelusta.

13. Kiviaines- ja pohjavesivarojen alueelli- set yleissuunnitelmat

Aloitetaan kiviaines- ja pohjavesivarojen käy- tön alueellisten yleissuunnitelmien laatiminen. Työ esitetään tehtäväksi yhteistyössä ympäris-

töministeriön, vesi- ja ympäristöhallituksen, Geologian tutkimuskeskuksen, kunnallisten keskusjärjestöjen, maakuntien liiton ja tiet laitoksen kanssa.

14. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat

Aloitetaan pohjavesialueiden suojelusuunnitelmien laadinta. Suunnitelmat voidaan laatia esimerkiksi yhteistyössä kuntien ja vesi- ja

ympäristöpiirien kanssa ulkopuolisina toimiksiantoina.

15. Pohjaveden laadun seurantaohjeet

Tarkistetaan ja täydennetään saatujen kokemusten perusteella tässä raportissa esitetyt ohjeet pohjaveden laadun seurannasta erilaisilla soranottoalueilla. Ohjeet koskevat havaintoverkoston näytteenottoa ja analyysivalikoimaa.

12 YHTEENVETO

Soranotto muuttaa niitä olosuhteita, jotka säätelevät veden imeytymistä sateesta pohjavedeksi, sen liikkumista maaperässä sekä syntyvän pohjaveden määrää ja laatua. Soranoton vaikutuksista pohjaveteen oli aikaisemmin hyvin vähän tutkimustietoa.

Näiden asioiden selvittämiseksi käynnistettiin vuonna 1983 vesi- ja ympäristöhallituksen, Geologian tutkimuskeskuksen ja Tiehallituksen yhteisprojekti tutkimaan soranoton vaikutuksia pohjaveteen. Tutkimusmenetelmät valittiin vuosina 1983-84 tehtyjen esiselvitysten ja maastotutkimusten perusteella. Vuoden 1985 alussa kohdealueilla aloitettiin laaja pohjaveden laadun seurantatutkimus. Seurantatutkimusta tehtiin neljän vuoden aikana 1985-88. Seurantaa on jatkettu supistetussa laajuudessa vuodesta 1989 lähtien.

Tutkittavia kohteita oli 30 ja niissä yhteensä 86 näytteenottopistettä. Näytteenottopisteitä oli luonnontilaisilla ja soranottoalueilla sekä alueille, joilla soranotto on päättynyt.

Pohjavesinäytteitä otettiin neljä kertaa vuodessa talvella, keväällä, kesällä ja syksyllä. Yhdestä pohjavesinäytteestä tehtiin noin 35-45 erilaista määritystä. Yhteensä otettiin noin 4000 vesinäytettä.

Vajovesitutkimuksilla selvitettiin maaperän pintaosan poiston, suojakerrospaksuuksien, likaantumisen ja jälkihoitotoimenpiteiden vaikutuksia pohjaveteen. Tutkimuksissa käy-

tettiin vajoveden keräilyastioita eli lysimetrejä, joita rakennettiin yhteensä 52 kpl Tuusulassa ja Lammilla sijaitseville lysimetrikentille.

Pohjaveden ja vajoveden seurantatutkimusten sekä erilliselvitysten perusteella laadittiin tässä tutkimusraportissa esitetyt suositukset pohjaveden suojelemista varten.

Tutkimusten päätuloksista tehtävät johtopäätökset sekä suositukset pohjaveden suojelemiseksi ovat seuraavat:

TUTKIMUSTULOKSET

Soranoton vaikutus pohjaveteen

1. Happaman, vähän suoloja sisältävän sadeveden koostumus muuttuu, kun se vajoaa alaspäin maannoskerroksen läpi. Maannoskerroksen alapuolella veden kemiallisen koostumuksen vaihtelut tasaantuvat ja vajovesi muuttuu laadultaan pohjaveden kaltaiseksi, jolle on ominaista sen tasalaatuisuus.

Kun maannos poistetaan soranoton yhteydessä, muuttuvat pohjaveden muodostumisolosuhteet. Maannoksen vajovedessä tapahtuvat monet kemialliset ja biokemialliset reaktiot vähenevät oleellisesti. Maaperän pintaosan puskurikapasiteetti haposateita vastaan vähenee. Maaperään imeytyvän veden määrä lisääntyy noin 10-15 % sadannasta. Maannoksen poistaminen lisää pohjaveden likaantumisherkkyyttä selvästi.

2. Luonnontilaisen vajoveden koostumus poikkeaa selvästi soranotossa paljastuneen maanpinnan alaisen vajoveden koostumuksesta. Paljaan sorapinnan alapuolella esimerkiksi vajoveden sähkönjohtavuus ja kovuus sekä bikarbonaatti-, nitraatti-, sulfaatti-, piihappo-, alumiini-, magnesium- ja kalsiumpitoisuudet ovat selvästi korkeampia kuin luonnontilaisilla pohjavesialueilla.

Vajoveden pH-taso laski seurantajakson aikana paljaan sorapinnan alapuolella alemmaksi eli keskimäärin noin 0,3 pH-yksikköä kuin luonnontilaisen maanpinnan alla. Happamoitumisilmion selvittäminen vaatii jatkoseurantaa.

3. Pohjavesi on luonnontilaisilla alueilla yleensä sitä tasalaatuisempaa mitä syvemmällä pohjaveden pinta on maanpinnasta. Pohjavesi on pohjavesialueilla keskimäärin lievästi hapanta, sisältää vähän veteen liuenneita suoloja ja orgaanista ainesta sekä on tasalaatuista.

Kun luonnontilainen maan pintakerros poistetaan ja soraa otetaan pohjaveden pinnan yläpuolelta, tulevat vajoveden laadussa paljaan sorapinnan alapuolella todetut muutokset ja veden laadun vaihtelu esille myös pohjavedessä. Esimerkiksi sähkönjohtavuus ja kovuus sekä sulfaatti-, kloridi-, alumiini-, magnesium- ja kalium- ja hiilidioksidipitoisuudet ovat selvästi korkeampia kuin luonnontilaisilla pohjavesialueilla. Muutosten suuruus riippuu soranottoalueen sijainnista ja laajuudesta pohjavesialueella.

Pohjaveden koostumukseen vaikuttavat monet tekijät kuten ilmasto, maaperän laatu ja rakenne, maantieteellinen sijainti, veden otto sekä ihmisen muu toiminta. Pohjaveden koostumus vaihtelee näistä syistä huomattavasti eri pohjavesialueilla.

4. Kun luonnontilaisilla pohjavesialueilla vuotuisesta sadannasta imeytyy keskimäärin noin 50 - 60 % pohjavedeksi, voi soranottoalueilla vastaava osuus olla noin 60 - 70 %.

Pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelu kasvaa ja voi olla laajoilla soranottoalueilla 1,0 - 1,5 metriä. Luonnontilaisilla alueilla vastaava vaihtelu on noin 0,5 - 0,7 metriä.

5. Sorakuoppien pohjavesilammissa veden laatu on pienissä lammissa usein vain tyydyttävää. Suurikokoisissa ja syvissä (yli 5 metriä) pohjaveden virtauskentässä sijaitsevilla lammissa

vesi on tavallisesti hyvälaatuista. Pohjavesilammille on ominaista pintavesien kaltainen suuri veden laatuominaisuuksien vuodenaikojen mukainen vaihtelu (lämpötila, happamuus, kovuus, piihappo, happi, hiilidioksidi, bikarbonaatti).

Pohjavesilammen vaikutus soranottoalueen ympäristöön riippuu lammen sijainnista, koosta ja syvyydestä. Lammen vaikutus suurenee, kun sen osuus pohjavesimuodostuman poikkeileikkauksen pinta-alasta kasvaa ja voi ulottua jopa yli kilometrin etäisyydelle lammesta.

Pohjaveden likaantumiseriski ja käsittelytarve

6. Pohjaveden likaantumiserikkyys kasvaa soranottoalueilla kuten vajovesitutkimusten perusteella on voitu todeta. Alueille sijoittuu myös helposti pohjavettä likaavaa toimintaa. Luonnontilainen maan pintakerros pidättää bakteereja ja viruksia ja muita lika-aineita kuten raskasmetalleja hyvin. Soranottoalueilla ne kulkeutuvat helposti pohjaveteen. Soranottoalueilla todettiin runsaammin lämpökestoisia koliformisia bakteereja kuin luonnontilaisilla alueilla.

Pohjavesi täyttää yleensä lääkintöhallituksen talousvedelle asettamat laatuvaatimukset ja -tavoitteet. Poikkeuksen muodostaa orgaaninen aines, joka ylittää paikoitellen selvästi annetun raja-arvon. Tämä johtuu runsaasti humusta sisältävien suovesien kulkeutumisesta näille pohjavesialueille.

7. Orgaaninen aines voi vaikeuttaa jo verraten pienissäkin pitoisuuksissa (KMnO_4 -luku alle 10 mg/l) raudan poistoa biosuodatusmenetelmiä käytettäessä. Suoveden tai muun syyn kuten pohjaveden happamoitumisen aiheuttama happamuus vaikeuttaa mangaanin poistoa, jos veden happamuus on alle pH-tason 5,5. Happamuus voi lisätä myös muiden metallien kuten alumiinin pitoisuuksia pohjavedessä.

Soranoton seurauksena pohjaveden happamoitumisriski kasvaa ja pohjaveden tasalaatuisuus heikkenee. Toisaalta pohjaveteen liuenneen hapen pitoisuus nousee, jolloin todennäköisyys raudan ja mangaanin esiintymiseen pienenee.

Talousveden laatuvaatimukset koskevat myös veden väriä ja sameutta sekä veden syövyttävyyteen vaikuttavia tekijöitä. Soranoton vaikutus pohjaveden lämpötilaan ilmenee lämpötilan

vaihtelun suurenemisena. Lämpötilan vaihtelu on suurinta pohjavesilammikoiden vaikutus-alueella.

8. Pohjaveden happamuuden ja hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu voi vaikeuttaa veden alkaloitua. Vaihtelut ovat suurimmat pohjavesilampien vaikutuspiirissä.

Veden syövyttävyyttä aiheuttavien aineiden kuten kloridin ja sulfaatin haittavaikutukset ilmenevät yleensä jo pienemmissä pitoisuuksissa kuin lääkintöhallituksen laatutavoitteet.

Kloridipitoisuuden ylärajaksi suositeltu 25 mg/l voi ylittyä, kun kalsiumkloridia käytetään soranottoalueiden polyn sitomiseen.

POHJAVEDEN SUOJELU

9. Yleisperiaatteena tulisi olla soranoton ohjaaminen pois riskialttiilta vedenhankintaa varten tärkeiltä ja vedenhankintaan soveltuvilta pohjavesialueilta sora-alueille, jotka ovat vedenhankinnan kannalta toisarvoisia. Nämä alueet voidaan hyödyntää tehokkaasti ottamalla soraa myös pohjaveden pinnan alapuolelta. Soranoton päätyttyä nämä alueet tulisi maisemoida ja ottaa virkistyskäyttöön.

10. Pohjavesialueilta tapahtuvassa soranoton suunnittelussa, valvonnassa ja toteutuksessa on pohjaveden suojelun kannalta vielä monia puutteita. Tämä johtuu suuressa määrin soranoton vaikutuksia pohjaveteen koskevan tiedon ja valvonnan puutteesta. Lupahakemusasiakirjat ovat usein myös puutteellisia, mikä vaikeuttaa ja pitkittää viranomaiskäsitelyä.

Pohjaveden suojelemiseksi tulisi huolehtia muun muassa siitä, että soranotosta ei aiheudu vesilain pilaamis- ja muuttamiskiellon ja maaineslain mukaisia seuraamuksia. Lisäksi tulisi turvata talousvedeksi käytettävän pohjaveden laatuvaatimusten sekä tavoitteiden ja muiden veden laadulle annettujen ohjeiden toteuttaminen.

11. Soranottoalueita ja -ottoa koskevat rajoitukset suositellaan määriteltäväksi pohjavedenottamoiden suoja-alueiden tai pohjavesialueiden suojelusuunnitelmien mukaisen vyöhykejaon mukaisesti.

