Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston ohjeita
19/2020

POHJAVEDEN SUOJELU MAANTEILLÄ

Kannen kuva: Janne Pakarinen, Destia Oy

Verkkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 0295 34 3000

Väylävirasto
Trafikledsverket

OHJE

3.12.2020

VÄYLÄ/8400/06.04.01/2020

Vastaanottaja
Väylävirasto, ELY-keskukset/liikenne ja infrastruktuuri

Säädösperusta
Laki Väylävirastosta 2.1 §
Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 10 § ja 13§

Korvaa
Pohjaveden suojaus tien kohdalla, Tiehallinto 2004,
Pohjaveden suojauksen merkitseminen (lisäliite), Tiehallinto 2010,
Pohjavedensuojauksen kuvaus – ohje toteutetun suojauksen kuvaamiseksi, Tielaitos 1996

Kohdistuvuus
Väylävirasto, ELY-keskukset/liikenne ja infrastruktuuri

Voimassa
1.1.2021 alkaen toistaiseksi

Asiasanat
Pohjaveden suojelu, pohjaveden suojaus

Pohjaveden suojelu maanteillä

Tätä ohjetta noudatetaan suunniteltaessa pohjaveden suojelun toimenpiteitä uusilla ja nykyisillä maanteillä. Pohjaveden suojaustarpeen arvioinnissa ja suojelutoimenpiteen valinnassa noudatetaan tässä ohjeessa esitettyjä periaatteita. Ohjeessa käsitellään pohjaveden suojelun toimenpiteiden suunnittelussa tarvittavia tutkimustietoja pohjavesialueelta, suojelutoimenpiteiden tarpeen arviointia maanteillä, pohjaveden laadun seurantaa maantiehankkeiden yhteydessä sekä pohjaveden suojausrakenteissa käytettäviä rakenteita.

Suojaustarpeen arvioinnin osalta ohje koskee uusia ja raskaasti parannettavia teitä. Suojausrakenteiden suunnittelun, pohjavesialueen tutkimusten ja kunnossapidon osalta ohje koskee kaikkia teitä.

Ohjetta noudatetaan pohjaveden suojauksen kuvauksen laadinnassa kunnossapitäjää ja pelastusviranomaisen tarpeita varten. Ohjetta voidaan käyttää laatuvaatimuksena urakassa, joka sisältää suunnittelun.

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö	Minna Torkkeli
Toimialajohtaja, liikenneverkkojen suunnittelu	Pekka Rajala
Asiantuntija, tietekniikka	Laura Valokoski

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuushallintajärjestelmää tienpidon osalta.

LISÄTIETOJA
Laura Valokoski
Väylävirasto
etunimi.sukunimi(at)vayla.fi

Esipuhe

Ohjeen kirjoitus- ja kuvitustyö on tehty Destia Oy:ssä Väyläviraston ohjeiden mukaan. Väylävirastosta työhön ovat osallistuneet Kari Lehtonen, Laura Valokoski ja Tuula Säämänen. Uudenmaan ELY-keskuksesta työhön on osallistunut Timo Kinnunen. Ympäristöministeriöstä työhön on osallistunut Juhani Gustafsson. Destia Oy:stä työhön ovat osallistuneet Marja-Terttu Sikiö ja Eini Reijula.

Pohjaveden suojaustarpeen arvioinnissa ja suojelutoimenpiteen valinnassa noudatetaan tässä ohjeessa esitettyjä periaatteita. Luiskasuojausten suunnittelua koskevaa osaa on kirjoitettu rinnakkain InfraRYL:n vuonna 2018 valmistuneen päivityksen kanssa. Materiaaleihin sovelletaan InfraRYL:ssä esitettyjä vaatimuksia.

Suurimmat muutokset aikaisempiin ohjeisiin ovat:

- Luvussa 1 Johdanto on kuvattu ohjeen käyttötarkoitus ja liittyminen muihin ohjeisiin sekä selitetty keskeiset pohjaveteen liittyvät käsitteet.
- Lukuun 2 Suunnittelun lähtökohdat on koottu tietoa pohjaveden suojelun kannalta keskeisestä lainsäädännöstä, pohjavesien määrään ja laatuun vaikuttavista tekijöistä ja haitallisten aineiden kuljetuksista sekä ohjeistettu tien sijoittamista pohjavesialueelle.
- Lukuun 3 Pohjaveden suojelu tien elinkaaren eri vaiheissa on lisätty tietoa kunkin suunnitteluvaiheen keskeisistä tavoitteista, päätettävistä asioista ja päätöksen tekoon osallistuvista tahoista. Lukuun on lisätty uutena pohjaveden suojausten kunnossapidon, talvihoidon ja vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käytön ohjeistus. Pohjaveden suojaustarpeen arviointia varten tehtävien maastotutkimusten ajoittaminen tien yleis- ja esiselvitysvaiheeseen on tuotu selvemmin esille. Alaluvussa Muut työt tiealueella on ohjeistettu selvittämään tiealueella tehtävien töiden osalta, onko alueella pohjaveden suojauksia tai paineellista pohjavettä sekä kuvattu toimintaa pohjaveden suojauskohteilla onnettomuustilanteissa.
- Luvussa 4 Pohjaveden suojelutoimenpiteiden valinta on kuvattu keskeiset pohjaveden suojelutoimenpiteet maanteillä sekä ohjeistettu riskitekijöiden tunnistaminen pohjaveden suojelutarpeen arvioimiseksi ja etenemistavan valinta riippuen arvioidusta riskistä.
- Luku 5 Pohjavesialueen tutkimukset on kirjoitettu uudestaan. Lukuun on lisätty kuvaus maastokartoituksesta, maaperäkairauksista ja pohjavesimallinnuksista sekä pohjaveden havaintoputkista tehtävistä tutkimuksista.
- Luvussa 6 Tienpidon vaikutusten seuranta on tarkistettu ja selkeytetty aiempaa ohjeistusta sekä tarkennettu kloridipitoisuuden seurannan ohjeistusta.
- Luvussa 7 Pohjaveden suojausten suunnittelu on ohjeistettu suojaustavan valinta, suojausten suunnittelu ja vesimäärien hallinta pohjaveden suojausalueilla. Alalukuun Luiskasuojausten läpiviennit on lisätty sähkö- ja telekaapelien sijoittaminen pohjaveden luiskasuojauksen kohdalle.

- Luvussa 8 Pohjaveden suojauksesta toimitettavat tiedot on esitetty päivitettynä ohjeen "Pohjavedensuojauksen kuvaus -ohje toteutetun suojauksen kuvaamiseksi, Tielaitos 1996" sisältö sekä tietojärjestelmiin toimitettavat tiedot.
- Liitteessä 1 on esitetty päivitetty ohjeistus pohjavesisuojauksien merkitsemisestä maastoon.
- Liitteeseen 2 on koottu yleistä taustatietoa pohjavesialueista.
- Liitteessä 3 on esitetty tietoa havaintoputkien sijoittamisesta eri tyyppimuodostumissa pohjaveden kloridiseurantaa varten.
- Liitteessä 4 on esitetty geofysikaalisten tutkimusten lyhyet menetelmäkuvaukset.
- Liitteessä 5 on esitetty Suomen ympäristökeskuksen muistilista kaliumformiaatin käyttöön (julkaistu 16.4.2013, päivitetty 26.11.2013).

Helsingissä joulukuussa 2020

Väylävirasto
Tekniikka ja ympäristö/Tie- ja geotekniikka

Sisältö

1 JOHDANTO ... 8
1.1 Ohjeen käyttötarkoitus ... 8
1.2 Suunnittelussa käytettävät muut ohjeet ... 8
1.3 Käsitteet ... 10

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT ... 13
2.1 Pohjaveden suojelun periaatteet maanteillä ... 13
2.2 Pohjavesien määrään vaikuttavia tekijöitä ... 14
2.3 Pohjavesien laatuun vaikuttavia tekijöitä ... 15
2.4 Haitallisten aineiden kuljetukset ... 16
2.5 Tien sijoittuminen pohjavesialueelle ... 18
2.5.1 Tien sijainti ... 18
2.5.2 Tien tasauksen suunnittelu ... 20

3 POHJAVEDEN SUOJELU TIEN ELINKAAREN ERI VAIHEISSA ... 22
3.1 Suunnittelun vaiheistus ... 22
3.2 Ympäristö- ja vesiluvantarve tiehankkeessa ... 23
3.3 Esiselvitykset ... 24
3.4 Yleissuunnitelma ... 24
3.5 Tiesuunnitelma ... 27
3.6 Rakennussuunnitelma ... 29
3.7 Rakentaminen ... 30
3.8 Kunnossapito ... 31
3.8.1 Pohjaveden suojausten varominen ... 31
3.8.2 Pohjaveden suojausten kunnon tarkastukset ... 33
3.8.3 Pohjaveden suojausten korjaustoimenpiteet ... 33
3.8.4 Pohjaveden suojausten kuntokartoitukset ... 35
3.8.5 Teiden talvihoito pohjaveden suojausalueilla ... 35
3.8.6 Vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttökohteiden valinta ... 36
3.9 Muut työt tiealueella ... 37
3.9.1 Maaperätutkimukset ... 37
3.9.2 Luvanvaraiset työt ... 37
3.9.3 Toiminta onnettomuustilanteissa ... 37

4 POHJAVEDEN SUOJELUTOIMENPITEIDEN VALINTA ... 39
4.1 Yleistä suojelutoimenpiteistä ... 39
4.2 Riskitekijöiden tunnistaminen ... 40
4.3 Etenemistavan valinta ... 42

5 POHJAVESIALUEEN TUTKIMUKSET ... 47
5.1 Pohjavesialueen tutkimusten tavoite ja tutkimustulosten hyödyntäminen ... 47
5.2 Olemassa olevan tiedon kokoaminen ... 47
5.3 Maastotutkimukset ... 48
5.3.1 Ohjeet ja yhteistyö ... 48
5.3.2 Maastokartoitus ... 49
5.3.3 Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät ... 49
5.3.4 Maaperäkairaukset ... 51
5.3.5 Pohjaveden havaintoputket ... 53
5.3.6 Pohjavesinäytteet ja kenttämittaukset ... 54

5.3.7 Isotooppitutkimukset ... 55
5.4 Pohjavesimallinnukset ... 56

6 TIENPIDON VAIKUTUSTEN SEURANTA ... 57
6.1 Kloridipitoisuuden seuranta ... 57
6.2 Suojauksen rakentamisen jälkeisen seurannan tarve ... 58

7 POHJAVEDEN SUOJAUSTEN SUUNNITTELU ... 60
7.1 Suojaustavan valinta ... 60
7.2 Suojauksen pituus ... 61
7.3 Suojaus betonikaiteella ... 61
7.4 Maanteiden luiskasuojaukset ... 63
7.4.1 Luiskasuojausten leveys ... 63
7.4.2 Luiskasuojausten sisä- ja ulkoluiskan kaltevuudet ja stabiliteetti ... 65
7.4.3 Luiskasuojausten rakennekerrokset ... 67
7.4.4 Luiskasuojausten läpiviennit ... 73
7.4.5 Onnettomuussuojaus ... 76
7.5 Tiivistyskerros tiepenkereen alla ... 77
7.6 Vesimäärien hallinta ... 77
7.7 Altaat ja muut veden suodatus- ja viivytyskeinot ... 78
7.8 Laskuojat ja viemärit ... 80

8 POHJAVEDEN SUOJAUKSESTA TOIMITETTAVAT TIEDOT ... 82
8.1 Pohjaveden suojauksen kuvaus ... 82
8.1.1 Kuvauksen tarve ... 82
8.1.2 Kuvauksen sisältö ... 83
8.2 Tietojärjestelmiin toimitettavat tiedot ... 85
8.2.1 Suunnitelma- ja toteumatietovarastoon toimitettavat tiedot ... 85
8.2.2 Tiestötietojärjestelmä ... 86
8.2.3 Sijaintitietopalvelu ... 86

LÄHDELUETTELO ... 6

LIITTEET

Liite 1 Pohjaveden suojausten merkitseminen maastoon
Liite 2 Yleistä pohjavesialueista
Liite 3 Havaintoputkien sijoittaminen kloridiseurantaa varten eri tyyppimuodostumissa
Liite 4 Geofysikaalisten tutkimusten lyhyet menetelmäkuvaukset
Liite 5 Muistilista kaliumformiaatin käyttöön

1 Johdanto

1.1 Ohjeen käyttötarkoitus

Tätä ohjetta noudatetaan suunniteltaessa pohjaveden suojelun toimenpiteitä uusilla ja nykyisillä maanteillä. Ohjeessa käsitellään pohjaveden suojelun toimenpiteiden suunnittelussa tarvittavia tutkimustietoja pohjavesialueelta, suojelutoimenpiteiden tarpeen arviointia maanteillä, pohjaveden laadun seurantaa maantiehankkeiden yhteydessä sekä pohjaveden suojausrakenteissa käytettäviä rakenteita.