Soranottoalueiden jälkihoito suositellaan tehtäväksi vaiheittain soranoton yhteydessä. Muita toimenpiteitä ovat vanhojen sorakuoppien

kunnostus ja valvonnan tehostaminen.

12. Pohjaveden pinnan yläpuolelle jätettävän suojakerroksen paksuuteen vaikuttavat monet tekijät kuten soranottoalueen osuus pohjaveden muodostumisalueesta, pohjaveden pinnan nousu ja vaihteluvälin kasvaminen, maannoskerroksen tarvitsema tila sekä jälkihoito ja -käyttö.

Vedenottamoalueet ja vedenottamon lähi-suojavyöhykkeet suositellaan jätettäväksi luonnontilaisiksi. Suojakerroksen paksuus suositellaan määriteltäväksi jo avatuilla soranottoalueilla siten, että ylimmän tutkitun luonnollisen pohjaveden pinnan yläpuolelle jäävän maakerroksen paksuus on olosuhteista riippuen vähintään 4-6 metriä.

Suojakerroksen paksuus suositellaan määritettäväksi kaukosuojavyöhykkeellä siten, että ylimmän tutkitun luonnollisen pohjaveden pinnan yläpuolelle jäävän maakerroksen paksuus on olosuhteista riippuen vähintään 2-4 metriä.

Soranotto pohjaveden pinnan alapuolelta voitaisiin sallia tietyin edellytyksin jälkihoito- ja saneeraustoimenpiteiden yhteydessä sekä vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla kaukosuojavyöhykkeellä B.

13. Jälkihoito suositellaan tehtäväksi vaiheittain jo soranoton yhteydessä.

Jälkihoidon tavoitteina tulisi olla pohjavettä suojaavan aluskasvillisuuden ja puuston kasvualustan luominen, biologisesti aktiivisen pintakerroksen kehittäminen, soranottoalueiden likaantumisherkkyiden vähentäminen, happamoitumisen estäminen tai hidastaminen, pohjaveden pinnan vaihteluiden pienentäminen sekä uuden maannoskerroksen kehittymisen nopeuttaminen.

Jälkihoidon yhteydessä tehtävä soranottoalueen suojaverhoilu suositellaan toteutettavaksi siten, että harjun ydinosaan päälle levitetään vettä hyvin läpäisevää, puhdasta hiekkaa ja hiekkakerroksen päälle orgaanista ainesta ja hiekkaa sisältävä kasvialusta. Aluskasvillisuudeksi kylvetään alueelle luonteenomaisia kasvilajeja tai nurmikkoja. Puustoksi suositellaan sekapuustoa.

Suojaverhoilun kokonaispaksuuden tulisi olla suodatinhiekkakerros mukaan luettuna noin 0,5 metriä.

Uusilla soranottoalueilla jälkihoito suositellaan tehtäväksi mahdollisuuksien mukaan ottoalueelta kuorituilla pintamailla ja maannoskerroksella, jotka varastoidaan otton ajaksi.

14. Kiviaines- ja pohjavesivarojen käytön ohjaukseksi ja yhteensovittamiseksi suositellaan laadittavaksi kiviaines- ja pohjavesivarojen alueelliset sekä kuntien ja pohjavesialueiden yleissuunnitelmat sekä hankekohtaiset tasoltaan erittäin vaativat, vaativat ja tavanomaiset ottamissuunnitelmat.

15. Soranoton vaikutusten seuranta pohjaveen jakautuu yksittäisen ottohankkeen seurantaan ja koko pohjavesialuetta koskevaan seu-

rantaan. Seurannan avulla tulisi selvittää pohjaveden pinta ja sen vaihtelut otton eri vaiheissa suojakerroksen paksuuden määrittelyä varten, seurata otton vaikutusta pohjaveden laatuun sekä saada perustietoa uusien soranottohankkeiden sekä mahdollisen lisäveden otton suunnittelua varten.

Seuranta varten pohjavesialueelle suositellaan rakennettavaksi havaintoputkiverkosto, josta seurataan sekä pohjaveden pintaa että pohjaveden laatua.














KIRJALLISUUS

- Britschgi, R., Hatva, T. & Suomela, T. (toim.). 1991. Pohjavesiasioiden kartoitus- ja luokitusohjeet. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 60 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja B 7. ISBN 951-47-4280-x, ISSN 0786.
- Hatva, T. 1989. Iron and manganese in groundwater in Finland: Occurrence in glacial fluvial aquifers and removal by biofiltration. Helsinki, National Boards of Waters and the Environment, Finland. 99 p. Publications of the water and environment research institute 4. ISBN 951-47-3097-6, ISSN 0783-9472.
- Hatva, T., Hyypää, J., Ikäheimo, J. & Sandborg, M. 1993. Soranoton vaikutus pohjaveteen, Raportti VI. Pohjavesi ja soranotto. Helsinki, Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto. 58 s. Tutkimusraportti 1/1993. ISBN 951-47-7155-9, ISSN 0786-5244.
- Hedberg, T., Vik, E.A., Wagner, B., Oliphant, R., Ferguson, J.F., van den Hooven, T., Benjamin, M.M., Reiber, S., Nielsen, K., Pääkkönen, J., Fiksdal, L. & Forslund, J. 1990. The influence of water quality on different pipe materials and house installations. - Conclusions from the workshop. Corrosion and corrosion control in drinking water systems. Proceedings from a corrosion workshop and seminar in Oslo, 19. - 21.3.1990. P. 4 - 7.
- Hyypää, J. & Penttinen, H. 1993. Soranoton vaikutus pohjaveteen, Tutkimusraportti II. Alueelliset pohjavesitutkimukset. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. Osa A. Tutkimustulokset. 231 s. Osa B. Tutkimustulosten tarkastelu. 135 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 329. ISBN 951-47-4692-9, ISSN 0783-3288.
- Järvinen, O. & Vänni, T., 1990. Sadeveden pitoisuus- ja laskeuma-arvot Suomessa vuonna 1988. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 74 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 235. ISBN 951-47-3018-6, ISSN 0783-3288.
- Kauppara, A. 1989. Korroosion kannalta merkittävistä suureista. Helsinki. Lääkintöhallitus. Talousvesityöryhmän kemiallinen jaos, 3s, 1 liite. Muistio 3.3.1989.
- Kuusinen, K. 1993. Soranoton vaikutus pohjaveteen. Tutkimusraportti IV. Mikrobin kulkeutuminen maaperässä ja pohjavedessä. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 65 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 331. ISBN 951-4-4694, ISSN 0783-3288.
- Lemmelä, R. 1990. Water balance of a sandy aquifer at Hyrylä in southern Finland. Turku, Turun yliopisto. 340 p. Annales universitates Turkuensis, Sarja-Ser. A, II. Biologica - Geographica - Geologica 73. ISBN 951-880-428-1, ISSN 0082-6979.
- Lääkintöhallitus, 1990. Talousveden terveydellisen laadun valvonta. Helsinki, lääkitöhallitus. 20 s., 5 liitettä. Lääkitöhallituksen yleiskirje nro 1977.
- Neuvoston direktiivi, annettu 15 päivänä heinäkuuta 1980, ihmisten käytettäväksi tarkistetun juomaveden laadusta (80/778/ETY). Euroopan yhteisöjen virallinen lehti 30.8.1980, nro L229/II-29.
- Niemelä, J. 1979. Suomen sora- ja hiekkavarojen arviointiprojekti 1977-78. Espoo, Geologian tutkimuslaitos. 119 s. Tutkimusraportti nro 42. ISBN 951-690-110-7, ISSN 0430-5124.
- Paukola, T. 1992. Soranoton vaikutus pohjaveden pinnan korkeuteen ja lämpötilaan Tuusulan ja Lammin alueilla. Helsinki, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, Geologian ja paleontologian osasto. 93 s. 15 liitettä. Pro-gradutyö.
- Sandborg, M. 1993. Soranoton vaikutus pohjaveteen. Tutkimusraportti II. Vajovesitutkimukset. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 120 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 330. ISBN 951-47-4693-7, ISSN 0783-3288.
- Saviranta, L. & Vikman, H. (toim.) 1990. Suomen vesihuollon suuntaviivat. Helsinki, vesi- ja ympäristö-

- hallitus. 75 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja B 5. ISBN 951-47-3730-x, ISSN 0786-9606.
- Seppinen, O. 1987. Luonnontilaisten harjujen ja soranottoalueiden maaperän pintaosasta uutettujen vesiliukoisten suolojen ominaisuuksista Tuusulan harjujaksolla. Helsinki, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, Geologian ja paleontologian osasto. 52 s. Pro-gradutyö.
- Soveri, J. 1985. Influence of meltwater on the amount and composition of groundwater in quaternary deposits in Finland. Helsinki, National Board of Waters. Publications of the Water Research Institute 63. 92 p. ISBN 951-46-9056-7, ISSN 0355-0982.
- Soveri, J. & Ahlberg, T. 1989. Multiannual variations of groundwater level in Finland during the years 1962-1989. In: Conference on climate and water, Helsinki, Finland, 11-15 september 1989. Helsinki, Valtion painatuskeskus. 10 p. The Publications of the Academy of Finland 9/89. ISBN 951-861-668-x, ISSN 0358-9153.
- Suomen kaupunkiliitto. 1982. Pohjaveden suojele. Helsinki, Suomen kaupunkiliitto. 93 s. Kaupunkiliiton julkaisu B 93. ISBN 951-759-173-X.
- Suomen kaupunkiliitto. 1984. Vesilaitosten raakaveden laatuluokitus. Helsinki, Suomen kaupunkiliitto. 49 s. Kaupunkiliiton julkaisu B 192. ISBN 951-759-234-5, ISSN 0357-6086.
- Suomen kaupunkiliitto. 1991. Pohjaveden kloridin selvitysraja. Julk.: Tiedote ajankohtaisista VV-asioista 3/91, 23.9.1991. Yhdyskuntatekniikan ja ympäristön toimialue. 5 s.
- Suomen kuntaliitto & Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys 1993. Vesijohtoveden laatu ja korroosio. Helsinki, 30 s. Kuntaliiton julkaisusarja (painossa).
- Vesihallitus. 1983. Yhdyskuntien vedenhankinnalle tärkeät pohjavesialueet. Helsinki. 140 s, 14 liitekarttaa. Tiedotus 225. ISBN 951-46-6670-4, ISSN 0355-0745.
- Vesi- ja ympäristöhallitus. 1991a. Pohjavesialueiden suojele suunnitelmat. Valvontaohje nro 65, Helsinki. 2 s. 19 liitesivua, Dnro /500 VYH 1991.
- Vesi- ja ympäristöhallitus. 1991b. Maa-ainesten ottoon kohdistuva valvonta vesi- ja ympäristöviranomaisten kannalta. Valvontaohje nro 49. Helsinki. 16 s. Dnro /500 VYH 1991.
- Ympäristöministeriö. 1987. Maa-ainestutkimuksen kehittämistarpeet. Helsinki. Maa-ainesasiain neuvottelukunta. 24 s. Selvitys 2/1987. ISBN 951-47-0185-2, ISSN 0784-0098.
- Ympäristöministeriö. 1988. Vesiensuojelun tavoiteohjelma vuoteen 1995, Valtioneuvoston periaatepäätös. Helsinki. 41 s. Sarja B 12/1988. ISBN 951-47-2061-X, ISSN 0784-8137.
- Ympäristöministeriö. 1990. Maa-ainestutkimusohjelma vuosille 1991-1995. Helsinki. Maa-ainesasiain neuvottelukunta. 29 s. Selvitys 3/1990. ISBN 951-47-1310-9, ISSN 0786-5228.
- Ympäristöministeriö 1992. Pohjavesimerkinnot kaavoihin. Pohjavesialueiden merkintätyöryhmän mietintö. Helsinki. 29 s, 2 liitettä. Kaavoitus- ja rakennusosasto. Työryhmän raportti 1/1992. ISBN 951-37-0876-4, ISSN 0786-5252.
- Ympäristöministeriö 1993. Maa-ainesten ottamisopas. Helsinki. Ympäristöministeriö, Suomen kuntaliitto, vesi- ja ympäristöhallitus (tekeillä).
- Zaitsoff, V. 1982. Oripään pohjavesialueen vesitaseesta. Helsinki, vesihallitus. 89 s. Vesihallituksen monistesarja 1982:131.

PIIRUSTUSTEN JA TAULUKOIDEN MERKINNÄT

Kartta	Poikkileikkaukset	
		Glasifluviaaliset kerrostumat (harjun runko-osa), pääasiassa hiekkaista soraa ja soraa
		Rantakerrostuma, pääasiassa hiekkää
		Meri- ja järvi-kerrostuma, pääasiassa silttiä / savea
		Kallio-moreenialue
		Suoalue, turvetta
		Arvioitu hiekkapeitteisen harjun hyvin vettä johtava runko-osa, pääasiassa hiekkaista soraa
		Soranottoalue (hiekkää ja soraa)
+ 79.50		Pohjaveden pinta
		Pohjavesilampi (hiekkää ja soraa otettu pohjaveden pinnan alapuolelta)
		Sorakuoppa täytetty ylijäämämaalla
		Korkeuskäyrä
		Pohjaveden huomattava virtaussuunta
		Pohjaveden paikallinen virtaussuunta
		Pohjaveden jakaja
		Kallioperän ruhjevyöhyke
		Havaintoputki ja pohjaveden pinnan vaihteluväli tutkimuksen aikana v. 1985 - 1988. (Pohjaveden pinnan korkeushavainnot)
W +50.35 - +51.40		
		Muovinen 2"-n pituisella siiviläosalla varustettu havaintoputki (pohjaveden pinnan korkeushavainnot ja vesinäytteiden otto)
		Mahdollinen lisähavaintoputki

	Lähde
	Pohjavedenottamo
	Alustavasti tutkittu pohjavedenottamon paikka
	Pohjavesikaivo
	Mahdollinen vedenottovyöhyke
	Pohjavesialueelle purkautuvan pintaveden purkausuoima
	Lysimetri
	Vesinäytteen ottopaikka ja numero pohjavesilamessa
	Pohjavesinäytteen ottopaikka
I	Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue
II	Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue
III	Muu pohjavesialue
	Vesioikeuden määräämän suoja-alueen raja
	Suoja-alueen lähi- ja kaukosuojavyöhykkeen raja
	Pohjavesialueen raja
	Suunnitellun maa-ainesten ottoalueen raja
min	Pienin arvo
max	Suurin arvo
Md	Mediaani
n	Analyysien, mittausten ym. havaintojen lukumäärä
\bar{x}	Keskiarvo
$\sqrt{25} \text{ mS/m}$	Sähkönjohtavuus
mval / l	Millivali
s	Keskihajonta
Klorof.	Klorofylli
Kiint.	Kiintoaine
Alk.	Alkaliniteetti

KUVAILULEHTI

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä
9.12.1992

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)
Matti Sandborg

Toimielimestä: nimi, puheenjohtaja
Johtoryhmä: Tuomo Hatva
(pj.)

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)
Soranoton vaikutus pohjaveteen

Tutkimusraportti I. Pohjaveden laatuun vaikuttavien aineiden geokemiallisia ominaisuuksia

Julkaisun laji
Kirjallisuustutkimus

Toimeksiantaja
VYH, GTK, TieH

Toimielimen asettamispyvm
1.8.1983

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Tutkimuksessa on tarkasteltu eräiden pohjaveden laatuun mahdollisesti vaikuttavien aineiden ja yhdisteiden kemiallisia ja geokemiallisia ominaisuuksia ja reaktioita maaperässä ja pohjavedessä. Tällaisia aineita ovat: hiili-, typpi-, rikki- ja fosforiyhdisteet, kloridi, pii, kalsium, magnesium, natrium, alumiini, rauta, mangaani, sinkki, kupari, nikkeli, lyijy, kadmium, kromi ja koboltti.

Asiasanat (avainsanat)

Pohjavesi, maaperä, geokemia, veden laatu, alkuaineet, kemialliset yhdisteet

Muut tiedot

Tutkimukseen liittyvät tutkimusraportit II, III ja IV (VYH, monistesarja) sekä Raportti V: Soranotto ja pohjaveden suojele (VYH:n julkaisuja, Sarja B 15) ja Raportti VI: Pohjavesi ja soranotto (Tutkimusraportti 1/1993).
Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto)

Sarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 328

ISBN

951-47-4691-0

ISSN

0783-3288

Kokonaissivumäärä

46

Kieli

Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Vesi- ja ympäristöhallitus
Kuntatoimisto
puh. (90) 6951 295

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus
PL 250
00101 HELSINKI

TUTKIMUSRAPORTTI II:N KUVAILULEHTI

KUVAILULEHTI

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä
9.12.1992

Tekijä(t)
Juho Hyyppä ja Heikki Penttinen

Toimielimestä: nimi, puheenjohtaja
Johtoryhmä: Tuomo Hatva (pj.)

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)
Soranoton vaikutus pohjaveteen

Tutkimusraportti II: osa A. Tutkimustulokset. osa B. Tutkimustulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Julkaisun laji	Toimeksiantaja	Toimielimen asettamisvpm
Tutkimusraportti	VYH, GTK, TieH	1.8.1983

Julkaisun osat
Osa A: Tutkimustulokset
Osa B: Tutkimustulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tiivistelmä

Osa A: Tutkimuksen tavoitteena oli seurata pohjaveden pinnan ylä- ja alapuolisen soranoton vaikutuksia pohjaveteen erilaisissa hydrogeologisissa olosuhteissa. Tutkimuksia tehtiin 30 pohjavesialueella etelä-, lounais- ja keski-Suomessa sekä Pohjanmaalla. Vesinäytteitä otettiin neljä kertaa vuodessa pohjavesiputkista, vedenottoamoista, lähteistä ja pohjavesilammikoista, yhteensä 86 kohteessa. Vesinäytteistä tehtiin 35–40 veden laatumäärittystä. Soranotto aiheuttaa muutoksia sekä pohjaveden laadussa että pohjaveden pinnan korkeudessa ja sen vaihtelussa. Hapan sadevesi huuhtelee maa-ainesta, jolloin veteen liuenneiden suolojen määrä ja veden laatu vaihtelut lisääntyvät. Pohjaveden happamoitumiskehitys nopeutuu. Sorakuoppien pohjavesilammissa veden koostumus vaihtelee kuten pintavesissä vuoden aikojen mukaan. Lampiveden laadun suuri vaihtelu lisää pohjaveden laadun vaihtelua.

Osa B: Pohjaveden laatuun vaikuttavat niin luonnontilaisilla kuin soranottoalueilla geologiset tekijät (kallioperä, maaperä) ja maantieteellinen sijainti. Soranottoalueilla muuttuu pohjaveden muodostumisolosuhteita ja siten sen määrää ja laatua eniten biologisesti aktiivisen maannoskerroksen poisto, mikä lisää pohjaveden likaantumiskä. Kaivun syvyys ja laajuus sekä ottoalueen sijainti pohjavesialueella ovat muita pohjaveden laatuun ja määrään vaikuttavia tekijöitä. Pohjavesilammen tila riippuu keskeisesti pohjaveden laadusta, lammen koosta, muodosta ja sijainnista. Lammen vaikutus pohjaveden laatuun on suurin siellä missä pohjaveden pinnan alainen soranotto on suoritettu pohjaveden koko virtauskentän poikki, jolloin se voi ulottua yli kilometrin etäisyydelle lammesta. Soranotosta johtuvat pohjaveden laadun vaihtelut vaikeuttavat vedenottoamoissa alkalointia, raudan poistoa ja korroosion ehkäisyä. Hyvälaatuisen pohjaveden saanti edellyttää sen suojelutoimenpiteitä kuten soranottoa koskevia rajoituksia.

Asiasanat (avainsanat)

Pohjavesi, soranotto, ympäristövaikutukset, maannos, veden laatu, veden korkeus ja vesiensuojelu

Muut tiedot Tutkimukseen liittyvät tutkimusraportit I, III ja IV (VYH, monistesarja) sekä Raportti V (VYH:n julkaisuja, Sarja B15) ja Tutkimusraportti 1/1993. (Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto)

Sarjan nimi ja numero
Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 329

ISBN
951-47-4692-9

ISSN
0783-3288

Kokonaissivumäärä
Osa A
Osa B
Kieli
Suomi

Hinta
Luottamuksellisuus
Julkinen

Jakaja
Vesi- ja ympäristöhallitus
Kuntatoimisto
puh. (90) 6951 295

Kustantaja
Vesi- ja ympäristöhallitus
PL 250
00101 HELSINKI

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä
9.12.1992

Tekijä(t)
Matti Sandborg

Toimielimestä: nimi, puheenjohtaja
Johtoryhmä: Tuomo Hatva (pj.)

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)
Soranoton vaikutus pohjaveteen

Tutkimusraportti III: Vajovesitutkimukset

Julkaisun laji	Toimeksiantaja	Toimielimen asettamispv
Tutkimusraportti	VYH, GTK, TieH	1.8.1983

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin lysimetrien avulla, miten maan luontaisen pintakerroksen poistaminen vaikuttaa soranoton seurauksena vajoveden laatuun ja määrään eri syvyyksillä maan pinnasta. Lisäksi tutkittiin:

1. Raskasmetallien kulkeutumista maaperässä luonnontilassa ja maan pintakerroksen poiston jälkeen.
2. Viemärijäteveden aiheuttamia kemiallisia muutoksia vajovedessä luonnontilassa ja pintakerroksen poiston jälkeen.
3. Pölynsidontasuolan (CaCl₂) aiheuttamia kemiallisia muutoksia vajovedessä maan pintakerroksen poiston jälkeen
4. Soranottoalueilla maan pintaan tehtävää pintaverhoilua
5. Soran pesussa syntyvän lietteen ominaisuuksia.

Tutkimusaikana 1984–1988 havaittiin vajoveden voimakasta happamoitumista. Maan pintakerroksen poiston jälkeen monien ionien ja orgaanisen aineksen pitoisuudet nousivat jopa moninkertaisiksi luonnontilaan verrattuna, samoin vajovesi happamoitui nopeammin kuin luonnontilassa. Maan luonnontilaisen pintakerroksen, maannoksen ja kasvien, havaittiin suojaavan pohjavettä raskasmetalli- ja jätevesisaasteelta. Pölynsidontasuolauksen havaittiin aiheuttavan vajoveden suolapitoisuuden nousua ja happamoitumista. Luonnontilaista jäljittelevän maan pintakerroksen alapuolella vajovesi oli luonnontilaisen kaltaista. Soranpesulietteestä havaittiin huuhtoutuvan vajoveteen sulfaattia suurina pitoisuuksina.

Maannoshorisonttien alapuolella havaittiin vaiheuttamisvyöhyke, joka ulottui maan pinnasta ainakin 1,5 metrin syvyyteen. Vyöhykkeessä vajoveden ominaisuudet olivat samankaltaisia kuin maannoshorisonteissa. 2,5 metrin syvyydessä vajovesi oli pohjaveden kaltaista. Johtopäätöksenä todettiin luonnontilaisen maanpintakerroksen suuri vaikutus pohjavettä suojaavana kerroksena.

Asiasanat (avainsanat)

Pohjavesi, vajovesi, maannokset, soranotto, raskasmetallit, jätevesi, pölynsidontasuolaus, soranpesuliete, jälkihoito

Muut tiedot Tutkimukseen liittyvät tutkimusraportit I, II ja IV (VYH, monistesarja) sekä raportti V: Soranotto ja pohjaveden suojelu (VYH:n julkaisuja, Sarja B15) ja tutkimusraportti 1/1993. (Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto)

Sarjan nimi ja numero	ISBN	ISSN
Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 330	951-47-4693-7	0783-3288

Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Luottamuksellisuus
120	Suomi		Julkinen

Jakaja
Vesi- ja ympäristöhallitus
Kuntatoimisto
puh. (90) 6951 295

Kustantaja
Vesi- ja ympäristöhallitus
PL 250
00101 HELSINKI

TUTKIMUSRAPORTTI IV:N KUVAILULEHTI

KUVAILULEHTI

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä
9.12.1992

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

Kuusinen, Kimmo,
Johtoryhmä pj. Tuomo Hatva

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

Soranoton vaikutus pohjaveteen. Tutkimusraportti IV. Mikrobin kulkeutuminen maaperässä ja pohjavedessä

Julkaisun laji

Tutkimusraportti

Toimeksiantaja

VYH, GTK, TieH

Toimielimen asettamispyvm

1.8.1983

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin lysimetrien avulla miten maan luontaisen pintakerroksen poistaminen esim. soranoton yhteydessä vaikuttaa mikrobin (bakteerien ja virusten) kulkeutumiseen maaperässä erilaisten soranottoalueen jälkihoitotoimenpiteiden vaikutusta mikrobin kulkeutumiseen tutkittiin myös.