Suojaustarpeen arvioinnin osalta ohje koskee uusia ja raskaasti parannettavia teitä. Suojausrakenteiden suunnittelun, pohjavesialueen tutkimusten ja kunnossapidon osalta ohje koskee kaikkia teitä.

Ohjetta noudatetaan laadittaessa pohjaveden suojauksen kuvaus kunnossapitäjää ja pelastusviranomaisen tarpeita varten.

Ohjetta voidaan käyttää laatuvaatimuksena urakassa, joka sisältää suunnittelun.

1.2 Suunnittelussa käytettävät muut ohjeet

Keskeisimmät pohjaveden suojelun toimenpiteiden suunnitteluun vaikuttavat Väyläviraston toimintalinjat ovat **Ympäristötoimintalinja** ja **Talvihoidon toimintalinjat**.

Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018 -ohjeessa esitetään pohjaveden suojauksessa ja suolalle herkkien rakenteiden päällä käytettävän vesitiiviin tiepäällysteen laatuvaatimukset vesitiiviyden, deformaatiokestävyyden ja kulumiskestävyyden suhteen ja vesitiiviin kerroksen sijainti, jos päällystekerroksia on useita.

Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu -ohjeessa on esitetty menettelyt ja noudatettavat periaatteet maanteiden kuivatuksen suunnittelemiseksi, kuivatuksen suunnittelun riskien tunnistamiseksi, hulevesien hallitsemiseksi, kuivatusrakenteiden mitoittamiseksi sekä kuivatussuunnittelun kenttätutkimusten toteuttamiseksi.

Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu -ohjeessa esitetään penkereiden ja leikkausten lisäksi suunnitteluperusteet ja vaatimukset eroosiosuojauksille.

Tien geotekninen suunnittelu -ohjeessa käsitellään teiden pohjarakenteiden ja pohjavahvistusten yleiset geotekniset suunnitteluperusteet. Ohjeessa käsitellään myös pohjavesiasioita.

Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla, geotekniikan käsikirja -oppaassa on esitetty menettelyt pohjaveden alennuksen suunnittelemiseksi alikulkupaikoilla. Oppaassa tarkastellaan mm. maaleikkauksen kuivattamiseksi tehtävää pohjaveden alentamista ja siitä aiheutuvia erityisesti kaupunkimaisessa ympä-

ristössä esiintyviä ympäristöongelmia sekä esitellään erilaisia pohjaveden alentamisen suunnittelussa käytettäviä tutkimusmenetelmiä. Käsikirjan ohjeet edustavat hyvää suunnittelutapaa.

Vaatimus mitata ja ilmoittaa pohjavesialueen kohdalla käytetyn liukkaudentorjuntasuolan määrä esitetään **maanteiden hoidon hoitourakoiden urakkaohjelmissa**.

Väyläviraston **määräys johtojen ja rakenteiden sijoittamisesta maantien tiealueelle** sekä sitä täydentävät ohjeet, kuten **Sähkö- ja telejohdot ja maantiet**, kieltävät johdon sijoittamisen pohjaveden suojauksen alueelle, jos se edellyttäisi kaivamista suojauksen kohdalla. Tätä varten Väyläviraston ja ELY-keskusten keskitettyjen lupapalveluiden verkkosivustolla on kartta, josta suojausten sijainti ilmenee.

Rakennustieto Oy:n julkaisussa InfraRYL luku 14230 on esitetty luiskasuojauksissa käytettävät materiaalit, alustan laatuvaatimukset, työmenetelmät ja lopputulosta koskevat vaatimukset. Normaalikäytännön mukaan kohdekohtainen suunnitelma on pätemisjärjestyksessä InfraRYL:n edellä. InfraRYL:stä poikkeavan suunnitelman laatimiseen tarvitaan erityiset perustelut ja varmuus siitä, että ratkaisu täyttää myös tämän ohjeen vaatimukset. InfraRYL:ssä ei ole käsitelty seuraavia tapauksia:

- penkereen sisään tehty tiivistyskerros
- tiivistyskerros korotetun keskialueen tai muun saarekkeen kohdalla
- luiskan tiivistäminen asfaltilla tai betonirakenteella.

Maanteiden suunnitteluhankkeissa maastotutkimukset suunnitellaan Väyläviraston **Geotekniset tutkimukset ja mittaukset** -ohjeen mukaisesti. Pohjavesitutkimusten suunnittelun ja toteutuksen opastavana lisäohjeistuksena voidaan käyttää Suomen vesiyhdistyksen julkaisua **Pohjavesitutkimusopas – käytännön ohjeita**.

Maaperäkairaukset suoritetaan Väyläviraston **Geotekniset tutkimukset ja mittaukset** -ohjeen ja **Suomen Geoteknillisen yhdistyksen kairausoppaiden** mukaisesti.

Pohjavesialueiden maanteiden hoidon suunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan **maanteiden hoidon ja ylläpidon tuotekortteja** ja mahdollisia **työkohtaisia tarkennuksia** sekä viheralueiden hoidossa Väyläviraston ohjeita **Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä** ja **Kohdekohtainen viherhoito tieympäristössä**.

Urakoitsijan laaturaportointi -ohjeessa on esitetty pohjaveden suojausrakenteiden laaturaportoinnin periaatteet.

Tämä ohje täydentää teiden suunnitteluohjeistusta pohjaveden suojelun toimenpiteiden suunnittelun osalta. Teiden suunnittelu tehdään Väyläviraston suunnitteluprosessia koskevan ohjeistuksen (eri suunnitteluvaiheiden toimintaohjeet, suunnitelmien sisältöä koskevat ohjeet, suunnitelmien käsittelyä koskevat ohjeet sekä vaikutusten arviointia ja seurantaa koskevat ohjeet) mukaisesti.

1.3 Käsitteet

Akviferi
Pohjaveden kyllästämä ja vettä hyvin johtava maa- tai kallioperän muodostuma, josta voidaan pumpata käyttökelpoisia määriä vettä. Akviferi voi olla vapaa tai paineellinen.

Bentoniittimatto
Bentoniittimatot ovat geokomposiitteja, jotka valmistetaan bentoniitista ja geotekstiileistä. Geotekstiilit on neulasidottu yhteen. Geotekstiilien välissä on bentoniittikerros. Bentoniitti on luonnonsavea, jolla on suuri ominaispinta-ala, erittäin hyvä kyky sitoa vettä, suuri turpoamiskyky sekä erittäin alhainen vedenläpäisevyys. Bentoniitti on itsekorjautuva materiaali, bentoniittisaveen syntyneet pienet reiät ja halkeamat korjaantuvat itsestään, koska kostuva bentoniitti paisuu voimakkaasti.

Betonikaide
Tässä ohjeessa betonikaiteella tarkoitetaan vain sellaisia betonikaiteita, joissa ei ole erillisiä pylväitä ja johteita, vaan kaide muodostaa tieltä katsottuna aukottoman pinnan. Kaide voidaan valaa paikalla liukuvaluna tai koota elementeistä ja varustaa vesitiivein jatkoksin.

Kloridi
Kloridi (Cl^-) on anioni, jossa klooriatomiin on liittynyt yksi ylimääräinen elektroni, tai ioniyhdiste, jossa kloridi-ioni on anionina. Maanteiden liukkaudentorjunnassa käytetään natriumkloridia (yleiskielessä ruokasuola), mikä voi aiheuttaa riskin pohjaveden laadulle. Talousvedessä vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulee olla alle 25 mg/l.

Lajittunut maalaji
Veden huuhtelema ja lajittelema maalaji, joissa on yleensä vallitsevana yksi tai korkeintaan kaksi päälajitetta, esimerkiksi hiekka tai savi. Moreeni on lajittumaton maalaji.

Liukkaudentorjunta
Teiden liukkautta torjutaan yleensä suolaamalla (natriumkloridi, kalsiumkloridi, kaliumformiaatti, natriumformiaatti) tai hiekoittamalla. Vilkasliikenteisillä teillä liukkauden torjunta tehdään suolaamalla ja muilla teillä hiekoittamalla.

Luiskasuojaus
Luiskasuojaus (kloridisuojaus tai onnettomuussuojaus) on pohjaveden suojaamiseksi tieluiskaan tehty rakenne, joka koostuu tiivistyskerroksesta (bentoniittimatto ja muovikalvo), suojakerroksesta (suojageotekstiili), kuivatuskerroksesta, pintakerroksesta ja pintaverhouksesta. Luiskasuojauksen tiivistysrakenteen vesijuoksun kohdalle rakennetaan salaoja tehostamaan kuivatusta. Kloridisuojaus tehdään niille alueille, missä halutaan estää liukkaudentorjunta-aineiden pääsy pohjaveteen. Kloridisuojaus toimii myös onnettomuussuojauksena. Onnettomuussuojaus rakennetaan ilman kuivatusrakenteita.

Orsivesi
Varsinaisen pohjavesiesiintymän yläpuolella, vettä huonosti johtavan kerrostuman päällä oleva vapaa pohjavesivyöhyke.

Pohjaveden jakaja
Pohjaveden virtauksia eri suuntiin jakava vyöhyke. Se voi olla vettä läpäisemätön geologinen kerrostuma eli kova vedenjakaja, esim. kalliokynnys tai pohjaveden itsensä muodostama selänne eli pehmeä, usein siirtyvä vedenjakaja.

Pohjaveden muodostumisalue
Pohjaveden muodostumisalueella maaperä mahdollistaa veden merkittävän imeytymisen pohjavedeksi. Muodostumisalueella maakerrokset ovat hyvin vettä johtavia. Muodostumisalueeseen kuuluvat lisäksi sellaiset pohjavesialueen osat, jotka lisäävät olennaisesti pohjavesimuodostuman pohjaveden määrää.

Pohjaveden ottamo
Pohjaveden ottamo on kaivo tai laitos, josta pohjavettä juoksutetaan, pumpataan, tai otetaan muulla tavalla talouteen, teollisuuteen tai muuhun tarkoitukseen. Lupaviranomainen voi veden ottamista koskevassa päätöksessä tai erikseen määrätä pohjaveden ottamon ympärillä olevan alueen suoja-alueeksi. Suoja-alue voidaan määrätä, jos alueen käyttöä on tarpeen rajoittaa veden laadun tai pohjavesiesiintymän antoisuuden turvaamiseksi. Suoja-alueille asetetaan oikeudellisesti sitovia määräyksiä, joilla pyritään rajoittamaan alueen käyttöä pohjaveden ottamon vedenlaadun puhtauden säilyttämiseksi. Pohjaveden ottamon suoja-alue on jaettu usein kolmeen vyöhykkeeseen: ottamoalue, lähisuojavyöhyke ja kaukosuojavyöhyke.

Pohjaveden pinta
Vapaa pohjaveden pinta on vettä johtavassa huokostilassa oleva, kyllästetyn ja kyllästymättömän vyöhykkeen rajapinta. Vapaassa akviferissa pohjavesimuodostuman pinnalla vedenpaine on ilmanpaineen suuruinen. Paineellisessa akviferissa pohjavesimuodostuman pinnalla vedenpaine on suurempi kuin ilmanpaine. Salpavedenpinta (paineellinen pohjaveden pinta) on se taso, johon vedenpinta esim. putkessa tai kaivossa kohoaa, kun ne lävistävät salpaavan kerroksen ja ovat hydraulisessa yhteydessä pohjavesimuodostumaan esimerkiksi läpäisevän putken välityksellä. Jos vedenpinta kohoaa maanpinnan yläpuolelle, puhutaan arteesisesta pohjaveden pinnasta, -esiintymästä ja -kaivosta.

Pohjaveden suojaus
Pohjaveden suojaus on pohjaveden suojaamiseksi tehty rakenne. Maanteillä pohjaveden suojausrakenne on yleensä luiskasuojaus tai betonikaide ja niihin liittyvä vesitiivis päällyste. Lisäksi pohjaveden suojaukseen voi kuulua allasrakenne.

Pohjaveden virtauskuva
Pohjaveden virtauskuva tarkoittaa tutkimustietojen ja maaperätietojen perusteella muodostettua mallia pohjaveden virtaussuunnista pohjaveden muodostumisalueelta ympäristöönsä. Pohjaveden paikallinen virtaussuunta voidaan määritellä vähintään kolmen pohjaveden korkeushavainnon perusteella.

Pohjavesialue, pohjavesialueen luokka
Pohjavesialue on hydrogeologisin perustein rajattavissa oleva maaperän muodostuma tai kallioperän vyöhyke, joka mahdollistaa merkittävän pohjaveden virtauksen tai vedenoton. Alueellinen ympäristöviranomainen luokittelee pohjavesialueen vedenhankintakäyttöön soveltuvuuden ja suojelutarpeen perusteella kahteen luokkaan: 1-luokkaan vedenhankintaa varten tärkeät pohjavesialueet,

2-luokkaan muut vedenhankintakäyttöön soveltuvat pohjavesialueet. Lisäksi E-luokkaan luokitellaan pohjavesialueet, joiden pohjavedestä jokin pintavesi- tai maaekosysteemi on suoraan riippuvainen. Myös luokkiin 1 ja 2 kuuluva pohjavesialue voi saada E-lisämerkinnän (1E ja 2E), mikäli siihen liittyy jokin muun lainsäädännön nojalla suojeltu merkittävä maa- tai pintavesiekosysteemi, joka on suoraan riippuvainen alueen pohjavedestä. Pohjavesialueen määritelmä sisältyy **ympäristönsuojelulakiin (YSL 5 §)** ja pohjavesialueiden määrittäminen ja luokitus **vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annettuun lakiin (1299/2004)** eli vesienhoitolakiin. Vesienhoitolakia on täsmennetty pohjavesialueen rajojen määrittämisen ja luokituksen perusteiden osalta vesienhoitoasetuksen luvussa 2 a (**asetus vesienhoidon järjestämisestä 929/2016**).

Pohjavesialueen suojelusuunnitelma
Pohjavesialueen suojelusuunnitelma on vapaaehtoisuuteen perustuva keino pohjaveden suojelemiseksi. Suojelusuunnitelman sisällöstä ja menettelystä säädetään **vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetussa laissa (1299/2004), luvussa 2a § 10 e ja 10 f**. Suojelusuunnitelman avulla pyritään suojelemaan koko pohjavesialue rajoittamatta tarpeettomasti muuta maankäyttöä. Suunnitelma on luonteeltaan ohjeellinen ja sitä hyödynnetään maankäytön suunnittelussa ja viranomaisvalvonnassa sekä käsiteltäessä lupahakemuksia ja ilmoituksia. Suojelusuunnitelmien laatiminen on kuntien vastuulla. Suunnitelmien laadintaan osallistuvat yleensä myös vesihuoltolaitos, alueellinen ympäristöviranomainen, pelastusviranomainen ja tienpitoviranomainen sekä muita alueen toimijoita.

POVET
Pohjavesitietojärjestelmä, joka sisältää tietoa muun muassa pohjavesialueista ja pohjaveden laadusta. Tietojärjestelmän sisällöstä ja ylläpidosta vastaavat Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja alueelliset ympäristöviranomaiset.

TSRR
Tieriskirekisteri (TSRR) on viranomaiskäyttöön tarkoitettu rekisteri, joka sisältää tietoja pohjavesialueista, niillä kulkevista teistä ja riskipisteytetyistä vedenottoalueista. TSRR on nykyisin osana pohjavesitietojärjestelmä POVETia. TSRR:n avulla voidaan määritellä ne pohjavesialueet, jotka kiireellisimmin tarvitsevat toimenpiteitä tiesuolauksen haittojen minimoimiseksi. Tiesuolauksen riskirekisterissä on pohjavedenottamoalueille omat riskinarviointikortit. Riskipisteytykseen vaikuttavat pohjavesialueen luokka ja riskipisteytettävät tie sekä vedenottamo. Riskipisteytys tehdään aina tie – vedenottamo -parille. TSRR on kuvattu tarkemmin ympäristöhallinnon TSRR käyttöohjeessa "**POVET-tietojärjestelmän Tieriskirekisteriosion (TSRR) ohje".** Riskipisteytys antaa suuruusluokan tiesuolauksen aiheuttamasta riskistä ja mm. tietojen puute voi vaikuttaa pisteytykseen. Myös vaarallisten aineiden kuljetuskuorma tiellä on yhtenä pisteytettävänä kohtana. Suurin osa tiedoista päivitetään vuosittain Väyläviraston tierekisterin tietojen sekä hoitourakoiden raportointitietojen avulla. Tienpidossa TSRR:n riskilukua on käytetty ensisijaisesti kiireellisimmiksi arvioitujen pohjaveden suojelutoimenpiteiden priorisoinnissa.

Vaihtoehtoinen liukkaudentorjunta-aine
Perinteisen tiesuolan (natriumkloridi eli ruokasuola) asemesta liukkaudentorjunnassa voidaan käyttää orgaanisia suoloja, kuten muurahaishapon suoloja (esimerkiksi kaliumformiaatti ja natriumformiaatti).

2 Suunnittelun lähtökohdat

2.1 Pohjaveden suojelun periaatteet maanteillä

Pohjavesien kannalta keskeisin lainsäädäntö on sisällytetty **ympäristösuojelulakiin (527/2014), vesilakiin (587/2011), vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annettuun lakiin (1299/2004), valtioneuvoston asetukseen vesienhoidon järjestämisestä (980/2011)** sekä **valtioneuvoston asetukseen vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006 ja asetuksen muutokset 1818/2009 ja 868/2010)**. Myös **vesihuoltolaissa (119/2001), terveydensuojelulaissa (763/1994) ja maa-aineslaissa (555/1981)** on pohjavesialueita koskevaa sääntelyä.

Pohjaveden suojelun lähtökohtana ovat **ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014 § 17)** mukainen pohjaveden pilaamiskielto, **vesilain (VL 587/2011 § 2)** säädökset vesitaloushankkeiden luvanvaraisuudesta ja **vesilain (VL 587/2011 § 11)** säädökset vedenottamon suoja-alueesta.

Pohjaveden suojelussa noudatetaan **ympäristönsuojelulakia**.

> *Ympäristönsuojelulaki 527/2014*
> *17 § Pohjaveden pilaamiskielto*
>
> *Ainetta, energiaa tai pieneliöitä ei saa panna, päästää tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että:*
>
> *1) tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka pohjaveden laatu voi muutoin olennaisesti huonontua;*
>
> *2) toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka tehdä pohjaveden kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai*
>
> *3) toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua (pohjaveden pilaamiskielto).*
>
> *Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä sellaisista 1 momentissa tarkoitetuista aineista, jotka ovat ympäristölle ja terveydelle vaarallisia ja joiden päästäminen suoraan tai epäsuorasti pohjaveteen on kielletty.*

Vesilain mukaan pohjaveden laatuun ja määrään vaikuttavat hankkeet ovat luvanvaraisia silloin kun muutos voi aiheuttaa pohjavesiesiintymän tilan huononemista, aiheuttaa vaaraa terveydelle tai olennaisesti vähentää tärkeän tai muun vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuutta tai muutoin huonontaa sen käyttökelpoisuutta tai muulla tavalla aiheuttaa vahinkoa tai haittaa vedenotolle ja veden käytölle talousvetenä.

Pohjavesien suojelussa avainasemassa ovat pilaantumista ennaltaehkäisevät keinot, koska likaantuneiden pohjavesien puhdistaminen on vaikeaa ja kallista ja pilaantuminen voi heikentää pohjavesien tilaa vielä vuosikymmenienkin päästä. Pohjavesialueilla tien kohdalla tarvitaan yleensä toimenpiteitä tiesuolauksen aiheuttamien haittojen vähentämiseksi ja onnettomuustilanteissa maaperään mahdollisesti pääsevien vaarallisten aineiden leviämisen estämiseksi. Mahdollisia toimenpiteitä ovat pohjavesien tilan seuranta, suolauksen vähentäminen, vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttö, liikenteen rajoittaminen, likaantuneiden pintavesien mahdollisimman tehokas johtaminen pois alueelta, suistumisonnettomuuksien ehkäisy, suojakaiteen rakentaminen onnettomuuksien varalle tai betonikaiteen tai luiskasuojauksen rakentaminen.

Tavoitteena on varmistaa pohjavesien hyvä kemiallinen ja määrällinen tila niillä pohjavesialueilla, joilla sijaitsee liikenneväylä. Tietoa riskialtteimmista pohjavesialueista ylläpidetään ja pohjavesialueille määritellään ja toteutetaan tarvittavat pohjavesiriskien torjuntatoimet.

2.2 Pohjavesien määrään vaikuttavia tekijöitä

Pohjavettä muodostuu sade- ja sulamisvesien suotautuessa maaperään tai pintavesien imeytyessä maaperään järvistä, joista ja niitä pienemmistä pintavesimuodostumista. Luonnontilaisilla harjualueilla sekä muilla hiekka- ja sorakankailla keskimäärin noin 50-60 % sadannasta imeytyy pohjavedeksi. Pohjaveden määrän vaihteluun vaikuttavat sadannassa, pohjaveden purkautumisessa ja haihdunnassa, sekä vedenotossa tapahtuvat muutokset. Pohjaveden pinta on yleensä korkeimmillaan keväisin ja syksyisin, ja vastaavasti alimmillaan talvisin. Kesäisin pohjaveden pinnan korkeus on riippuvainen ennen kaikkea lämpötilasta ja sateiden määrästä. Sadannan lisäksi pohjaveden pinnan korkeuden muutoksiin vaikuttavat myös pohjavesimuodostuman koko ja maaperän laatu sekä pohjaveden pinnan etäisyys maanpinnasta: mitä syvemmällä pohjaveden pinta on, sitä vähäisempää ja hitaampaa vaihtelu on. Hyvin vettä johtavissa hiekka- ja soramuodostumissa pohjaveden pinnan vuodenaikaisvaihtelu on suhteellisen vähäistä, vain noin 0,5-1 m luokkaa, mutta pitkällä aikavälillä eri vuosien välillä pohjaveden pinnan vaihtelu voi olla tätä suurempaa.

Pohjavesialueilla toteutettavissa tiehankkeissa toimitaan siten, että maankaivu, kallion louhinta ja ojitukset tai muutkaan rakentamistoimenpiteet eivät aiheuta pohjaveden likaantumista, haitallista pohjaveden purkautumista tai humuspitoisten pintavesien imeytymistä maaperään. Tien tasaus ja valittu kuivatustaso voivat vaikuttaa merkittävästi pohjaveden pinnan tasoon ja pohjaveden virtaussuuntiin tien lähistöllä. Esimerkiksi kallion leikkaaminen voi tuhota kalliokynnyksen, joka toimii paikallisena pohjavedenjakajana. Alikulkujen ja viemärien sijoittamista luonnollisen pohjaveden pinnan tason alapuolelle tulee välttää. Teiden rakentamisen yhteydessä tapahtuva päällystäminen ja luiskasuojauksen rakentaminen estävät veden imeytymisen, vaikuttavat pintavaluntaan ja siten pienentävät muodostuvan pohjaveden määrää. Pohjavesialueilla tulee lisäksi välttää puhtaiden hulevesien turhaa pois johtamista.

Pohjaveden alentamisesta voi aiheutua merkittäviä ympäristövaikutuksia, joiden suuruus ja laajuus määräytyvät pääosin paikallisten hydrogeologisten olosuhteiden mukaan. Maaleikkaus pohjavesialueella voi aiheuttaa esimerkiksi ra-

kenteiden ja rakennusten painumista, kaivojen vedenantoisuuden ja veden laadun heikkenemistä, kaivojen ja lähteiden kuivumista sekä kasvillisuuden heikkenemistä ja kuolemista.

2.3 Pohjavesien laatuun vaikuttavia tekijöitä

Maa- ja kallioperän laatu, ilmasto ja ihmistoiminnot vaikuttavat pohjaveden kemiallisiin ominaisuuksiin. Luonnontilaisista hiekka- ja soramuodostumissa oleva pohjavesi on yleensä laadultaan hyvää. Pohjavedessä luontaisesti yleisimmin esiintyvät anionit ovat kloridi (Cl^-), sulfaatti (SO_4^{2-}) ja bikarbonaatti (HCO^{3-}) ja kationit natrium (Na^+), kalsium (Ca^{2+}) ja magnesium (Mg^{2+}). Rannikkoalueen pienissä savi-, siltti- tai turvepeitteisissä pohjavesiesiintymissä pohjaveteen liuenneiden alkuaineiden, kuten raudan ja mangaanin, määrä on suurempi kuin sisämaassa. Pohjaveden alhainen happipitoisuus lisää raudan ja mangaanin määrää pohjavedessä. Luonnontilaisissa pohjavesissä on paikoin kallioperästä johtuen myös kohonneita radon-, fluoridi- ja arseenipitoisuuksia. Pohjaveden tyypillinen luontainen kloridipitoisuus on Suomessa alle 10 mg/l, rannikkoalueilla hieman suurempi.