Luonnontilainen metsämaa pidatti indikaattoribakteereita parhaiten. Jälkihoitolyysimetristäkin löytyi hyvin vähän bakteereja. Huonoimman suojan pohjavedelle muodosti pelkkä sorakerros. Virusten havaittiin kulkeutuvan vettä hyvin läpäisevässä maaperässä suunnilleen pohjaveden virtausnopeudella.

Asiasanat (avainsanat)

Bakteerit, virukset, maaperä, pohjavesi, soranotto, kulkeutuminen

Muut tiedot

Tutkimukseen liittyvät tutkimusraportit I-III ja VYH, monistesarja sekä raportti V: Soranotto ja pohjaveden suojele (VYH:n julkaisuja, sarja B 15) ja Raportti VI: Pohjavesi ja soranotto (Tutkimusraportti 1/1993. Ympäristöministeriön kaavoitus- ja rakennusosasto)

Sarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallituksen
monistesarja nro 331

ISBN

951-47-4694

ISSN

0783-3288

Kokonaissivumäärä

65

Kieli

Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Vesi- ja ympäristöhallitus
Kuntatoimisto
PL 250, 00101 HELSINKI

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus
PL 250
00101 HELSINKI

POHJAVESIALUEIDEN LUOKITTELU

Yleistä

Luokittelun tavoitteena on lisätä tietoa pohjavesialueiden sijainnista ja hydrogeologisista olosuhteista, käyttökelpoisuudesta ja pohjaveden laadusta. Tätä varten vesi- ja ympäristöhallituksen toimesta kartoitetaan vedenhankinnalle tärkeiden pohjavesialueiden lisäksi vedenhankintaan soveltuvat ja muut pohjavesialueet ja pohjavettä uhkaavat vaaratekijät. Alueet luokitellaan kolmeen luokkaan käyttökelpoisuutensa ja suojelutarpeensa mukaan (Britschgi ym. 1991).

Pohjavesialueiden kartoitus ja luokittelu käsittää lähinnä sellaiset muodostumat, joista vettä on mahdollista saada hyötykäyttöön.

Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue, luokka I

MÄÄRITELMÄ. Alue, jonka pohjavettä käytetään tai tullaan käyttämään 20-30 vuoden kuluessa tai muutoin tarvitaan esimerkiksi kriisijaksolla vedenhankintaa varten liittyjä määrältään vähintään 10 asuinhuoneiston vesilaitoksessa tai hyvää raakavettä vaativassa teollisuudessa. Erityisin perustein pienempiäkin vedenottamoita voidaan merkitä tähän luokkaan kuuluviksi. Luokkaan I kuuluva alue voi käsittää koko pohjavesialueen tai vedenhankinnan kannalta tarpeelliset osa-alueet.

SELITYS: Vedenhankintaa varten tärkeäksi pohjavesialueeksi luokitellaan pohjavesialue, jonka pohjavettä käytetään tai tullaan suunnitelmien mukaan käyttämään 20-30 vuoden kuluessa tai muutoin tarvitaan vedenhankintaan. Pohjavesialueelta saatavaa vettä otetaan

1. Vesilaitokseen, johon on liittynyt tai suunnitelmien mukaan tulee 20-30 vuoden kuluessa liittymään enemmän kuin kymmenen asuinhuoneistoa.

2. Vastaavaan muuta talousvettä toimittavaan laitokseen.
3. Pakattua talousvettä toimittavaan laitokseen.
4. Kiirriakojen vedentarpeeseen.

Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue voi käsittää koko pohjavesialueen tai sen osia, jotka ovat vedenhankinnan kannalta tarpeellisia. Vedenhankintaa varten tärkeän pohjavesialueen ulkopuolelle voidaan jättää esiintymään sellaiset osat, joita ei käytetä tai tulla käyttämään vedenhankintaan. Tällaiset osat merkitään käyttökelpoisuutensa ja suojelutarpeensa mukaiseen luokkaan.

SUOJELUNÄKÖKOHDAT: Vedenhankintaa varten tärkeällä pohjavesialueella suojelutarve on yleensä suuri jo siitä syystä, että alueen käyttötarve vedenhankinnan kannalta on tiedossa. Vesilaki asettaa alueen suojelulle tiukat vaatimukset. Tarvittavat suojelutoimenpiteet määritellään tapauskohtaisesti.

Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue, luokka II

MÄÄRITELMÄ: Alue, joka soveltuu yhteisvedenhankintaan, mutta jolle ei toistaiseksi ole osoitettavissa käyttöä yhdyskuntien, haja-asutuksen tai muussa vedenhankinnassa. Luokkaan II kuuluva alue käsittää yleensä yhtenäisen pohjavesialueen tai suojelun kannalta tarpeelliset osa-alueet.

SELITYS: Tällaisia alueita ovat esimerkiksi alueet, joiden antoisuus on yli 250 m³/d tai joilla muutoin voi olla vedenhankinnan kannalta alueellista merkitystä. Pohjavesialue saattaa sijaita vedenkulutusalueisiin nähden niin etäällä, ettei käyttöönotto ole toistaiseksi taloudellisesti kannattavaa. Alueen käyttötarve saattaa kuitenkin ilmetä vasta myöhemmin vedenhankintatarpeen muuttuessa.

SUOJELUNÄKÖKOHDAT. Vesilaki rinnastaa vedenhankintaan soveltuvan pohjavesialueen vedenhankintaa varten tärkeään, vaikka vedenhankinnan kannalta suojelutarve ei soveltuvalla alueella olekaan yhtä akuutti kuin tärkeällä.

Muu pohjavesialue, Luokka III

MÄÄRITELMÄ. Alue, jonka hyödyntämiskelpoisuuden arviointi vaatii lisätutkimuksia vedensaantiedellytysten, veden laadun tai likaantumis- tai muuttumisuhan selvittämiseksi.

SELITYS. Kartoitukseen sisällytetään kaikki alueet, joilla voi olla hyödyntämiskelpoista pohjavettä. Hyödyntämiskelpoiseksi luokitellaan sellaiset pohjavedet, jotka ovat puhdistamiskelpoisia (pohjavesien laatuluokat I-IV, Suo-

men Kaupunkiliitto 1984). Alue, jolta saatava vesi ei ole puhdistamiskelpoista tai joka on veden ottoon muuten soveltumaton voidaan jättää luokittelematta.

Mikäli luokkaan III kuuluva alue todetaan lisäselvitysten perusteella vedenhankintaan hyvin soveltuvaksi, se voidaan siirtää luokkaan I tai II. Jos luokkaan III kuuluva pohjavesialue todetaan kokonaisuudessaan vedenhankintaan soveltumattomaksi, se voidaan jättää luokittelun ulkopuolelle.

SUOJELUNÄKÖKOHDAT. Luokassa III noudatetaan vesilain mukaisia säännöksiä ja välillisesti myös muita pohjaveden suojelua koskevia säännöksiä. Vedenhankintaan soveltumattomaksi todetun pohjavesialueen suojelutarve rajoittuu mahdollisen yksityisen vedenhankintaintressin turvaamiseen.

TALOUSVEDEN TERVEYDELLISEN LAADUN VALVONTA
 (Lääkintöhallituksen yleiskirje nro 1977/90)

Talousveden terveydelliset laatuvaatimukset

Muuttuja			Enimmäistiheys 100 ml:ssa
Koliformiset bakteerit			alle 1
Escherichia coli (alustava tunnistus)			alle 1
			Enimmäispitoisuus
Arseeni	As	mg/l	0,05
Elohopea	Hg	mg/l	0,001
Kadmium	Cd	mg/l	0,005
Kromi	Cr	mg/l	0,05
Lyijy	Pb	mg/l	0,05
Nikkeli	Ni	mg/l	0,05
Seleen	Se	mg/l	0,01
Syanidi	CN	mg/l	0,05
Fluoridi	F	mg/l	1,5
Nitraatti	NO ₃	mg/l	25
Nitraatti	NO ₃ -N	mg/l	6,0
Nitriitti	NO ₂	mg/l	0,1
Nitriitti	NO ₂ -N	mg/l	0,03
Hiilitetrakloridi	CCl ₄	mg/l	0,003
Kloorifenolit (summa)*		mg/l	0,01
Pestisidit			WHO:n ohjeavot

* Kloorifenolien summalla tarkoitetaan tri-, tetra- ja pentakloorifenolien yhteispitoisuutta.

Talousveden laatutavoitteet

Muuttuja	Enimmäistiheys 100 ml:ssa		
Heterotrofinen pesäkeluku (20°C, 72 h)	alle 100 (ks. huomautus 1)		
Enimmäispitoisuus			
Aktiivisen kloorin kokonaismäärä	Cl ₂	mg/l	1,0
Alumiini	Al	mg/l	0,2
Ammonium	NH ₄	mg/l	0,5
Ammonium	NH ₄ -N	mg/l	0,4
Fosfaatti	PO ₄ -P	mg/l	0,1
Kloridi	Cl	mg/l	100
KMnO ₄ -luku		mg/l	12
COD _{Mn}	O ₂	mg/l	3,0
Kupari	Cu	mg/l	0,3
Mangaani	Mn	mg/l	0,1
Mineraaliöllyt		mg/l	0,05
Natrium	Na	mg/l	150
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä	TOC	mg/l	3,5
Rauta	Fe	mg/l	0,2
Sinkki	Zn	mg/l	3,0
Sulfaatti	SO ₄	mg/l	100
Ohjearvo			
pH			6,5-8,8
Sameus	FTU		1,0
Väriluku			5
Haju ja maku			Ei vierasta hajua tai makua

Huomautus 1. Vesilaitoksen jakamalle vesijohtovedelle.

SORAN PESUSSA SYNTYVÄN LIETTEEN KEMIALLINEN KOOSTUMUS

1 Yleistä

Tutkimus soran pesussa syntyvän lietteen koostumuksen selvittämiseksi tehtiin Etelä-, Länsi- ja Keski-Suomessa sijaitsevilta soranottoalueilta otetuista näytteistä (yhteensä 34 kpl). Näillä soranottoalueilla pestiin soraa. Näytteistä analysoitiin sähkönjohtavuus, pH, SO₄⁻, Ca-, Mg-, Na-, K-, Fe- ja Mn- sekä Al- ja raskasmetallipitoisuudet. Yksityiskohtaiset tutkimustulokset on esitetty osaraportissa III (Sandborg 1993).

2 Tutkimustulokset

Seuraavassa on esitetty yhteenvedo tutkimustuloksista niiden pohjaveden laadun kannalta tärkeimpien ominaisuuksien osalta, joissa oli todettavissa haitallisen korkeita pitoisuuksia tai mittausarvoja.

Taulukko 1. Maanäytteiden ottopaikat ja laatu

Alue	Maalaji	Hienoaineksen pitoisuus %	D ₅₀ mm
1. Nurmijärvi, Patamäki			
• pesulietteen läjityskasa	saHt	15	0,03
• levitetty pesuliete	kHt	5	0,07
• sora pesulietteen alla	srHk	3	0,07
2. Tuusula, Palaneenmäki			
• lysimetri, 0,2 m pesulietettä pintakerroksessa	kHt	1	0,10
3. Jokioinen, Kukonharju	Ht	5	0,05
4. Jurva, Poronkangas	Ht	10	0,03
5. Porvoon mlk, Vessölandet	kHt	0	0,12

Alueilta 3-5 näytteet otettiin pesulietekasasta eri syvyyksiltä. Maanäytteet uutettiin tislattulavedellä ja uutostesteestä mitattiin pH ja sähkönjohtavuus sekä analysoitiin 17 alkuaineen ja yhdisteen pitoisuudet. Seuraavassa on esitetty tutkimustulokset sähkönjohtavuuden sekä sulfaatti- ja alumiinipitoisuuksien osalta.

Taulukko 2. Maanäytteiden analyysitulokset pesulietteen läjityskasasta

Analyysit	Näytteenottopaikka									
	Patamäki			Kukonharju		Poronkangas		Vessölandet		
Alue	pinta	1m	2m	pinta	1m	pinta	1m	pinta	1m	2m
sähköjoht. mS/m	5	9	18	5	12	3	5	7	100	91
sulfaatti mg/l	9	24	78	7	24	8	13	7	65	4
alumiini mg/l	0,6	0,3	0,2	0,8	0,3	0,02	0,03	0,4	0,1	0,1

Taulukko 3. Maanäytteiden analyysitulokset sorakuopan pohjalta, minne on levitetty pesulietettä. Patamäen pohjavesialue Nurmijärvellä.

Analyysit	Näytteenottopaikka									
	Patamäki, piste 1					Patamäki, piste 2				
Alue	pinta	5	10	30	70	pinta	5	10	30	70
Syvyys	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
sähköjoht.mS/m	9	9	9	12	4	10	14	13	8	5
sulfaatti mg/l	11	14	12	23	6	20	30	29	16	7
alumiini mg/l	0,3	0,3	0,3	0,3	2,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6

Taulukko 4. Vertailunäytteet

Analyysit	Näytteenottopaikka				
	Patamäki hieta maanpinta	Patamäki sora ⁽¹⁾ maanpinta	Salmela pellon pinta (0,3m)	Palaneenmäki, pesuliete 0,2 m	
sähköjoht.mS/m	3	8	58	10	14
sulfaatti mg/l	5	17	28	18	48 ⁽²⁾
alumiini mg/l	0,04	0,2	0,4	0,08	0,13

1) Sora, jossa hienojakoista maa-ainesta

2) Lysimetrin läpi suotautuneen vajoveden korkein sulfaattipitoisuus oli 240 mg/l ja korkein alumiinipitoisuus 1700 mg/l. Pesulietekerroksen paksuus lysimetrissä 0,2 m (Sandborg 1993).

SORANOTTOALUEIDEN KÄYTTÖ SORANOTON JÄLKEEN

1 Yleistä

Soranotto muuttaa aina ympäristöä. Muutokset heijastuvat kauas tulevaisuuteen ja vaikuttavat monella tavalla alueen ja lähiympäristön käyttöön. Jos soranottoalueen jälkikäytöstä on tehty tarpeelliset selvitykset ja päätökset ennen soranottoa, voidaan jälkikäytöstä johtuvat vaatimukset ottaa huomioon jo soranoton suunnittelu-, toteuttamis- ja jälkihoitovaiheessa. Ympäristön muuttamista voidaan tällöin ohjata siten, että ongelmia tulevan käytön kanssa ei synny.

Soranoton rajoituksia asetettaessa tulisi ottaa huomioon, että aktiivisilla suojatoimilla ja tulevan käytön hyvällä suunnittelulla voidaan parantaa soranottoalueen käyttömahdollisuuksia otton päätyttyä.

2 Soranottoalueiden käyttö kaivun jälkeen

Soranottoalueilla on monenlaisia käyttömahdollisuuksia. Alueiden maapohja sopii hyvin rakentamiseen. Harjuluonto on ympäristönä viihtyisä, mistä on esimerkkinä useiden asuintaajamien sijoittuminen harjuille. Harjuluonnon ja pohjaveden suojelun tavoitteet toteutuvat kuitenkin parhaiten, jos pohjavesialueet säilytetään luonnontilaisina.

Pohjavesialueilla on osa-alueita, joilla soranotto voidaan tietyin edellytyksin sallia. Rajoitukset johtuvat ensisijaisesti pohjaveden suojelusta. Kun alueille suunnitellaan rakennuksia, teitä ynnä muuta tulisi jo soranottolupia myönnettäessä selvittää, aiheuttaako alueen tuleva käyttö soranotolle erityisiä rajoituksia.

Pohjaveden pinnan yläpuolisen suoja-kerroksen tulisi olla niin paksu, että rakenteiden perustukset eivät missään olosuhteissa joudu pohjaveden kanssa kosketuksiin. Rakennustyöt tulisi tehdä siten, että pohjavettä ei paljasteta.

Pohjavedelle vaarallisten aineiden käyttö ja

säilytys soranottoalueella aiheuttaa aina riskin, jonka suuruutta voidaan arvioida aineen laadun, määrän sekä käyttö- ja suojatoimenpiteiden perusteella. Yleisesti voidaan todeta, että esimerkiksi yksittäisen teollisuuslaitoksen sijoittaminen pohjavesialueelle voi vaatia mittavat suojajärjestelyt.

Teollisuusalueen suojajärjestelyjen hallinta on erittäin vaikeaa varsinkin pitkällä aikavälillä. Teollisuusalueilla toiminta muuttuu suhdanteiden ja toimintojen mukaan. Edellä mainituista syistä teollinen toiminta soveltuu huonosti pohjavesialueille yleensä ja soranottoalueille erityisesti, joilla maaperän pohjavettä suojaava vaikutus on huonompi kuin luonnontilaisilla alueilla.

Asuinrakentamista suunniteltaessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota viemäröintiin, jonka tulee olla ehdottoman tiivis. Muita huomioitava seikkoja ovat muun muassa maan pinnan säästäminen, liikennejärjestelyt ja jätehuolto. Soranottoalueet soveltuvat huonosti kaupunkimaiseen rakentamiseen.

Pohjavesialueiden soranottoalueilla esiintyviä toimintoja on lueteltu taulukossa 1. Eri toimintoja koskeva luettelo ei ole suositus, vaan katsaus toiminnoista ja arvio niiden soveltuvuudesta yleensä soranotto- ja pohjavesialueille.

Tavallisin pohjavesialueiden käyttötapa on metsänkasvatus. Urheilu- ja virkistystoiminnot sopivat myös yleensä soranottoalueille hyvin. Pohjavesialueille hyvin sopivaan toimintaan voi liittyä kuitenkin suuria ihmisjoukkoja kerääviä tapahtumia ja moottoriajoneuvoliikennettä, jolloin jätehuolto, saniteettitilat, pysäköintipaikat ynnä muut tulisi järjestää pohjavesialueen ulkopuolelle.

Eryistä huomiota tulisi kiinnittää siihen, että soranottoalueille ei tuoda jätteitä. Tämä koskee myös pohjavesialueita, jotka on jätetty virallisen luokituksen ulkopuolelle. Tärkeiden pohjavesialueiden sorakuopat eivät sovellu myöskään ylijäämämassojen läjityspaikoiksi.

Taulukko 1. Soranottoalueilla esiintyviä toimintoja ja niiden soveltavuus soranotto- ja pohjavesialueille

Jälkikäyttömuoto	Veden hankintaan käytettävät tai siihen soveltuvat pohjavesialueet	Mahdolliset vesiensuojelutoimenpiteet	Vedenhankintaan soveltumattomat sora- ja hiekka-alueet	Mahdolliset pohjavesiensuojelutoimenpiteet
Vesihuolto				
Vedenkäsittelylaitos	I	PA, PV, JV, UK	III	
Maa- ja metsätalous				
Metsän kasvatustaimitarha	I	LA, TO	I	
Taimitarha	II	JV, PV, ÖS, PA, LA, TO	I	(JV, ÖS, LA, TO)
Puutarhaviljely	II	PA, LA, TO	I	
Turkistarhaus	III	JV, PV, ÖS, AS, SK, PA, SIJ.LUPA	III	JV, PV, ÖS, AS, SK, PA, SIJ.LUPA
Kasvihuoneviljely	II	JV, PV, ÖS, SK, PA, LA, TO, SIJ.LUPA	II	JV, PV, ÖS, SK, TO, SIJ.LUPA
Urheilu				
Urheilukentät- ja keskukset	I-II	JV, PV, ÖS, TT, PA, LA, TO	I	
Ampumarata	III	AS, SK, PA, KK	I	AS, SK
Ravirata	III	JV, PV, ÖS, TT, PA	I	ÖS, PA
Moottoriradat	III	JV, PV, ÖS, ÖE, TT, PA, SK, AS, KK, SIJ.LUPA	I	SK, AS, PA, KK, JV
Virkistys- ja vapaa-aika				
Ulkoilualue	I	KK	I	KK
Huvipuisto	I-II	JV, ÖS, JV, PA	I	(UK, KK, JV)
Golf-rata	III	PA, LA, TO	I	
Kalatalous				
Luonnonravintolammikko	I	IL, PA	I	
Kalankasvatusallas	III	IL, PA	I	

taulukko jatkuu

Jälkikäyttömuoto	Veden hankintaan käytettävät tai siihen soveltuvat pohjaviesialueet	Mahdolliset vesiensuojelutoimenpiteet	Vedenhankintaan soveltumattomat sora- ja hiekkalueet	Mahdolliset pohjaviesien-suojelutoimenpiteet
Rakentaminen				
Taaja-asutus	II	PV, JV, ÖS, PA, TT	I	JV
Haja-asutus	I	JV, (UK), ÖS, PA, TT	I	
Teollisuusrakennukset	III	PV, JV, PA, ÖS, AS, (SK, TT)	I	JV, ÖS
Teollisuusalueet	III	JV, PV, ÖS, TT, PA	II	
Sahat	III	SIJ.LUPA	III	SIJ.LUPA
Lentokenttä	III	AS, PV, ÖS, JV, SK, PA, ÖE	II	JV, PV, ÖS, AS, TT, PA
Huoltoasemat	III	SIJ.LUPA	III	SIJ.LUPA
Autonhajoittamot, romuliikkeet	III	SIJ.LUPA	III	SIJ.LUPA
Öljyjen, terveydelle vaarallisten ja myrkyllisten aineiden varastot	III	SIJ.LUPA	III	SIJ.LUPA
Muu yhdyskunnan huolto				
Kaatopaikka	III	ei suojattavissa	III	ei suojattavissa
Hautausmaa	III	PV, PA, JV	I	(PV)
Liikennealue (tie, rautatie)	II	TT, PV	I	TT
Betonimurskaamot tai asfalttiasema	III	ÖS, SK, ÖE, AS, PA, (SIJ.LUPA)	II	ÖS
Öljysoran varastointi	III	(SK, PV)	II	
Humuspitoiset massat (ruokamulta, turve, pintamaa, lieju)	III	(SK, PV)	II	
Ylijäämämassat (louhe, rakennusjäte ym.)	III	(SK, PV)	II	

Merkintöjen selitykset

JV	Jätevesiviemäröinti
PV	Pintavesiviemäröinti
ÖS	Öljysäiliöiden suoja-allas
AS	Asfaltointi
SK	Suojakalvo
IL	Ilmastus
KK	Kuivakäymälä
TT	Tieluiskien tiivistäminen, pintavesien poisjohtaminen
UK	Umpikaivo
PA	Pysäköintialueen asfaltointi
LA	Liikalannoituksen estäminen
TO	Pohjaveteen kulkeutuvien torjunta-aineiden käytön estäminen
ÖE	Öljynerotuskaivo
I	Sopiva
II	Huonosti sopiva
III	Ei sopiva

1 Esiintymän geologinen rakenne

Pohjaveden suojelutarpeen selvittäminen edellyttää, että esiintymän geologinen rakenne tutkitaan tai tietoja täydennetään vesi- ja ympäristöhallituksen luokittelemilla (luokat I - III) pohjavesialueilla. Jos alueiden kartoitus on kesken, on asia selvitettävä vesi- ja ympäristöpiirissä.

Geologisen rakenteen tutkiminen voi olla tarpeen myös jälkikäyttöön liittyvistä syistä tai vahinkojen (esimerkiksi pohjaveden purkautumisen) estämiseksi.