Pohjavesien laatuun voivat vaikuttaa melkein kaikki ne toiminnot, joiden yhteydessä käytetään, käsitellään, varastoidaan, kuljetetaan tai tuotetaan pohjavesien laadulle haitallisia aineita. Myös esimerkiksi maankaivu ja täyttötyöt voivat vaikuttaa pohjaveden laatuun. Ihmistoimintojen vaikutuksesta pohjavesissä esiintyy esimerkiksi kohonneita nitraatti- tai kloridipitoisuuksia. Likaantumisvaaran voivat aiheuttaa erilaiset pysyvät tekijät ja toiminnot, kuten asutus tai yksittäiset tapahtumat, kuten onnettomuudet. Joissakin tapauksissa pohjaveden laadun heikkeneminen aiheutuu pintaveden sekoittumisesta pohjaveteen. Pintavedessä olevat haitta-aineet voivat päätyä pohjaveteen tilanteessa, jossa hydraulisen yhteyden ja paine-eron vuoksi tapahtuu luontaista pintaveden suotautumista pohjaveteen. Epäpuhtauksien kulkeutumiseen pohjaveteen ja leviämiseen pohjavesikerroksessa vaikuttavat muun muassa maaperän vedenläpäisevyys, veden virtausnopeus ja -suunta sekä epäpuhtauden liukoisuusominaisuudet. Valtioneuvoston **asetuksen vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (VNa 1022/2006, 4a § 1308/2015)** mukainen päästökielto pohjaveteen koskee pohjavedelle tai ihmisen terveydelle vaarallisiksi vahvistettuja aineita sekä aineita, jotka pohjaveteen joutuessaan tekevät vedestä ihmisen käyttöön soveltumatonta.

Pohjaveden kemiallisen tilan arviointia varten on asetettu ympäristönlaatunormit. Pohjavettä pilaavien aineiden ympäristönlaatunormeja käytetään pohjaveden kemiallisen tilan luokittelussa. Kloridille ympäristönlaatunormi on 25 mg/l. Jos pohjaveden kloridipitoisuus nousee yli tason 25 mg/l, veden syövyttävyyden (korroosio) voidaan katsoa lisääntyneen ja vedenlaadun heikentyneen sen suhteen. Veden syövyttävyyteen vaikuttavat alkaliteetin (lähinnä bikarbonaatti) suhde sulfaatin ja kloridin kokonaismäärään. Mitä korkeammat ovat sulfaatti- ja kloridipitoisuudet sitä suurempi tulee alkaliteetin määrän olla, jotta vesi ei aiheuta putkistoissa syöpymistä. Korkea alkaliteetti aiheuttaa vuorostaan kalkkisaostumia lämminvesilaitteisiin.

Tiesuolan käyttö liukkauden torjunnassa lähti lisääntymään 1960 -luvulla ja suurimmillaan levitetyn suolan määrä oli vuonna 1990, jolloin sitä levitettiin yli 150 000 tonnia. Nykyisin talvisuolaa käytetään n. 80 000–110 000 tonnia vuodessa. Liukkaudentorjunnassa käytetystä talvisuolasta pääosa on natriumkloridia ja pieni osa (noin 5 %) kalsiumkloridia. Lisäksi natriumkloridille vaihtoehtoisena liukkaudentorjunta-aineena käytetään liuosmaista kaliumformiaattia ja vuodesta 2017 lähtien kidemäistä natriumformiaattia.

Talvihoidon toimintalinjoissa on kuvattu ne periaatteet ja linjaukset, joiden mukaan maantiet hoidetaan talvella ja teiden liikennöitävyys talviaikana turvataan. Maanteillä suolaa käytetään pääosin vilkkaimpien teiden (noin 8000 km eli noin 10 % maantieverkon pituudesta) liukkaudentorjuntaan. Suolaa käytetään lähinnä silloin, kun lämpötila on - 6 °C tai sen yläpuolella. Alhaisemmissa lämpötiloissa suola ei enää estä jään syntymistä tehokkaasti. Maanteiden talvihoitoluokat on esitetty kartalla Väyläviraston Teiden talvihoito -www-sivulla.

Suolan käyttö on voimakkaasti riippuvainen sääolosuhteista. Hankalimpia oloja ovat vesisade kylmälle tienpinnalle ja nollan molemmin puolin sahaava lämpötila. Saman tasoisilla teillä suolan käyttö vähenee etelästä pohjoiseen ja koilliseen siirryttäessä. Linjan Kemi-Joensuu eteläpuolella suolasta käytetään noin 80 % ja linjan Imatra–Tampere–Pori eteläpuolella noin 50 %. Ilmastonmuutos tulee todennäköisesti vaikuttamaan teiden talvihoitoon siten, että liukkaudentorjunnan tarve lisääntyy Keski- ja Pohjois-Suomessa.

2.4 Haitallisten aineiden kuljetukset

Vaarallisia aineita kuljetettiin maanteitse vuonna 2017 noin 13,2 miljoonaa tonnia. Vaarallisten aineiden luokittelu tiekuljetuksissa on esitetty Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin määräyksessä **Tieliikenne: Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä**. Pääosa tiekuljetuksista oli vuonna 2017 palavien nesteiden (61 %) ja syövyttävien aineiden (20,5 %) kuljetuksia. Suurin osa (81 %) palavista nesteistä oli polttonesteitä ja -öljyjä (bensiini, dieselöljy, kevyt ja raskas polttoöljy, kaasuöljyt). Syövyttävistä aineista oli natriumhydroksidiliuosta 40 % ja rikkihappoa 26 %.

Vakavat vaarallisten aineiden kuljetusten (VAK) onnettomuudet ovat Suomen tieverkolla erittäin harvinaisia. Mahdollisesti hyvinkin vakavien ja pitkäaikaisten seuraustensa takia VAK-onnettomuuksiin on kuitenkin tarpeen kiinnittää erityistä huomiota. Merkittävimmät uhkat pohjavesille aiheutuvat seuraavien vaarallisten aineiden kuljetuksista:

1. nestemäiset, lämpimissä olosuhteissa helposti haihtuvat aineet (esimerkiksi bensiini),
2. nestemäiset, helposti imeytyvät ja reagoivat liuottimet ja hapot (esimerkiksi kevyt polttoöljy) sekä
3. nestemäiset, hitaasti imeytyvät hiilivedyt (esimerkiksi raskas polttoöljy).

Kiinteät ja kaasumaiset vaaralliset aineet aiheuttavat vain harvoin vakavaa haittaa pohjavedelle. Haitallisimpia mineraaliöljytuotteita ovat kevyet öljytuotteet kuten kevyt polttoöljy, petroli ja bensiini. Raskaat öljytuotteet, kuten raskas polttoöljy, eivät juurikaan imeydy maaperään. Jos VAK-onnettomuuksien vahinkopaikan maaperä on savea, hiesua, moreenia tai kalliota, eivät mineraaliöljyt

imeydy maaperään merkittävästi. Hyvin läpäisevään maaperään, kuten hiekka- ja soramaalajeihin, kevyet öljyt imeytyvät nopeasti – enintään tuntien joskus vain minuuttien kuluessa. Maaperässä öljy pidättyy vahinkopaikan välittömään lähiympäristöön, mutta avo-ojissa, salaojissa ja viemäreissä öljyt voivat kulkeutua pitkiäkin matkoja. Myös vuodon määrä vaikuttaa öljyn leviämiseen. Mitä suurempi määrä öljyä pääsee maaperään, sitä laajemmalle alueelle vuoto yleensä leviää ja mitä huokoisempaa vahinkopaikan maaperä on, sitä syvemmälle vuoto yleensä painuu maanpinnasta.

Myös nestemäiset helposti imeytyvät elintarvikkeet (esimerkiksi maito) tai jätteet voivat aiheuttaa pohjaveden laatumuutoksia. Orgaanisen aineksen hajoaminen kuluttaa happea pohjavedestä, minkä seurauksena pohjaveden happipitoisuus alenee ja maa-aineksesta voi liueta veteen mm. rautaa ja mangaania.

Vaarallisten aineiden kuljetusten osalta voidaan tunnistaa pohjaveden suojelun kannalta seuraavat riskitasot:

- tavanomainen: sisältää tavanomaiset polttoainekuljetukset ja vähäisen määrän polttonesteitä vaarallisempien aineiden kuljetuksia
- kohonnut: sisältää joko erittäin suuren määrän polttoainekuljetuksia (esim. öljynjalostamon lähellä) tai kohtalaisen määrän polttonesteitä vaarallisempien aineiden kuljetuksia

Vaarallisten aineiden mahdollisissa alueellisissa kuljetusrajoituksissa noudatetaan **lakia vaarallisten aineiden kuljetuksesta (719/1994, 14 b §)**.

> *Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta, 2.8.1994/719*
>
> *14 b § (23.11.2018/1007) Alueelliset kuljetusrajoitukset*
>
> *Liikenne- ja viestintävirasto voi kunnan perustellusta esityksestä rajoittaa vaarallisten aineiden kuljetusta tietyllä alueella, tiellä tai tien osalla, jos kuljetus siellä voi aiheuttaa huomattavaa vaaraa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Rajoitusta asetettaessa on huolehdittava siitä, ettei mahdollisuuksia kuljettaa vaarallisia aineita rajoiteta enempää kuin on tarpeen kuljetuksista aiheutuvan vaaran torjumiseksi. Kunnan on tiedotettava aluettaan koskevasta rajoituksesta.*
>
> *Liikenne- ja viestintävirasto voi tien-, kadun- tai radanpitäjän esityksestä rajoittaa vaarallisten aineiden tie- tai rautatiekuljetusta tietyssä tien-, kadun- tai radanpitäjän hallinnoimassa tunnelissa, jos kuljetus voi aiheuttaa huomattavaa vaaraa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Rajoituksen tulee perustua hakijan toimittamaan, hakijasta riippumattoman toimielimen suorittamaan tunnelin vaarojen arviointiin, jossa otetaan huomioon ainakin sellaiset turvallisuuteen vaikuttavat tekijät kuin kuljetettavat aineet, tunnelin rakenteet ja varusteet. Lisäksi on otettava huomioon kuljetukseen käytettävissä olevat vaihtoehtoiset reitit. Liikenne- ja viestintävirasto voi liittää rajoitukseen ehtoja, joilla varmistetaan kuljetusten turvallisuus. Hakijan on tiedotettava hallinnoimaansa aluetta koskevasta rajoituksesta.*

Liikenne- ja viestintävirasto voi antaa tarkempia määräyksiä vaarojen arvioinnista, kuljetusrajoitusten alaisista aineryhmistä, rajoituksen toteuttamisesta ja muista 1 ja 2 momentissa tarkoitettuihin kuljetusrajoituksiin liittyvistä seikoista.

2.5 Tien sijoittuminen pohjavesialueelle

2.5.1 Tien sijainti

Liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain 13 §:n mukaan:

13 § (23.11.2018/980) Tienpitoa koskevat yleiset vaatimukset

Maantieverkkoa on kehitettävä ja kunnossapidettävä ja siihen investoitava siten, että edistetään:

1) valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman tavoitteita;

2) valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden toteuttamista, alueiden kehittämistä, maankäytön suunnittelussa yhdyskuntarakenteelle ja ympäristölle asetettavien tavoitteiden toteuttamista sekä alue- ja yhdyskuntarakenteen taloudellisuutta;

3) liikenteen päästöjen vähentämistä; sekä

4) tiedon ja digitaalisuuden hyödyntämismahdollisuuksia, liikenteen automaatiota ja liikenteen palveluiden kehittämisen edellytyksiä.