Yleispiirteisessä geologisessa kuvauksessa selvitetään muodostumatyyppi, jonka perusteella voi tehdä päätelmiä maa-aineksen laadusta ja muodostuman rakenteesta. Näitä ovat muun muassa pitkittäisharjut, lajittuneet reuna-muodostumat (Salpausselät), rantakerrostumat ja moreenimuodostumat.

Muodostuman jatkuvuus, mittasuhteet ja korkeusasema ovat tärkeitä perustietoja. Materiaalien osalta tulisi selvittää hyvin vettäjohtavat (soravaltaiset), keskinkertaisesti vettäjohtavat (hiekkavaltaiset) ja huonosti vettäjohtavat (hienorakeiset ja moreeni) kerrostumat. Kaivualueen peitteisyys (moreeni, savi, siltti), kallion pinnan asema ja kallioperän ruhjeet ovat myös tärkeitä pohjaveden muodostumiseen ja virtaukseen liittyviä seikkoja.

Vettä salpaavien kerrostumien ja kynnysten puhkaisu muodostuman liepeillä tai itse muodostumassa voi aiheuttaa pintaveden (esimerkiksi suovedet) sekoittumista pohjaveteen tai pohja- tai orsivesien haitallista purkautumista. Näiden kynnysten selvittäminen on ensiarvoisen tärkeää.

Esiintymän geologiasta saa tietoja muun muassa Geologian tutkimuskeskuksesta, (maa- ja kallioperäkartat ja soravarojen inventointiprojekti, Niemelä 1979) sekä vesi- ja ympäristöpiireistä (pohjavesialueiden kartoitus- ja

luokittelu, hydrogeologiset kartat, pohjavesiselvitykset), sekä kunnista (veden ottoon liittyvät pohjaveden pintahavainnot).

2 Pohjaveden muodostumis- ja virtausolosuhteet

Pohjaveden muodostumis- ja virtausolosuhteet on esitetty pääpiirteittäin vesi- ja ympäristöpiirien laatimilla hydrogeologisilla kartoilla. Suunnitelmaa laadittaessa tulisi ottaa huomioon muun muassa seuraavat seikat:

Pohjaveden varsinainen muodostumisalue

Pohjaveden varsinaiseen muodostumisalueeseen kuuluu se osa esiintymästä, jonka maaperän läpäisevyys maanpinnan ja pohjaveden pinnan välillä on vähintään hienon hiekan vedenläpäisevyyttä vastaava. Muodostumisalueeseen lasketaan kuuluvaksi myös kallio- ja moreenialueet, jotka olennaisesti lisäävät pohjavesialueella muodostuvan pohjaveden määrää.

Pohjavesialueen raja

Raja osoittaa sitä aluetta, jolla voi olla vaikutusta pohjavesiesiintymän veden laatuun tai muodostumiseen sekä pohjaveden suojeluun (Britschgi ym. 1991).

Pohjaveden pinnan korkeussuhteet

Pohjaveden pinnan korkeudesta tulisi esittää riittävästi havaintoja, jotta voidaan arvioida pohjaveden pinnan kaltevuutta ja virtausta soranottoalueella ja sen ympäristössä. On otettava huomioon, että kalliokynnysten ja vettä pidättävien maakerrosten johdosta pohjaveden pinnan korkeus voi vaihdella huomattavasti

esiintymän eri osissa. Vedenoton ja teko-pohjaveden imeytyksen vaikutus pohjaveden pinnan korkeuteen tulisi myös selvittää.

Orsivesialueet

Harjujen reunamilla pohjaveden pinnan yläpuolella sijaitsevat orsivesialueet voivat sisältää hyödynnettävää pohjavettä. Orsivesi voi olla myös likaantunutta tai luonnostaan laadultaan huonoa (suovedet). Vesilaki ei tee eroa orsiveden ja varsinaisen pohjaveden välillä. Soranottoalueelle ulottuvat orsivesiesiintymät on syytä selvittää ja arvioida niiden vaikutus soranottoon ja pohjaveteen.

Varsinaista, mutta ympäristöä korkeammalla tasolla esimerkiksi kalliokynnyksen patoamaa pohjavettä on usein luultu virheellisesti orsi-

vedeksi. Kaivu on tällöin usein aiheuttanut pohjaveden haitallista purkautumista.

Pohjaveden virtauskuva

Suunnitelmaa laadittaessa tulisi pääpiirteissään selvittää pohjaveden virtaussuhteet esiintymässä. Pohjaveden päävirtausvyöhyke sijoittuu usein muodostuman karkearakeiseen ydinosaan. Muodostuma voi olla vettä ympäristöstään keräävä eli synkliininen tai vettä ympäristöön luovuttava eli antikliininen (kuva 5). Samoin selvitetään vedenjakajat ja pohjaveden purkautumisalueet. Niitä määritettäessä tulee ottaa huomioon, että niiden sijainti voi muuttua vedenoton tai soranoton seurauksena. Vesistön läheisyydessä selvitetään myös läpäisevä ranta pohjavesialueen ja vesistön välillä.

SORANOTON VAIKUTUSTEN SEURANTA

1 Yleistä

Soranottaja veloitetaan usein lupamääräyksissä asentamaan soranottoalueelle ja sen ulkopuolelle yksi tai useampia pohjaveden pinnan havaintoputkia. Putkea tai putkia käytetään pohjaveden pinnan määrittämiseen sekä vesinäytteiden ottoon. Pintahavaintojen pohjalta määritetään se taso, mille tasolle soranotto voidaan ulottaa ottaen huomioon määrätty suoja-kerros.

Tässä käytännössä on tullut esille kuitenkin muun muassa seuraavia puutteita:

- Putkien sijainti on usein suunniteltu huonosti. Pohjaveden virtauskentästä ja pohjaveden pinnan kaltevuudesta ja korkeuden alueellisesta vaihtelusta ei havaintotulosten perusteella saada tällöin selkeää kuvaa.
- Pohjaveden pinnan korkeuden mittaukset tehdään liian harvoin ja usein satunnaisesti, jolloin pinnan ylin asema jää havaitsematta. Suojakerros voi jäädä jopa puolitoista metriä liian ohueksi. Korkeuksia ei myöskään seurata ennen kaivun aloittamista.
- Asennetaan tarkoitukseen sopimattomia putkia, jolloin havainnot voivat olla virheellisiä. Virheellisiä tuloksia aiheutuu myös siitä, että putkia ei huolleta, jolloin ne tukkeutuvat tai täyttyvät hienojakoisella maaineksella.
- Seuranjärjestelmästä ei sovita yksityiskohtaisesti, mistä johtuen seuranta usein jää tekemättä.
- Veden laatua ei seurata. Asennetut putket ovat myös usein laadultaan sellaisia, että luotettava vesinäytteen otto ei onnistu.

Näistä syistä lupamääräyksiin tulisi sisällyttää selkeät ohjeet havaintoputkien asennuksesta, materiaalista ja seurantajärjestelmästä.

2 Havaintoputket

2.1 Putkien sijoitus

Pohjaveden havaintoputket tulisi sijoittaa siten, että pohjaveden pinta ja kaivusvyvyys voidaan määrittää tarpeellisella tarkkuudella soranottoalueella ja sen eri osissa. Putkien sijoituspaikkojen tulisi olla tarkoituksenmukaisia myös koko pohjavesiesiintymän virtauskentän ja veden laadun selvittämisen kannalta. Soranoton vaikutusten arvointia varten havaintoputki tulisi asentaa myös sellaiselle luonnontilaiselle pohjavesialueen osalle, mihin soranotto ei vaikuta (kuva 35).

2.2 Putkikoko, materiaali, asennus ja huolto

Jos havaintoputkesta otetaan vesinäytteitä, tulisi käyttää muovisia, sisähalkaisijaltaan vähintään 50 mm paksuja putkia. Rauta- tai teräsputkia ei ole suositeltavaa käyttää näytteenottoputkina.

Pohjaveden pinnan mittauksiin tulisi käyttää halkaisijaltaan vähintään 32 mm:n putkia. Tässä tarkoituksessa voidaan käyttää rauta- tai teräsputkia, mutta niiden käyttöikä on pienempi ja huoltotarve suurempi kuin muoviputkien.

Siivilöiden mitoitus riippuu maaperän rakoista. Muoviputkien siiviläraon leveys on yleensä 0,5 mm ja rautaputkien siiviläreiän halkaisija 3 mm.

Putket tulisi asentaa seurantajärjestelmän mukaisesti yleensä ennen soranoton aloittamista. Jos maaperän laadun tai kerrospaksuuksien johdosta asennustyö on kohtuuton, voidaan putket asentaa myös soranoton aikana, kun varmistaudutaan siitä, että soranotto ei etene liian lähelle pohjaveden pintaa. Tämä edellyttää asiantuntijan perusteltua arvioita pohjaveden pinnan tasosta.

Jos putkea käytetään näytteenottoon tulisi se ulottaa kallion pintaan saakka, jos tämä ei ole kohtuutonta kerrospaksuuksien tai maaperän laadun johdosta.

Pohjaveden pinnan korkeuden tutkimiseen käytettävät putket tulisi ulottaa niin syväälle, esimerkiksi 5 metriä vesipinnan alle siten, että putket eivät jää kuiviksi, jos vesipinta laskee. Siiviläosa ulotetaan yleensä vesipinnasta putken pohjaan asti. Erityistapauksissa, kuten haultaessa tutkia jonkin määrätyn maakerroksen pohjavettä, siiviläosa voi olla lyhyempi.

Putkea asennettaessa on suositeltavaa ottaa maanäytteet noin 2 metrin välein. Putki huuhdotaan vedellä putkeen kertyneen maa-aineksen poistamiseksi. Sen pää vaaitaan ja maanpinnan yläpuolinen osuus mitataan ja sidotaan korkeustasoon. Putki- ja kairaus tiedot tallennetaan putkikorttiin ja kairauspöytäkirjaan.

Seurannassa olevien putkien kunto tulisi säännöllisesti tarkastaa. Jos on syytä epäillä esimerkiksi poikkeavien veden pintahavaintojen johdosta, että putki on tukkeutunut, se huuhdellaan. Vesinäytteen ottoon tarkoitettussa putkessa voi siihen kertynyt hienorakeinen aines aiheuttaa näytteen sameutta. Myös tässä tapauksessa putki tulisi huuhdella.

3 Mittaukset ja näytteenotto

Pohjaveden pinnan korkeuden mittaukset tulisi tehdä havaintoputken päästä ja ilmoittaa korkeustasona.

Vesinäyte otetaan imu- tai uppopumpulla. Pumpun ja letkujen tulisi olla puhtaita. Tarvittaessa ne tulisi desinfioida. Vettä tulisi pumpata putkesta vähintään 30 minuuttia ennen näytteen ottamista. Jos vesi on sameaa, pumppausta tulisi jatkaa kunnes vesi on kirkastunut. Näytteenottosyvyys määritellään maakerrosten mukaan siten, että näyte otetaan karkearakeisimman kerroksen syvyydeltä.

Jos tutkitaan jonkin lika-aineen kulkeutumista, tulisi näytteenottosyvyys määritellä aineen ominaisuuksien mukaan. Suolaisen veden tiheys on suurempi kuin makean veden, jolloin sillä on taipumus painua vesikerroksen alaosaan. Vettä kevyemmät aineet jäävät vesikerroksen yläosaan. Jos aineen liukoisuus veteen on vähäinen, kuten benssiini, öljyt ja monet liuottimet, kulkeutuu se maaperässä omana

faasinaan ja sen virtausnopeus voi olla joko suurempi tai pienempi kuin veden.

Pohjavesilammikoista näytteet tulisi ottaa noutimella (esimerkiksi Ruttner) tai pumpulla siten, että näytteenottosyvyys on vähintään metri pinnasta ja metri pohjasta. Kerrostuneissa lammikoissa näytteet otetaan sekä pinta- että pohjakerroksesta.

4 Vesianalyysit

Pohjaveden laadun seuranta tulisi järjestää siten, että vedestä tehdään esimerkiksi 3-5 vuoden välein laaja analyysi.