Maantiet on suunniteltava, rakennettava ja pidettävä kunnossa niiden liikenteellinen merkitys huomioon ottaen siten, että:

1) maantiet tarjoavat mahdollisuuden turvalliseen ja toimivaan liikkumiseen ja kuljettamiseen koko maassa kohtuullisin kustannuksin ottamalla huomioon erilaiset kulkutavat, eri väestöryhmien liikkumistarpeet ja eri elinkeinoalojen kuljetustarpeet;

2) maantieverkon ja liikenteen ympäristölle aiheuttamat haitat jäävät mahdollisimman vähäisiksi ja luonnonvaroja käytetään säästeliäästi;

3) tienpito ei tuota kenellekään enempää vahinkoa tai haittaa kuin tarve vaatii;

4) maantiet ovat liikenteellisesti ja teknisesti mahdollisimman toimivia ja turvallisia, ja niiden tarkoitus saavutetaan mahdollisimman edullisesti;

5) maanteitä ja tienpitoa koskevat tiedot ovat ajantasaiset ja käytettävissä; sekä

6) maantiet ja niihin liittyvä digitaalinen infrastruktuuri ovat yhteentoimivia muun liikenneverkon sekä siihen liittyvän digitaalisen infrastruktuurin kanssa.

Maantietä parannetaan yleisen liikenteen tarpeen vaatiessa taikka liikenteestä aiheutuvien haittojen poistamiseksi tai vähentämiseksi taikka maankäytön sitä edellyttäessä. Uusi maantie tehdään, jos olemassa oleva maantieverkko ei täytä enää yleisen liikenteen tai maankäytön tarpeita eikä liikennejärjestelmää kehittämällä tai tietä parantamalla voida tarkoituksenmukaisesti tyydyttää näitä tarpeita taikka poistaa tai riittävästi vähentää liikenteestä aiheutuvia haittoja. Maantietä ei saa rakentaa vastoin oikeusvaikutteista kaavaa.

Liikenne- ja viestintävirasto voi antaa 2 momentissa tarkoitettujen vaatimusten turvaamiseksi tarpeellisia määräyksiä, jotka koskevat tien rakennetta, varusteita, liikenneteknisiä ratkaisuja sekä maantien käyttöä ja siihen liittyviä rajoituksia.

Uudet ja parannettavat maantiet suunnitellaan siten, ettei väylän rakentamisesta, kunnossapidosta tai liikenteestä aiheudu riskiä pohjavesille eivätkä pohjavesiolot muutu haitallisesti. Pohjaveden suojelutarvetta tarkastellaan koko pohjavesialueella ja erityistä huomiota kiinnitetään vedenottamoalueisiin.

Ratkaisevin vaihe tiehankkeessa pohjaveden suojelun osalta on tien sijaintipaikan valinta. Uusien vilkasliikenteisten ja suolattavien väylien sijoittamista pohjavesialueelle, erityisesti varsinaiselle pohjaveden muodostumisalueelle tulee välttää. Olemassa olevaa tietä parannettaessa yhtenä vaihtoehtona tutkitaan tien siirtämistä pois pohjavesialueelta tai pohjaveden oton kannalta suotuisampaan paikkaan.

Pohjaveden muodostumisalueelle sijoitettu tie vaikuttaa pohjaveteen, vaikka alueelle rakennettaisiin tehokkaat suojausrakenteet, sillä sadeveden imeytyminen pohjavedeksi loppuu luiskasuojatulta ja päällystetyltä alueelta. Näistä syistä tiehankkeen suunnittelun alkuvaiheet, esiselvitys ja yleissuunnitelma, ovat keskeisimmät vaiheet pohjaveden suojelussa. Myös pohjaveteen liittyvät maastotutkimukset keskitetään yleissuunnitelman laatimiseen ja niiden tekemiseen tulee hankkeissa varata riittävä aika.

Jos tie joudutaan sijoittamaan pohjavesialueelle, sen sijainti ja korkeusasema on suunniteltava tarkoin samalla huomioiden, että mahdollisista suojausrakenteista saadaan mahdollisimman toimivat kohtuullisin kustannuksin. Tie on pyrittävä sijoittamaan siten, että tien kohdalta virtaa mahdollisimman vähän pohjavettä vedenottamon tai muun keskeisen pohjavesikertymän suuntaan. Myös pintavalunta tieltä vedenottamoa kohti tulee minimoida. Yleensä pohjavesialueen reuna-alue on parempi sijaintipaikka tielle kuin muu osa pohjavesialueesta.

Jos tie suunnitellaan kiertämään pohjavesialue, tiestä ei yleensä aiheudu muutoksia pohjavesialueen vedenlaadulle, kun hulevesien purkupaikka on valittu oikein. Purkupaikan valinta on ohjeistettu **luvussa 7.8**. Se, kiertääkö tie pohjavesialueen tai sijoittuuko se osittain pohjavesialueelle, ratkaistaan kokonaisarvioinnissa, jossa otetaan huomioon eri vaihtoehtojen vaikutukset muulle maankäytölle ja ympäristölle, liikenteen turvallisuudelle ja kustannuksiin.

Pohjaveden mahdollinen paineellisuus otetaan huomioon jo pohjatutkimusohjelmaa laadittaessa. Hyvin vettä johtavien kerrosten päällä olevien, heikosti vettä johtavien, savi- ja silttikerrosten puhkaiseminen saattaa aiheuttaa pohja-

veden purkautumista, jonka seurauksena pohjaveden pinta voi alentua haitallisesti laajallakin alueella. Tyypillisesti paineellista pohjavettä esiintyy harjujen ja reunamuodostumien liepeillä, mutta toisinaan myös karkearakeisiin moreenimuodostumiin liittyen.

2.5.2 Tien tasauksen suunnittelu

Pohjaveden pinnan korkeuden määrittämiseksi tarvittavia tutkimuksia käsitellään tämän ohjeen luvussa 5. Tien tasauksen suunnittelussa käytettävä pohjaveden pinnan taso arvioidaan seuraavasti:

Menetelmä a)

- Pohjaveden pinnan korkeutta seurataan kohteella yleissuunnitelman valmistumisesta lähtien mieluiten 4 krt/vuosi. On suositeltavaa, että seurantaa jatketaan yhtenäisesti vähintään tiesuunnitelmavaiheeseen asti, jolloin voidaan useimmiten puhua pitkäaikaisesta seurannasta. Tällöin pohjaveden pinnan ylin mahdollinen korkeustaso saadaan määritettyä suunnittelukohteessa tehtyjen maastohavaintojen perusteella. Näin saatuun tasoon lisätään mm. muodostuman koosta riippuen 0,5-1,5 m varmuusvaraa.

Menetelmä b)

- Jos pitkäaikaista pohjaveden pinnan korkeuden seurantatietoa ei ole kohteesta käytettävissä, vertaillaan lyhyen seurantajakson tietoja lähimpien valtakunnallisten pohjavesiasemien tai muiden vastaavanlaisten pitkäaikaisesti seurattujen pohjavesialueiden tietoihin. Seurantatietoja on saatavissa ympäristöhallinnon tietojärjestelmistä tai valvovalta viranomaiselta. Vertailulla selvitetään, onko pohjaveden pinnan korkeus kohteessa ollut lyhyen seurantajakson aikana tavanomaista korkeammalla tai matalammalla. Mikäli pohjaveden pinnan korkeudet eivät ole olleet suurimmillaan lyhyen seurantajakson aikana, lisätään kohteelta mitattuun ylimpään pohjaveden pinnan korkeuteen varmuusvaraa esim. SYKE:n ylläpitämien valtakunnallisten pohjavesiasemien pohjaveden korkeuksien vaihteluvälien perusteella. Näin arvioitua ylintä pohjaveden pinnan korkeutta ei voida pitää yhtä luotettavana kuin pitkäaikaisen seurannan perusteella määritettyä pohjaveden pinnan korkeutta. Näin saatuun tasoon lisätään mm. muodostuman koosta riippuen 1-4 m varmuusvaraa.

Menetelmissä a) ja b) käytettävän varmuusvaran vaihteluvälin ylärajaa on käytettävä, kun pohjaveden pinnan korkeuden tarkkailupiste on kaukana suunniteltavasta tienkohdasta tai menetelmän a) tai b) soveltaminen on ollut vaikeaa. Mitoittava pohjaveden pinnan korkeus ei kuitenkaan ole maanpinnan yläpuolella, ellei kyseessä ole paineellisen pohjaveden alue.

Tien tasauksen suunnittelussa pohjavesialueen kohdalla otetaan huomioon seuraavat asiat:

- Tarpeettoman suuria ja syviä leikkauksia sekä pohjavettä luonnostaan suojaavien maakerrosten poistamista vältetään pohjavesialueilla. Syvässä leikkauksessa tiealue on leveä ja pohjavettä suojaavia maakerroksia sekä luonnontilaista kasvillisuutta poistetaan laajalta alueelta.
- Alikulkujen ja maaleikkausten sijoittamista luonnollisen pohjaveden pinnan tason alapuolelle vältetään. Mikäli pohjaveden pintaa joudutaan alentamaan, tulee aina tarkistaa, onko pumpattava vesimäärä muutoin kuin tilapäisesti suurempi kuin 250 m^3/vrk, jolloin tarvitaan vesilain mukainen lupa valtion lupaviranomaiselta (**Vesilaki 587/2011, 3 luku, 3 § 2**). Pinta- ja pohjaveden pumppaamisesta on tehtävä ilmoitus valtion valvontaviranomaiselle, jos pumpattava vesimäärä on yli 100 m^3/vrk (**Vesilaki 587/2011, 2 luku, 15 § 3**).
- Kun pohjaveden luiskasuojaus tehdään, pohjaveden pinta ei saa nousta tiivistyskerroksen alapinnan yläpuolelle. Tasausviivan alin sallittu taso on silloin mitoittava pohjaveden pinnan taso + sisäluiskan korkeus + luiskasuojauksen rakennepaksuus.
- Jos pohjaveden suojausmenetelmäksi valitaan betonikaide ja hulevesiviemäri, huolehditaan, että viemärikaivanto ei johda pohjavettä haitallisesti.
- Kun pohjaveden luiskasuojausta ei tehdä ja tie sijaitsee pohjavesialueella, sijoitetaan tien tasausviiva maaleikkausten kohdalla vilkasliikenteisillä teillä siten, että ojan pohjan ja mitoittavan pohjaveden pinnan väliin jää riittävä maakerros luvun 4.3 kohdan A mukaisesti.
- Erityistä huomiota tulee kiinnittää korkeiden penkereiden ja siltapaikkojen sijoittamiseen suhteessa paineellisen pohjaveden alueisiin. Savi- ja silttikerroksen puhkaiseminen paaluilla tai pilaristabiloinnilla voi saada aikaan pohjaveden haitallista purkautumista niiden alapuolella sijaitsevista karkeammista kerroksista. Myös maankaivuu näissä kerroksissa voi aiheuttaa paineellisen pohjaveden purkautumista.

3 Pohjaveden suojelu tien elinkaaren eri vaiheissa

3.1 Suunnittelun vaiheistus

Teiden suunnitteluprosessissa on neljä vaihetta: esiselvitys, yleis-, tie- ja rakennussuunnitteluvaiheet. Pienissä ja vaikutuksiltaan vähäisissä hankkeissa suunnittelu- ja päätöksentekovaiheita voidaan yhdistää. Pohjaveden suojaustarpeen arviointi tehdään esi- ja yleissuunnitteluvaiheessa.

Pohjaveden suojelulle asetettavat hankekohtaiset tavoitteet, lähtökohdat ja suunnittelua ohjaavat tekniset reunaehdot tulee käsitellä hankkeen suunnitteluperusteet -menettelyn yhteydessä ja dokumentoida laadittavaan suunnitteluperusteet -asiakirjaan suunnitteluperusteita koskevan ohjeistuksen mukaisesti (**Väylähankkeiden suunnitteluperusteiden menettelykuvaus**, Väyläviraston ohjeita 24/2011).

Pohjaveden suojaustarpeeseen liittyvät maastotutkimukset tehdään tien yleissuunnitteluvaiheessa. Tutkimusten tavoitteena on selvittää suunnittelualueen maaperäolosuhteet ja hydrogeologiset taustatiedot mm. pohjaveden suojauksen laajuuden määrittämistä varten. Maastotutkimusten tekemiselle varataan teiden suunnittelussa riittävän pitkä aika.

Pohjaveden suojausten suunnitteluun liittyvät tarkastelut ja myös itse suojaukset tulee tehdä riittävän kattavasti. Tapauskohtaisesti tarkasteluja tulisi tehdä myös voimassa olevien pohjavesialueen rajojen ulkopuolelta, mikäli rajojen osalta on havaittu tarkentamistarvetta tai suunnittelun aikana vettä johtavien kerrosten havaitaan jatkuvan pohjavesialueen rajojen ulkopuolelle.

Esiselvityksen tuloksena saadaan mm. tiehankkeen tavoitteet, vaihtoehdot, likimääräiset toimenpiteet, alustavat vaikutusarvioinnit sekä kustannusennusteet.

Yleissuunnitelman tuloksena saadaan mm. tien likimääräinen sijainti, liikenne- ja tietekniset perusratkaisut, tieympäristön maisemoinnin ja viheralueiden käsittelyn periaatteet, ympäristöhaittojen lieventämisen periaatteet, vaikutusten arvioinnit, alustava kustannusarvio sekä rakentamisen tavoitteellinen ajoitus ja rakentamisvaiheet. Yleissuunnitelmaselostuksessa esitetään myös pohjavesien määrän ja laadun tarkkailun periaatteet sekä alustava arvio vesilain mukaisen luvan tarpeesta.

Tiesuunnitteluvaiheessa määritetään mm. tien sijainti ja korkeusasema, tietä varten tarvittavat alueet sekä liikenteen haittojen torjumiseksi tarvittavat toimenpiteet. Tiesuunnitelman tuloksena saadaan tarkka tiealue, yksityiskohtaiset liikennetekniset ratkaisut sekä kustannusarvio ja mahdollinen kustannusten jako.

Rakennussuunnittelun tuloksena saadaan rakentamisessa tarvittavat asiakirjat.

Hankkeiden esisuunnitelmista hankitaan lausunnot, jos arvioidut vaikutukset ovat merkittäviä tai laajalle kohdentuvia. Yleissuunnitelman ja tiesuunnitelman hallinnollisessa käsittelyssä noudatetaan **liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain (572/2018)** mukaista menettelyä. Yleis- ja tiesuunnitelmat hyväksyy Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja erityisestä syystä liikenne- ja viestintäministeriö.

Tienpidon ja liikenteen riskit sekä niiden poistamiseksi tarvittavat toimenpiteet voidaan selvittää myös pohjavesialueen suojelusuunnitelman laatimisen yhteydessä. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat ovat luonteeltaan ohjeellisia. Niitä hyödynnetään maankäytön suunnittelussa ja viranomaisvalvonnassa sekä käsiteltäessä lupahakemuksia ja ilmoituksia. Suojelusuunnitelmassa kootaan tiedot alueen hydrogeologisista ominaisuuksista, kartoitetaan riskikohteet sekä laaditaan toimenpidesuositukset alueella jo oleville sekä sinne mahdollisesti tuleville riskikohteille.

3.2 Ympäristö- ja vesiluvantarve tiehankkeessa

Tien rakentaminen ei yleensä edellytä ympäristölupaa. Oikeus tien rakentamiseen hankitaan tiesuunnitelman perusteella (**Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä, 572/2018**). Tiehankkeissa ympäristöluvan tarve voi liittyä esimerkiksi pohjaveden pilaantumisen vaaraan, pilaantuneisiin maa-aineksiin, pilaantuneen alueen puhdistamiseen, uusiomateriaalien käyttöön, murskauslaitoksen tai vastaavan sijoittamiseen sekä rakentamisen aikaiseen melu- ja tärinähaittaan. Vesiluvan tarve voi liittyä esimerkiksi vesistösiltojen rakentamiseen, pohjaveden alentamiseen, uomien siirtoihin, vesiluontotyyppien suojeluun, puron uoman luonnontilaisuuden vaarantumiseen tai maa-ainesten ottoon, jos ottaminen voi vaikuttaa pohjaveteen. Mikäli pumpattava vesimäärä on muutoin kuin tilapäisesti suurempi kuin 250 m^3/vrk, tarvitaan vesilain mukainen lupa valtion lupaviranomaiselta (**Vesilaki 587/2011, 3 luku, 3 § 2**). Jos pumpattava vesimäärä on yli 100 m^3/vrk, on tehtävä ilmoitus valtion valvontaviranomaiselle. Mikäli hankkeelle tarvitaan lupa sekä ympäristönsuojelulain että vesilain perusteella, riittää yksi hakemus ja hankkeelle annetaan yksi lupa. Tiehankkeisiin liittyvät luvat ja ilmoitukset on käsitelty yksityiskohtaisesti Väyläviraston ohjeessa **Tie- ja ratahankkeiden suunnitelmien käsittelyohje**.

Toimintojen ympäristöluvanvaraisuus perustuu **ympäristönsuojelulakiin (86/2000)** ja sen nojalla annettuun **ympäristönsuojeluasetukseen (169/2000)**. Ympäristönsuojelulaissa ja -asetuksessa sekä **vesilaissa (587/2011)** on määritelty ne tilanteet, joissa lupa on tarpeen. Uudelle toiminnalle ja toiminnan olennaiselle muutokselle tarvitaan lupa.

Tien sijoittuminen pohjavesialueelle suunnitellaan **luvun 2.5** mukaisesti. Tavoitteena tulee olla, että lupa-asiat ovat selvillä jo hyväksymispäätöstä tehtäessä. Lupien tulee olla lainvoimaisia hankkeen toteuttamiseen ryhdyttäessä. Neuvottelukäytäntö yleensä parantaa lupahakemusasiakirjojen laatua ja nopeuttaa lupaprosessia.

3.3 Esiselvitykset

Maanteiden rakentamis- ja parantamishankkeiden esiselvityksissä tehdään tienpidon ja liikenteen pohjavesialueelle ja vedenottamoille aiheuttaman riskin arviointi sekä arvioidaan alustavasti keinot riskien vähentämiseksi tämän ohjeen **luvun 4** mukaisesti. Pohjavesien suojelun näkökulmasta selvitetään, voidaanko uusi tie linjata pohjavesialueiden ulkopuolelle. Myös nykyisen tien parantamisen vaihtoehtona voidaan harkita tien siirtämistä suotuisampaan paikkaan.

Uusi tie sijoitetaan ensisijaisesti pohjavesialueen ulkopuolelle tai reunavyöhykkeelle. Tien linjaamista vedenottamoiden lähelle vältetään, mikäli tie joudutaan linjaamaan pohjavesialueelle. Parantamishankkeissa ja uusien teiden rakentamisessa on varmistettava, että tämän ohjeen lisäksi noudatetaan vedenottamoille vahvistettujen suoja-alueiden suoja-aluemääräyksiä.

Pohjaveden suojelun toimenpiteiden tarve sekä mahdollisen pohjaveden suojauksen laajuus tulee määrittää riittävien maastotutkimustietojen perusteella. Uusilla teillä esiselvityksessä ohjelmoidaan alustavasti tarvittavat maastotutkimukset ja pohjaveden laadun seurannat. Nykyisillä teillä tutkimustietojen täydentäminen tehdään esiselvitysvaiheessa, mikäli pohjaveden virtaussuuntia, pohjaveden laatua (erityisesti veden kloridipitoisuuden vaihteluita) ja maaperän koostumusta ei tunneta olemassa olevien tietojen perusteella riittävän tarkasti. Vasta yleis- ja tiesuunnitelman laatimisen aloittaminen antaa oikeuden tehdä kiinteistöillä tutkimustöitä. Maastotutkimuksia on mahdollista tehdä ennen yleis- ja tiesuunnitteluvaihetta maanomistajan suostumuksella.

Uusilla teillä esisuunnittelun tuloksena hahmottuu hanke, jolle on alustavasti selvitetty mahdollisia vaihtoehtoisia toimenpiteitä vaikutuksineen ja kustannuksineen. Nykyisen tien parantamisen esiselvityksessä tuloksena saadaan mahdollisen pohjaveden suojauksen alustava laajuus, vesien poisjohtaminen suojatulta alueelta sekä rakentamisen alustava kustannusarvio.

Maanteiden esisuunnitteluvaiheessa vuoropuhelu käydään sidosryhmätasolla. Yhteistyössä painottuu kuntien ja maakuntien edustajien, vesihuoltolaitoksen sekä alueellisen ympäristöviranomaisen osallistuminen. Esiselvityksessä tienpitäjä ottaa kantaa kehittämistoimenpiteiden tarpeellisuuteen, ajoitukseen ja jatkosuunnitteluun. Esiselvityksistä hankitaan lausunnot, jos arvioidut vaikutukset ovat merkittäviä tai/ja laajalle kohdentuvia.

Esisuunnittelun jälkeen tehdään päätös suunnittelun aloittamisesta. Tarpeellisiksi katsottavat toimenpiteet etenevät jatkosuunnitteluun ja toteutukseen rahoituksen sallimalla aikataululla.

3.4 Yleissuunnitelma

Tien yleissuunnitelma on lakisääteinen suunnitelma, joka perustuu **liikennejärjestelmästä ja maanteistä annettuun lakiin (572/2018)**. Laissa on määritelty hankkeet, joista tulee laatia yleissuunnitelma.

Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä (13.8.2018/572)

19 § Yleissuunnitelman sisältö

Yleissuunnitelmassa on esitettävä selvitys maantien tarpeellisuudesta ja tutkituista vaihtoehdoista, tien liikenteelliset ja tekniset perusratkaisut, tien likimääräinen sijainti sekä tien arvioidut vaikutukset, kuten vaikutukset tie- ja liikenneoloihin, liikenneturvallisuuteen, maankäyttöön, kiinteistörakenteeseen ja ympäristöön sekä ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen. Suunnitelmassa tulee esittää myös mahdollisuudet haitallisten vaikutusten poistamiseksi tai vähentämiseksi sekä alustava kustannusarvio.

Yleissuunnitelmassa on esitettävä selvitys siitä, miten siinä on otettu huomioon valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman ja alueellisen liikennejärjestelmäsuunnittelun tavoitteet. Yleissuunnitelman tulee sisältää myös 15 g §:ssä tarkoitettu hankearviointi sekä 15 h §:ssä tarkoitetut suunnitteluperusteet.

Mikäli lainsäädäntö edellyttää ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA), tiehankkeen ympäristövaikutukset arvioidaan YVA -lain (**Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä, 252/2017**) mukaisesti yleissuunnitteluvaiheessa. Alueellinen ympäristöviranomainen harkitsee YVA -menettelyn tarpeellisuuden YVA -lain perusteella. YVA:ssa tarkastellaan hankkeen ympäristövaikutuksia, arvioidaan hankkeen eri vaihtoehtojen haittavaikutukset, kuvataan keinot ympäristövaikutusten lieventämiseksi sekä laaditaan hankkeen vaikutusten seurantasuunnitelma. YVA -arviointiselostuksen sisällöstä on säädetty tarkemmin **valtioneuvoston asetuksessa ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (277/2017)**.

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (5.5.2017/252)

1 luku Yleiset säännökset

3§ Lain soveltamisala ja arviointimenettelyn soveltaminen

Tätä lakia ja ympäristövaikutusten arviointimenettelyä sovelletaan hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla todennäköisesti on merkittäviä ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä arvioitavat hankkeet ja niiden muutokset luetellaan liitteessä 1.

Arviointimenettelyä sovelletaan lisäksi yksittäistapauksessa sellaiseen hankkeeseen tai jo toteutetun hankkeen muuhunkin kuin 1 momentissa tarkoitettuun muutokseen, joka todennäköisesti aiheuttaa laadultaan ja laajuudeltaan, myös eri hankkeiden yhteisvaikutukset huomioon ottaen, 1 momentissa tarkoitettujen hankkeiden vaikutuksiin rinnastettavia merkittäviä ympäristövaikutuksia.

Liite 1 Hankeluettelo

Hankkeet, joihin sovelletaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ovat:

9) liikenne:

a) moottoriteiden tai moottoriliikenneteiden rakentaminen;
b) neli- tai useampikaistaisen, vähintään 10 kilometrin pituisen yhtäjaksoisen uuden tien rakentaminen;
c) tien uudelleenlinjaus tai leventäminen siten, että näin muodostuvan yhtäjaksoisen neli- tai useampikaistaisen tieosan pituudeksi tulee vähintään 10 kilometriä;
d) kaukoliikenteen rautateiden rakentaminen;
e) lentokenttien rakentaminen, kun pääkiitotie on vähintään 2 100 metriä pitkä;
f) pääosin kauppamerenkulun käyttöön rakennettavat meriväylät, satamat, lastaus- tai purkulaiturit kantavuudeltaan yli 1 350 tonnin aluksille;
g) kantavuudeltaan yli 1 350 tonnin aluksille rakennettavat kanavat, alusliikenteen sisävesiväylät tai satamat;
h) Suomen ja Viron väliset tunnelit;

Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään kustannusten ja pohjaveden suojelun kannalta kaikkein tärkeimmät päätökset. Yleissuunnitelmaa laadittaessa tielle etsitään ympäristön, liikenteen tarpeiden ja kustannusten kannalta edullisin sijainti. Yleissuunnittelun aikana tiehankkeen vaikutuksia arvioidaan ainakin ihmisten, ympäristön, liikenteen, maankäytön ja talouden kannalta. Suunnitelmassa esitetään myös mahdollisuudet haitallisten vaikutusten poistamiseksi tai vähentämiseksi sekä alustava kustannusarvio. Yleissuunnitelmassa esitetään myös pohjavesien määrän ja laadun tarkkailun periaatteet sekä alustava arvio vesilain mukaisen luvan tarpeesta.