Laajassa analyysissä suositellaan tehtäväksi seuraavat määritykset:

Lämpökestoiset koliformiset bakteerit	
Aistinvarainen arviointi	
Alkaliteetti/bikarbonaatti	
Alumiini	(x)
Ammonium	x
Fluoridi	x
Happi	
Hiilidioksidi	
Kloridi	
KMnO ₄ -luku	
Kokonäiskovuus	
Lämpötila	
Mangaani	
Nitraatti	
pH-luku	
Rauta	
Sameus	
Sulfaatti	
Sähkönjohtavuus	
Väri	

x = vain alunäytteestä, mikäli aineelle ei todeta kohonnutta pitoisuutta

(x) = jos näytteen pH-luku on alle 6,0.

Raskasmetallipitoisuuksia on syytä selvittää, jos kaivualueen läheisyydessä on malmiesiintymiä tai jos näytteen pH-luku on alhainen (alle 5,5) ja kromin osalta myös jos näytteen pH-luku on korkea (yli 8).

Suppeassa analyysissä suositellaan tehtäväksi seuraavat määritykset:

Lämpökestoiset koliformiset bakteerit
aistinvarainen arviointi
KMnO ₄ -luku

pH
 Sähkönjohtavuus
 Hiilidioksidi
 Happi
 Bikarbonaatti
 Kovuus
 Kloridi
 Sulfaatti
 Sameus
 Rauta
 Mangaani

Pohjavesilammikoista voidaan lisäksi laajassa analyysissä analysoida klorofylli a vovesikautena.

5 Seurantajärjestelmä

Koko pohjavesiesiintymää koskeva pohjaveden seurantajärjestelmä olisi syytä tehdä esimerkiksi pohjaveden suojelusuunnitelman yhteydessä. Suojelusuunnitelman laatija on yleisimmin kunta tai vesilaitos.

Seurantajärjestelmää laadittaessa tulisi soranotto ottaa huomioon siten, että havainto-putkiverkosto kattaa vanhat, nykyiset ja tulevat ottoalueet sekä luonnontilaisen vertailualueen. Tiettyyn soranottohankkeeseen liittyvät seurantaputket asennetaan pääsääntöisesti soranottajan toimesta tai kustannuksella, jolloin ne tulisi suunnitelmassa selvästi osoittaa. Putkia tulisi

asentaa soranottoalueelle sekä pohjaveden virtaussuunnassa ottoalueen ala- ja yläpuolelle. Suunnitelmassa tulisi osoittaa näytteenotto-putket erikseen ja antaa asennus-, mittaus- ja näytteenotto-ohjeet (kuva 35).

Tulokset tulisi säännöllisesti toimittaa asian-
 tuntijan arvioitaviksi ja kunnassa, vesilaitoksessa ja vesi- tai ympäristöpiirissä säilytettäväksi.

Vaativissa kohteissa vesipintojen mittaukset tulisi tehdä vähintään neljä kertaa vuodessa eri vuodenaikoina (luku 4.32). Vesinäytteet tulisi ottaa laajan ohjelman mukaan ennen kaivun alkua ja sen päätyttyä noin joka kolmas vuosi. Suppea analyysi tulisi tehdä vuosittain. Jos kaukosuojavyöhykkeellä halutaan ottaa soraa 2 - 3 metrin päähän ylimmästä luonnollisesta pohjaveden pinnasta, tulisi veden pinnan seuranta tehdä vähintään neljä kertaa vuodessa eri vuodenaikoina noin viiden vuoden ajan ennen soranoton aloittamista.

Seurantavelvoite tulisi kirjata soranoton lupaehtoihin pohjavesialueen seurantajärjestelmän mukaisesti. Soranottaja tulisi velvoittaa oton vaikutusten seurantaan myös ottoalueensa ulkopuolella.

Jos seurantajärjestelmää koko pohjavesialueelle ei ole, tulisi sellainen tehdä kaivualueelle edellä mainittujen periaatteiden mukaisesti ja kirjata se yksityiskohtaisesti lupaehtoihin. Seurantaohjelmalle tulisi hankkia vesiviranomaisten hyväksyntä.

SORANOTTOON LIITTYVIEN TOIMINTOJEN JÄRJESTÄMINEN

1 Murskaus- ja asfalttiasemien sijoitus ja suojaus

Pohjaveden suojelun kannalta ensisijainen murskaus- ja asfalttiasemien sijoituspaikka tulisi olla pohjavesialueen ulkopuolella toiminta-alueella (kuva 35). Jos tämä ei ole mahdollista, tulisi ne sijoittaa vedenoton kannalta mahdollisimman vaarattomaan paikkaan esiintymän lievealueille tai vedenottamolta poispäin virtaavan pohjaveden alueelle. Asemaa ei tulisi sijoittaa I luokan pohjavesialueelle tai muilla alueilla alustavasti määritellylle lähisuojavyöhykelle.

Asemilla käytetään muun muassa öljyä, bitumiliuosta, liuottimia ja bensiiniä. Ne aiheuttavat pohjaveden pilaantumisen jo hyvin pieninä pitoisuuksina. Asemat tulisi suojata ja käsitellä aineita siten, että niiden pääsy maaperään ja edelleen pohjaveteen ei ole mahdollista (liite 9).

Vaarallisia nesteitä sisältävät säiliöt tulisi sijoittaa säiliön tilavuutta vastaavaan altaaseen ja suojata katoksella. Asemalla tulisi olla riittävän tilava katettu säiliö jäteöljyjä, käytettyjä liuottimia ynnä muille sellaisille vesille haitallisia aineita varten. Säiliön tulisi olla helposti kuljetettavissa paikkaan, jossa aineet voidaan puhdistaa tai hävittää. Asemilla tulisi olla valmius saastuneen maan keräämiseen ja haitallisen aineen imeyttämiseen soveltuvaa materiaalia, kuten turvetta. Saastunutta maata ei saa varastoida pohjavesialueella.

2 Soranpesun sijoitus ja suojaus

Soranpesun sijoitusta koskevat samat suositukset kuin asfaltti- ja murskausasemia ja poltto- ynnä muiden sellaisten haitallisten aineiden käsittelyä. Lisäksi soranpesussa tulisi huomioida seuraavaa:

Jos pesussa käytetään pohjavesialueen vettä, on vedenkulutuksen vähentämiseksi suositeltavaa kierrättää sitä pesuprosessissa. Lietealtaiden tulee olla riittävän tilavia ja tiiviitä. Käytettyä pesuvettä ei saa imeyttää maaperään pohjavesialueella, vaan se tulee johtaa alueen ulkopuolelle tiivispohjaisissa avo-ojissa tai tiiviissä viemärissä tai putkessa. Pesussa syntyvä liete tulisi poistaa pohjavesialueelta.

3 Työkoneet ja polttoaine

Työkoneiden kunnosta tulisi huolehtia siten, että poltto- ja voiteluaineita, hydrauliiKANesteitä tai muita sellaisia ei vuoda maaperään. Koneiden hydrauliiKassa on suositeltavaa käyttää rypsiöljyä, jonka käytöstä on saatu hyviä käyttökokemuksia.

Muut pohjavedelle vaaralliset aineet tulisi säilyttää niiden tilavuutta vastaavassa tiiviissä, lukittavassa säiliössä.

4 Jätehuolto ja saniteettitilat

Jätteiden keräys ja saniteettitilat on suositeltavaa järjestää pohjavesialueen ulkopuolelle toiminta-alueella (kuva 37). Pohjavesialueella kiinteät jätteet tulisi kerätä ehjiin kannellisiin astioihin. Jätteen keräyspaikka tulisi suojata tiiviillä kalvolla. Nestemäiset jätteet tulisi kerätä riittävän tilavaan, umpinaiseen säiliöön, joka voidaan siirtää muualle tyhjennettäväksi ja puhdistettavaksi.

Käymäläjätteet tulisi kerätä umpisäiliöön, joka viedään muualle tyhjennettäväksi.

5 Suolaukset

Soranottoalueilla käytetään suolaa (kalsiumkloridi) pölyn sidontaan ja vähäisemmässä mää-

rin liukkauden torjuntaan ja muihin tarkoituksiin.

Suolausten on todettu aiheuttaneen pohjaveden laadun huononemista. Pohjavesialueilla suolauksia ei suositella tehtäväksi. Pölyämisen estoon voidaan käyttää puhdasta vettä ja laitteiden kotelointia. Tarvittessa tulisi käyttää henkilökohtaisia suojaimia.

6 Kaluston valinta

Kalusto tulisi valita siten, että vaara likaavien aineiden pääsystä pohjaveteen on mahdollisimman pieni. Jos laitteen käyttövoima voidaan valita, suositellaan käytettäväksi esimerkiksi murskausasemilla sähköllä toimivia laitteita.

7 Pohjaveden pinnan alentaminen

Pohjaveden pintaa ei pohjavesialueilla saa alentaa muutoin kuin:

- 1 vesioikeuden luvalla
- 2 lika-ainespäästön torjuntatoimissa
- 3 hyvin lyhytaikaisesti rakennustöiden johdosta (esimerkiksi kaivon teko), jos toimenpide on haitaton.

Alentaminen tulisi tehdä siten, että siitä ei aiheudu pohjaveden pysyvää purkautumista.

VEDEN LAADUN PARANTAMINEN

1 Lammikkoveden laadun parantaminen

1.1 Suodatus maaperässä

Pohjaveden hyvä laatu perustuu suurelta osin maaperän kykyyn pidättää haitallisia aineita. Suodatusta voidaan keinoitekoisesti tehostaa kierrätyspumppauksella ja suotopadoilla.

Laadultaan ympäröivää pohjavettä huonomman lammikkoveden laatua voidaan parantaa imeyttämällä vesi uudelleen maaperään lammikon läheisyydessä. Menetelmä vastaa tekopohjaveden muodostamista tai jälleimeytystä, jossa raakavesilähteenä on lammikko. Imeytyksen tehokkuutta lisätään hapettamalla vesi tehokkaasti esimerkiksi valuttamalla sitä luonnollista tai keinoitekoisesti rakennettua rinnettä pitkin tai suihkuttamalla sitä ilmaan. Suodattamisen lisäksi veden parantunut happilanne edesauttaa useiden orgaanisten haitallisten aineiden hajoamista sekä raudan ja mangaanin saostumista.

Lammikon alavirran päähän rakennettava suodatinkerros tehostaa veden puhdistumista maaperässä. Suodatinpato tulee kyseeseen lähinnä lammikon kiintoaineiden määrän pienentämisessä (sameus, mahdolliset levät ynnä muut) sekä mahdollisten lika-aineiden puhdistuksessa.

1.2 Ilmastus ja kalkitus

Lammikkoveden huonoa happilannetta voidaan parantaa tarvittaessa koneellisella ilmas-

tuksella. Menetelmällä pyritään vastaaviin vaikutuksiin kuin kierrätyspumppauksella. Hapetuksella nopeutetaan veden orgaanisen aineksen hajoamista ja saostetaan rautaa ja mangaania.

Lammikkoveden kalkituksella nostetaan veden pH-arvoa. Kalkitus voidaan järjestää lisäämällä kalkkia sellaisenaan lammikkoveteen ja ympäristöön tai sijoittamalla lammikon pohjalle ja reunoille kalkkikiviä. Ensiksi mainitun menetelmän vaikutus on nopeampi ja suurempi, mutta lyhytaikaisempi kuin viimeksi mainitun menetelmän vaikutus. Kalkkikiveä voidaan käyttää myös suotopatomateriaalina. Kalkitus ja ilmastus ovat toimenpiteitä, joita tehdään erillisen suunnitelman mukaan kohteissa, joissa toimenpiteiden tarve on tutkimuksin osoitettu.

2. Suojapumppaukset ja -imeytykset

Suojapumppauksia ja -imeytyksiä voidaan tehdä kaivuaueella tapahtuvan lika-ainepäästön leviämisen estämiseksi.

Suojapumppauksella tarkoitetaan veden virtausolosuhteiden muuttamista alentamalla pohjavettä siten, että päästö ei pääse leviämään. Suojaimetyys muuttaa virtausolosuhteita päinvastaisella tavalla, eli muodostamalla veden virtausta estävän pohjavesikohoaman. Menetelmiä käytetään likaantuneen alueen ja suojattavan vedenottamon välisellä alueella.

SORANOTON VALVONTA

1 Valvottavat asiat

1.1 Maankaivun laillisuus, säädösten ja viranomaismääräysten noudattaminen

Ennen soranoton aloittamista toiminnalle tulisi olla vaadittavat luvat ja mahdollisesti tarvittavat ilmoitukset. Lupien tulisi olla lainvoimaisia tai täytäntöönpanokelpoisia. Ilmoituksen teosta tulisi olla kulunut määrätty aika.

1.2 Ottosuunnitelman lupaehtojen noudattaminen

Ottosuunnitelman noudattaminen ja oton lupaehtojen mukaisen toiminnan valvonnassa tulisi kiinnittää erityistä huomiota soranottoaikan sijaintiin ja ottosyvyyteen. Tarvittaessa kaivupaikan ja -tason oikea sijainti tulisi tarkistaa mittaamalla se tunnetuista koordinaattipisteistä ja korkeuskiintopisteistä.

Lupaehtoissa määritellyt työnaikaiset suoja-toimenpiteet ja alueiden jälkihoito tulisi toteuttaa ottosuunnitelmien mukaisesti.

Soranotto johtaa mahdollisesti pohjaveden pinnan nousemiseen kaivualueella. Suojakerrospaksuutta tulisi mainitusta syystä valvoa todellisen pohjaveden pinnan korkeuden selvittämiseksi.

1.3 Hyvän soranottotavan noudattaminen

Hyvään soranottotapaan kuuluvat ennen oton aloittamista muun muassa maastokäynti ja tarvittaessa maastokatselmuksen pitäminen. Lisäksi asiaan kuuluu kaivokorttien valmistelu, suunnitelmien ja suojelutoimien tarkastaminen, mittaukset ja tarvittavat merkinnät maastoon. Työnjohtoa ja työntekijöitä tulisi informoida ja kouluttaa. Koneiden ja laitteiden huollot, työmaan huolto sekä vahinkojen torjuntakaluston varaaminen tulisi suunnitella etukäteen. Asiat tulisi tarkistaa kunnan edustajan ja soranottajan

kanssa ja merkitä työmaapäiväkirjaan. Mahdollisesti todettavat puutteet tulisi korjata.

Soranoton aikana tulisi valvoa kunnan toimesta muun muassa raivatun alueen pinta-alaa ja läjityksen asianmukaisuutta, kaivutekniikkaa ja koneitten kuntoa, ympäristövaikutuksia, jätehuoltoa, näytteiden ottoa ja tutkimista sekä vesipintojen mittauksia. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää öljyvahingon ennaltatorjuntaan. Kaikki maahan päässeet öljyt tulisi poistaa välittömästi ja hävittää asianmukaisesti. Jäteöljyn tahallisesta maahan päästämisestä tulisi tehdä ilmoitus poliisille, kunnan ympäristönsuojelulautakunnalle sekä tarvittaessa vesi- ja ympäristöpiiriin.

Jos lupaehtoissa ei ole tarkemmin määritely työnaikaisia suojatoimia, hyvään työtapaan kuuluu toimia siten, ettei tarpeetonta haittaa aiheuteta lainkaan ja että kaivusta väistämättä aiheutuva haitta ympäristölle jää mahdollisimman vähäiseksi ja lyhytaikaiseksi. Työnaikaisessa valvonnassa tulisi kiinnittää huomiota myös työmaan yleiseen siisteyteen.

Maastomuotoilun valvomisessa tulisi kiinnittää huomiota jälkikäyttöön soveltuvien, riittävän loivien ja luontevien muotojen tuottamiseen. Istutettavien taimien lajit, määrä ja kunto tulisi tarkistaa.

1.4 Yhteistyö- ja informaatiokysymysten hoitaminen

Kunnan edustajan tulisi yhdessä soranottajan kanssa neuvotella tarvittavasta yhteistyöstä viranomaisten ja ympäristön asukkaiden kanssa sekä näiden tahojen informoinnista koskien muun muassa lupapäätösten ja -ehtojen huomioinnoksi tarpeellisia toimia ja velvoitetarkkailua. Toimenpiteet tulisi kirjata työmaapäiväkirjaan.

Lupaviranomaiselta voidaan pyytää lausuntoja ja neuvoja vesiensuojeluasioissa, esimerkiksi lupaehtojen sisällön ja tarkoituksen selventämiseksi sekä vesiensuojelutoimien

suunnittelua ja toteutusta varten.

Viranomaisille tulisi antaa pyynnöstä heidän työssään tarvitsemat tiedot. Ympäristön asukkaita tulisi informoida tarvittaessa asiallisesti ja selkeästi.

1.5 Vahingontorjuntavalmius ja muu vahinkojen ennaltaehkäisy

Öljyvahingon tai muun pohjavesivahingon mahdolliset tapahtumapaikat tulisi selvittää etukäteen. Maaperään vahingossa pääsevien öljyjen enimmäismäärät voidaan usein todeta ja vahingontorjunta suunnitella ja jopa harjoitella kutakin erilaista tilannetta varten. Öljyn keräämiseen käytettävän kaluston ja astioiden määrän tulisi olla riittävä ja sopiva eri tilanteisiin. Torjuntavälineistön tulisi sisältää myös riittävä määrä suoja-asusteita, jalkineita ja käsineitä.

Työntekijöiden ja työnjohdon olisi tunnettava riittävästi vahingontorjunnan periaatteita ja kyettävä suorittamaan välittömät toimenpiteet öljyvahingon tapahtuessa. Tarvittaessa puhelinnumeroiden tulisi olla näkyvissä ja tiedossa.

2 Tapahtumien kirjaaminen

2.1 Työmaapäiväkirja

Rakennuttajan olisi noudatettava rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja ja viivytyksettä työmaapäiväkirjaan tai työmaakokouksen pöytäkirjaan tehtävällä merkinnällä taikka muulla tavoin kirjallisesti huomautettava urakoitsijalle rakennussuosituksessa ilmenevistä puutteista. Urakoitsijan tulisi huolehtia siitä, että huomautuksen tarkoittama epäkohta viivytyksettä korjataan.

Työmaapäiväkirjaan tulisi selkeästi kirjata ne vesiensuojelutoimet, joihin on ollut aiheellista työn aikana ryhtyä lupapäätösten ja -ehtojen noudattamiseksi. Tapahtumien kirjaaminen työmaapäiväkirjaan koskee suuria soranottajia kuten tielaitosta.

2.2 Suunnitelmamuutokset

Ottosuunnitelman muutokset tulisi hyväksyä kunnassa kuten alkuperäinen ottosuunnitelma. Muutokselle voidaan hakea tarvittaessa vesiviranomaisten hyväksyntä. Muutokset tulisi kir-

jata sekä rakennuttajan että urakoitsijan asiakirjoihin.

2.3 Alku- ja työmaakokousten pöytäkirjat

Alku- ja työmaakokousten pöytäkirjoihin tulisi kirjata vesiensuojelun kannalta tärkeät asiat, esimerkiksi raivaustöiden ajankohta, raivausjätteiden käsittelytapa, ajankohdat, jolloin soranotto ulottui sallittuun syvyyteen pohjaveden pinnasta, työaikaisten suojatoimien tekoajankohdat, pohjaveden suojelussa esiintyneet vaikeudet, todetut öljyjen maahanpääsytapaukset, jätehuoltomenettelyt ynnä muut asiat.

2.4 Tarkastus-, näyteenotto-, mittauspöytäkirjat yms.

Viranomaisten suorittamista tarkastuksista tulisi laatia pöytäkirja. Siihen kirjataan tarkastuksen ajankohta, suorittaja ja tulos.

2.5 Muut asiakirjat ja tositteet

Asiantuntijalausunnot, laboratoriovastaukset, mahdolliset tiedotteet työstä, ympäristön valitukset ja vaatimukset, suojaussuunnitelmat, vahinko- ja haittaselvitykset ynnä muut sellaiset asiakirjat tulisi taltioida mahdollisuuksien mukaan työmaakokousten, tarkastusten tai muulla hyvällä arkistointitavalla.

2.6 Loppuselvitys ja esitys työn hyväksymisestä

Kaivutyön vahingottomuus tai haittottomuus olisi tärkeää pystyä toteamaan loppuselvityksen yhteydessä. Mahdolliset avoimet kysymykset ympäristöön nähden tulisi käsitellä loppuselvityksen yhteydessä.

2.7 Asiakirjojen säilytys

Asiakirjojen säilytysaika on kymmenen vuotta työn päättymisestä ellei kaivutyön vahingottomuudesta tai haittottomuudesta voida sopia ympäristön kanssa taikka asia ole ympäristöön nähden muuten riidaton. Muutoin asiakirjojen säilytysaika on vapaasti valittavissa.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA - sarja B

1. Santala, Erkki (toim.): Pienet jäteveden maapuhdistamot. Ohjeita 1 - 10 talouden jätevesien maaperäkäsittelystä. Helsinki 1990.
2. Pajula, Heikki & Pasonen, Aarre: Ojitustoimitus. Helsinki 1990.
3. Heino, Soini; Kinnunen, Ilpo; Nissinen, Raimo K. & Pajula, Heikki: Putkiojien suunnittelu. Helsinki 1990.
4. Vesirakennustyön haittojen vähentäminen. Helsinki 1991.
5. Saviranta, Leena & Vikman, Hannu (toim.): Suomen vesihuollon suuntaviivat. Helsinki 1990.
6. Syrjälä, Kari; Kaarikivi-Laine, Ulla; Pajula, Heikki; Jaakkola, Mauri & Timonen, Risto: Vesirakennustöiden kiinteistökohtaiset sopimukset ja sopimuslomakemallit. Helsinki 1990.
7. Britschgi, Ritva; Hatva, Tuomo & Suomela, Tapani (toim.): Pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitusohjeet. Helsinki 1991.
8. Kurttila, Terttu: Maisemanhoito vesistö rakentamisessa. Helsinki 1991.
9. Patoturvallisuusohjeet. Helsinki 1991.
10. Mäkelä, Ari; Antikainen, Sari; Mäkinen, Irma; Kivinen, Jarmo & Leppänen, Tuula: Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Helsinki 1992.
11. Kyllästämötyöryhmä, Viitasaari, Sauli (toim.): Kyllästämöiden ympäristö- ja työturvallisuus. Helsinki 1991.
12. Velvoitetarkkailutyöryhmä, Vuoristo, Heidi (toim.): Yleisohjeet velvoitetarkkailusta. Helsinki 1992.
13. Hatva, Tuomo & Suomela, Tapani (toim.): Pohjavesiasioiden kehittäminen vesi- ja ympäristöhallinnossa. Helsinki 1992.
14. Salojärvi, Kalervo: Suosituksia sisävesien siikaistutuksista. Helsinki 1992.

Soranotto vaikuttaa tehtyjen laajojen tutkimusten perusteella pohjaveden laatuun ja määrään ja lisää selvästi pohjaveden likaantumiseriskiä. Soranotosta aiheutuvien haittojen torjumiseksi tarvitaan suojelutoimenpiteitä. Soranoton vaikutus pohjaveteen -kirjassa esitellään tutkimusten päätulokset ja annetaan suosituksia soranottoalueiden valintaperusteista, suojakerrospaksuuksista, jälkihoidosta ja kunnostuksesta sekä soranoton suunnittelusta ja soranoton toteutuksesta.

Kirja on tarkoitettu erityisesti soranottoon ja pohjaveden suojeluun liittyvien asioiden parissa työskenteleville viranomaisille, suunnittelijoille ja soranottajille.



PAINATUSKESKUS

KUSTANNUSTOIMINTA, PL 516
00101 Helsinki, vaihde (90) 566 01
POSTIMYYNTI, puh. (90) 566 0266
telekopio (90) 566 0380, teleksi 123458
VALTIKKA-KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ
Annankatu 44, vaihde (90) 1734 2012
Eteläesplanadi 4, puh. (90) 662 801



ISBN 951-37-1211-7
ISBN 951-47-7012-9
ISSN 0786-9606