Erityistä huomiota tulee kiinnittää maaleikkausten ja alikulkupaikkojen sijoittamiseen ja suunnitteluun, jotta vältetään pohjaveden pinnan pysyvä alentaminen ja kalliiden kaukaloratkaisujen rakentaminen. Lähtökohtaisesti maaleikkauksia ja alikulkujen rakenteita ei tule sijoittaa pohjaveden pinnan alapuolelle. Erityisesti tämä koskee maaleikkausten ja alikulkujen sijoittamista alueille, joiden maaperä on hyvin vettä johtavaa hiekkaa, soraa tai karkeaa moreenia. Näissä maalajeissa pois pumpattavat vesimäärät voivat kasvaa suuriksi ja pohjaveden pinnan alenema voi ulottua laajalle alueelle. Lisätietoja suunnittelussa huomioon otettavista asioista löytyy **Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla** -oppaasta (Liikenneviraston oppaita 1/2013).

Yleissuunnitelman hyväksymispäätöksellä hyväksytään liikenteelliset ja tekniset perusratkaisut sekä seuraavaa suunnitteluvaihetta periaatetasolla ohjaavat muut perusratkaisut, kuten esimerkiksi erityiset ympäristörakenteet (esimerkiksi pohjavedensuojaukset). Erityisesti yleissuunnitelman hyväksymispäätöksellä hyväksytyt liikenteelliset ja tekniset perusratkaisut eivät ole valituskelpoisia tiesuunnitelmavaiheessa. Keskeistä on ratkaisujen suhde syntyviin vaikutuksiin. Liikennetekniset ja tekniset perusratkaisut sekä ohjeellisesti hyväksyttävät ratkaisut määräytyvät hankekohtaisesti.

Pohjaveteen liittyvät maastotutkimukset keskitetään yleissuunnitelman laatimiseen ja niiden tekemiseen tulee hankkeissa varata riittävä aika. Viimeistään tässä vaiheessa kerätään ja tarkistetaan olemassa olevat tiedot pohjaveden virtaussuunnista, maaperästä, kallioperän topografiasta ja ruhjeista, pohjaveden laadusta sekä alueen muista kloridilähteistä, jos tietoja ei ole kerätty esiselvitysvaiheessa. Mikäli esiselvitysvaiheesta on jo kulunut paljon aikaa, tarkistetaan, onko alueella tehty uusia tutkimuksia suunnitteluvaiheiden välillä. Vasta yleis- ja tiesuunnitelman laatimisen aloittaminen antaa oikeuden tehdä kiinteistöillä tutkimustöitä. Aloittamisesta on ilmoitettava kunnalle ja tiedotettava liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain 16 § mukaisesti. Maastotutkimuksia on mahdollista tehdä ennen yleis- ja tiesuunnitteluvaihetta maanomistajan suostumuksella. Tutkimusten suunnittelu pohjavesialueella tehdään tämän ohjeen **luvun 5** mukaisesti.

Yleissuunnitteluvaiheen tuloksena saadaan mm. tien likimääräinen sijainti, liikenne- ja tietekniset perusratkaisut, tieympäristön maisemoinnin ja viheralueiden käsittelyn periaatteet, ympäristöhaittojen lieventämisen periaatteet, vaikutusten arvioinnit, alustava kustannusarvio sekä rakentamisen tavoitteellinen ajoitus ja rakentamisvaiheet.

Yleissuunnitteluvaiheessa käydään laaja vuoropuhelu. Tienpitoviranomaisen yhteistyötahoina ovat kunnat, maakuntien edustajat, ympäristöviranomaiset, muut suunnitteluorganisaatiot, vesilaitokset, maanomistajat, paikalliset asukkaat, yrittäjät ja erilaiset kansalaisjärjestöt.

Yleissuunnitelman hallinnollinen käsittely tehdään määrämuotoisesti liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain mukaisesti. Yleissuunnitelmasta tehdään hyväksymispäätös. Yleissuunnitelman hyväksyy Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja erityisestä syystä liikenne- ja viestintäministeriö.

3.5 Tiesuunnitelma

Tiesuunnitelma on lakisääteinen suunnitelma, joka perustuu liikennejärjestelmästä ja maanteistä annettuun lakiin. Tiesuunnitteluvaiheessa määritetään tien sijainti ja korkeusasema, tietä varten tarvittavat alueet, maanteiden ja yksityisten teiden liittymät sekä muut tiejärjestelyt, kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen järjestelyt, sekä muut yksityiskohtaiset ratkaisut, kuten tienpidon ja liikenteen vaikutukset sekä haittojen torjumiseksi tai vähentämiseksi tarvittavat toimenpiteet. Tiesuunnitelmassa laaditaan hankkeen kustannusarvio ja mahdollinen kustannusten jako.

Pohjavesien suojelun osalta tiesuunnitelmassa esitetään riskien arviointi. Pohjaveden suojelun toimenpiteiden tarpeellisuuden ja mahdollisen pohjaveden suojauksen laajuuden määrittämistä varten tiesuunnittelussa tulee olla käytettävissä riittävän laajat maastotutkimukset ja tiedot vesien virtaussuunnista, pohjavesimuodostuman rakenteesta sekä pohjaveden kloridipitoisuuden muutoksista. Tiesuunnitteluvaiheessa tulee tarkistaa pohjaveden alentamistarve ja esittää laskelmat pois pumpattavien pohjavesien määrästä ja alentamisen vaikutusalueesta, sekä arvioida pohjaveden alentamisen ympäristövaikutukset. Pohjaveden alentamistarpeen ja mahdollisen alentamisen vaikutusten arvioiminen viimeistään tiesuunnitteluvaiheessa on tärkeätä siitä syystä, että tässä vaiheessa alentamisen suuruuteen voidaan vielä tasaussuunnittelulla vaikuttaa.

Mikäli yleissuunnitelmassa tai esiselvityksessä tehdyt pohjavesialueen tutkimukset ovat puutteelliset tai tutkimuksissa on havaittu täydentämistarvetta, niille tulee varata riittävä aika tiesuunnitteluvaiheen alkuun. Tutkimusten suunnittelu on esitetty tämän ohjeen **luvussa 5**.

Tiesuunnitelmavaiheessa päätetään pohjaveden suojelun keinot: suojauksen rakentaminen, vaihtoehtoisen liukkaudentorjunta-aineen käyttöönotto, pohjavedelle haitallisten aineiden kuljetusten rajoittaminen ja/tai pohjaveden seuranta. Haitallisten aineiden kuljetusten rajoittaminen toteutetaan **VAK -lain** (**Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta, 719/1994**) mukaisella menettelyllä (ks. **luku 2.4**). Jos pohjaveden suojelun toimenpiteeksi valitaan suojauksen rakentaminen, määritellään suojauksen laajuus, suojauksen rakentamisen tavoite (onnettomuushaittojen ehkäiseminen tai kloridihaittojen ehkäiseminen), pumppaamoiden tarve ja sijoitus, vesien purkupaikka sekä öljynerottimien ja altaiden tarve ja sijainti. Tiesuunnitelmassa esitetään suojaustapa (luiskasuojaus vai kaide ja viemäri) ja laskuojan tyyppi (viemäri vai loiva eroosio- ja luiskasuojattu oja), jotta tiealueen leveys voidaan määrittää. Tiesuunnitelmassa ei määritellä lopullisesti rakentamisessa käytettäviä materiaaleja. Materiaalien alustava valinta kuitenkin tehdään, jotta hankkeen kustannusarvio voidaan laatia. Paikallisten materiaalien soveltuvuus luiskasuojaukseen voi vaikuttaa merkittävästi rakentamiskustannuksiin ja se suositellaan siksi selvitettävän tarvittaessa jo tiesuunnitelmavaiheessa. Tiesuunnitelmaselostuksessa kuvataan pohjaveden tarkkailun menetelmät ennen rakennussuunnitteluvaihetta. Lähtökohtaisesti tarkkailua jatketaan rakennussuunnitteluvaiheen ajan.

Tiesuunnitelma on edellä kuvatuilta osin myöhempiä vaiheita sitova, mutta ei kuitenkaan yleensä estä luiskasuojauksen muuttamista kaiteen ja viemärin yhdistelmäksi tai laskuojan osalta viemäriksi. Jos kohteeseen tarvitaan laskeutusaltaita, niiden paikka, mitoituksen tavoitteet ja pohjan rakenne (tiivis vai läpäisevä) esitetään tiesuunnitelmassa.

Tiesuunnitelma laaditaan yleensä muutamia vuosia ennen rakentamista. Sitä voidaan tarkistaa ja täydentää vielä ennen rakentamista. Tiesuunnitelmasta ja tiesuunnitelman tarkistuksista pyydetään alueellisen ympäristöviranomaisen lausunto.

Tiesuunnitteluvaiheessa käydään vuoropuhelu asianosaisten kanssa. Vuorovaikutus kohdistuu yksityiskohtiin ja osapuolia ovat kuntien, maakuntien ja muiden viranomaisten lisäksi vesihuoltolaitokset, tien lähialueen maanomistajat, asukkaat ja yrittäjät.

Tiesuunnitelmasta tehdään hyväksymispäätös määrämuotoisesti liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain mukaisesti. Tiesuunnitelman hyväksymispäätöksen perusteella tienpitoviranomainen saa oikeuden tietä varten tarvittavan maa-alueen lunastamiseen.

Tiesuunnitelman hyväksyy Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja erityisestä syystä liikenne- ja viestintäministeriö. Hyväksymispäätökseen ei saa hakea valittamalla muutosta siltä osin kuin tien sijainti ja tekniset ratkaisut on jo hyväksytty lainvoimaisessa asemakaavassa, lainvoimaisessa oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa tai lainvoimaisessa yleissuunnitelmassa.

3.6 Rakennussuunnitelma

Rakennussuunnitelmassa päätetään pohjavedensuojausten rakentamisessa käytettävät rakenteet ja materiaalit, sekä esitetään rakentamisessa tarvittavat asiakirjat. Tiesuunnitelmassa on määritelty suojauksen laajuus, suojauksen rakentamisen tavoite (onnettomuushaittojen tai kloridihaittojen ehkäiseminen) sekä suojaustapa (luiskasuojaus vai kaide ja viemäri), laskuojan tyyppi (viemäri vai loiva eroosio- ja luiskasuojattu oja) sekä mahdollisten viivytys- ja laskeutusaltaiden mitoituksen tavoitteet ja pohjan rakenne (tiivis vai läpäisevä). Tiesuunnitelma on myöhempiä vaiheita sitova, mutta ei kuitenkaan yleensä estä luiskasuojauksen muuttamista kaiteen ja viemärin yhdistelmäksi tai laskuojan osalta viemäriksi.

Rakennussuunnitteluun liittyy yleensä tarkentavien pohjatutkimusten tekeminen erityisesti pohjanvahvistusten ja siltapaikkojen osalta. Pohjavesisuojauksiin liittyen rakennussuunnitteluvaiheen tutkimuksilla selvitetään erityisesti paikallisten materiaalien soveltuvuutta luiskasuojauksen eri rakennekerroksiin. Materiaalitutkimuksilla selvitetään myös, tarvitaanko luiskasuojauksessa muovikalvon päällä suojamateriaalia. Pohjaveden suojelutoimenpiteet ja mahdollinen päätös suojauksen rakentamisesta on tehty jo tiesuunnitelmavaiheessa. Mikäli rakennussuunnitteluvaiheessa kuitenkin havaitaan pohjaveden suojelutoimenpiteiden valintaan ja suojauksen rakentamisen tarpeeseen vaikuttavia seikkoja, tulee nämä ottaa huomioon suunnitelmassa yhteistyössä alueellisen ympäristöviranomaisen ja vesilaitoksen edustajien kanssa.

Jos hankkeella on tarpeen käyttää normaalia jyrkempiä luiskia, tehdään rakennussuunnitteluvaiheessa geoteknisiä tutkimuksia ja laskelmia luiskan lujittamistarpeen selvittämiseksi. Jyrkkien luiskien kohdalla luiskasuojauksen vaihtoehtona voidaan käyttää betonikaidetta ja hulevesiviemäriä **luvun 7** mukaisesti. Rakennussuunnitelmassa varmistetaan myös, että käytetyt putkitukset ovat halkaisijaltaan riittäviä kohteen vesimäärille.

Uusien teiden rakentamisessa käytetään usein ST-urakkamuotoa (suunnittele ja toteuta), jossa urakoitsija saa suunnitella käytettävät rakenteet ohjeiden ja kohdekohtaisten vaatimusten perusteella. On melko tavallista, että urakoitsija korvaa osan tiesuunnitelmassa esitetyistä luiskasuojauksista kaiteella ja viemärillä. Varsinkin pengerosuuksilla tämä voi parantaa suojauksen pitkäaikaiskestävyyttä ja alentaa kustannuksia, minkä vuoksi tätä ei pitäisi ilman perusteltua syytä estää. Myös hulevesien käsittelyssä tarvittavaa allasta voidaan siirtää rakennuskustannusten kannalta edullisempaan paikkaan. Urakoitsijan suunnittelemiin muutoksiin tarvitaan ST-urakassa tilaajan lupa, jota varten tilaaja pyytää alueellisen ympäristöviranomaisen lausunnon, jos muutos voi vaikuttaa haitallisesti pohjaveteen tai vesistöön, johon hankkeelta johdetut vedet puretaan.

Kohdekohtaisissa ST-urakoiden vaatimuksissa erikseen määritellyillä osuuksilla voidaan sallia urakoitsijalle myös tien korkeusaseman ja sijainnin muuttaminen tiesuunnitelmassa määritellyn tiealueen sisällä.

Suurin osa materiaalien laatuvaatimuksista on esitetty InfraRYL:ssä. **InfraRYL luku 14231** sisältää myös mallikuvat läpivienneistä ja turvalliset luiskakaltevuudet. Niiden periaatteista ei pitäisi poiketa rakennussuunnitelmassa ilman erityisiä perusteluita.

Yleissuunnitelma- ja tiesuunnitelmavaiheessa aloitettua pohjavesitarkkailua jatketaan lähtökohtaisesti rakennussuunnitteluvaiheen ajan. Pohjavesialueille rakennettaville teille laaditaan rakennussuunnitelmassa rakentamisen aikainen pohjavedentarkkailuohjelma. Suunnitelma on suositeltavaa laatia yhteistyössä alueellisen ympäristöviranomaisen ja vesilaitoksen edustajien kanssa.

Rakennussuunnitelmassa esitetään myös periaatteet rakentamisen aikaisten haittojen estämiseksi pohjavesille ja pintavesille. Suunnitelmassa esitetään esimerkiksi kaikki arat vesistöt, joihin ei saa rakentamisenkaan aikana päästä samentuneita vesiä.

3.7 Rakentaminen

Vaatimukset rakentamisen menetelmille on esitetty **InfraRYL**issä ja rakenteiden kelpoisuuden osoittamiselle **InfraRYL**issä ja Väyläviraston **Urakoitsijan laaturaportointi** -ohjeessa. Pohjaveden suojausrakenteet ja niiden toteutusurakat ovat tavanomaisia tien rakennusurakoita vaativampia urakoita. Koska rakenteiden ja materiaalien kunnon ja toimivuuden todentaminen jälkikäteen rakenteita rikkomatta ei ole käytännössä mahdollista, urakoitsijan on dokumentoitava rakentamisen vaiheet ja lopputulos huolellisemmin ja kattavammin kuin muissa töissä. Tätä asiaa on kuvattu tarkemmin Väyläviraston ohjeessa **Urakoitsijan laaturaportointi**. Lisäksi pohjaveden suojausrakenteiden rakentamisurakoissa lisätään tilaajan valvontaa tavanomaisesta. Tilaajan laadunvalvojan tulee aktiivisesti seurata, että toiminta on vaaditun mukaista ja että se raportoidaan vaaditulla tavalla.

Urakoitsijan laaturaportointiohjeen ajatuksena on se, että kaikki maahan peitettävät rakenteet, joiden laatua on myöhemmin mahdotonta todeta, on dokumentoitava huolellisesti. Laatudokumentointia täydennetään tilaajan pistokoetarkastuksilla.

Pienikin vuoto tiivistysrakenteessa ojan pohjan vesijuoksun kohdalla saattaa vaikuttaa koko ylemmän suojauksen toimivuuteen. Tästä syystä laadunhallinnassa tulee keskittyä tunnistamaan ojan pohjassa tai muualla vesijuoksun kohdalla olevat vauriot suojauksessa. Esimerkiksi ojan pohjan pituussuuntainen muovikalvon virheellinen limitys on haitallinen. Vesijuoksun yläpuolella olevilla vaurioilla on pienempi vaikutus toimivuuteen.

Rakentamisen aikana havaitut poikkeamat pohjamaassa voivat edellyttää tehtyjen rakennussuunnitelmien muuttamista. Suojausalueen laajuuden, suojaustavan (luiskasuojaus tai betonikaide) ja vesien purkupaikan muuttaminen edellyttää keskustelua hankkeen tilaajan lisäksi alueellisen ympäristöviranomaisen kanssa. Jos tehdyt muutokset suunnitelmiin ovat vähäistä suurempia, voivat ne edellyttää tiesuunnitelman päivityksen laatimista ja uuden tiesuunnitelman hyväksymispäätöksen tekemistä.

Rakennettaessa tietä pohjavesialueelle maankaivu, pintamaiden välivarastointi, kallion louhinta ja ojitukset tehdään siten, että niistä ei aiheudu pohjaveden likaantumista tai haitallisia muutoksia pohjaveden määrään. Pohjaveden määrän tai laadun muuttaminen vaatii usein vesilain mukaisen luvan tai ilmoituksen tekemisen (ks. **luvut 2.5.1 ja 3.2**). Pohjaveden likaantumista voi aiheuttaa esimerkiksi humuspitoisten pintavesien imeytyminen pohjaveteen. Pohjaveden määrää

voivat vähentää esimerkiksi pohjaveden kuivatuspumppaus tai rakentamisen aikainen pohjaveden hallitsematon purkautuminen.

Pohjaveden suojausten rakentamisjärjestyksen suunnittelussa otetaan huomioon sekä pohjavesialueen haavoittuvuuden lisääntyminen rakentamisaikana että maakerrosten tiivistämisen, tiiviiden pintamaiden poistamisen ja vesitiiviiden pintojen rakentamisen vaikutukset hulevesien määrään ja vesien imeytymiseen hankealueella.

Työmaan toimintojen sijoittelussa otetaan huomioon päästöriskit pohjaveteen. Asfalttiasemia ei sijoiteta pohjavesialueille. Murskausaseman sijoittaminen pohjavesialueelle on mahdollista, mikäli aseman käyttövoima otetaan sähköverkosta. Kaluston säilytys tapahtuu pohjavesialueen ulkopuolella aina, kun se on mahdollista. Työkoneita ei saa säilyttää pohjavesialueilla, ellei seisontapaikkaa ole suojattu vuotojen estämiseksi. Seisontapaikan pohjan tarpeellinen tiiviys saadaan aikaan esimerkiksi bentoniittimatolla. Työkoneiden ja laitteiden huolto ja pesu sekä tankkaus ja polttoaineiden varastointi tulee suorittaa pohjavesialueen ulkopuolella. Työmaalla käytettävät öljyt, liuottimet ja muut haitalliset aineet sijoitetaan suoja-altaisiin, jotka estävät mahdollisten vuotojen tai liuottimien käytön aiheuttamien valumien suotautumisen maaperään ja edelleen pohjaveteen. Työmaajätteitä käsiteltäessä ja varastoitaessa tilapäisesti työmaalla huolehditaan siitä, etteivät ne aiheuta pohjaveden pilaantumista. Nestemäisiä jätteitä käsiteltäessä varmistutaan, etteivät ne pääse työmaalla tai kuljetuksen aikana valumaan maaperään.

Kun pohjaveden suojausrakenne on toteutettu, laaditaan tien kunnossapitäjää ja pelastusviranomaisia varten pohjaveden suojausrakenteen toteutumapiirustukset ja pohjaveden suojauksen kuvauksen tämän ohjeen **luvun 8** mukaisesti.

Tavoitteena on, että toteutumapiirustukset olisivat nopeasti saatavilla onnettomuustilanteissa.

3.8 Kunnossapito

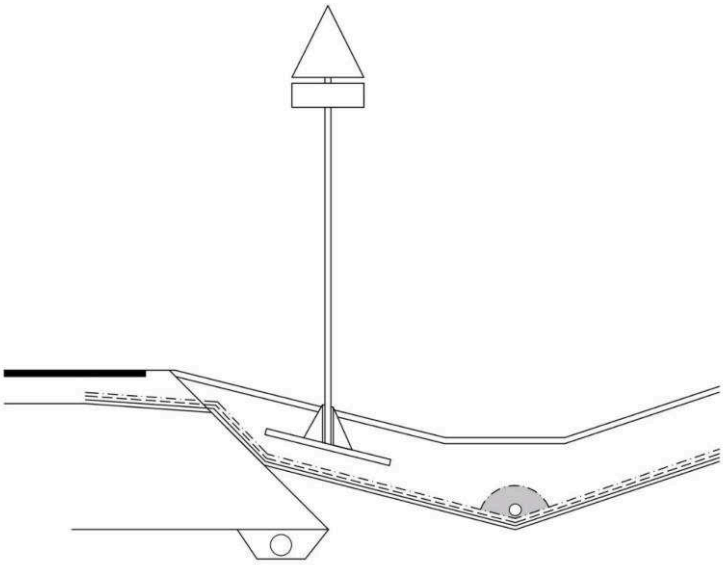
3.8.1 Pohjaveden suojausten varominen

Pohjavesialueet ja pohjaveden suojausrakenteet ovat maanteiden kunnossapidossa erikoiskohteita ja niiden hoitoon liittyy rajoituksia, jotka tulee hoidon suunnittelussa ja toteutuksessa ottaa huomioon. Hoidon suunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan **maanteiden hoidon ja ylläpidon tuotekortteja** ja mahdollisia työkohtaisia tarkennuksia sekä viheralueiden hoidossa Väyläviraston ohjeita **Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä** ja **Kohdekohtainen viherhoito tieympäristössä**. Maanteiden viherhoitoluokka pohjavesialueen ja pohjaveden suojauksen kohdalle merkitään Y (Ympäristötekijä), koska kohteilla on erityisiä pohjavesiarvoja. Pohjaveden suojauksen kuvaukseen sisällytetään maanteiden hoidon erityisvaatimukset pohjaveden suojauksen kohdalla. Tieympäristön viherhoidon osalta laaditaan viherhoidon hoitokortti.

Pohjaveden suojausrakenteiden osuuksilla tieympäristön ja rakenteiden kunnossapidossa noudatetaan seuraavia periaatteita:

Läpiviennit:

- Luiskasuojausten kohdalla ei saa tehdä reikiä ja läpivientejä lähelle ojanpohjaa esimerkiksi liikennemerkkien asentamista varten. Mahdolliset läpiviennit tehdään vähintään 0,5 m ojanpohjaa ylemmäksi ja maan pinta muotoillaan siten, että pintavaluma kiertää läpivientikohdan. Kaivamalla tehdyt läpiviennit tiivistetään bentoniittimatolla tai -maalla. Suositeltavinta on käyttää liikennemerkeissä laattaperustuksia, joiden upotussyvyys on enintään 0,3 m, jolloin ei tarvita läpivientejä tiivistyskerrokseen (kuva 1).
- Painamalla asennettu aurausviitta, reunapaalu tai kaidepylväs ei vaadi erikoistiivistystä, jos maa viettää laitteesta pois päin. Maan pinta muotoillaan siten, että pintavaluma kiertää läpivientikohdan.



Kuva 1. Esimerkki liikennemerkin asentamisesta laattaperustukselle siten, että tiivistyskerrokseen ei tarvitse tehdä läpivientiä.

Niitto ja vesakonraivaus:

- Niitto tehdään vuosittain koko luiskasuojauksen alalta. Luiskasuojatuilla pohjavesialueilla on huolehdittava myös sellaisten kasvustojen poistamisesta, joiden juuret voivat vaurioittaa suojausrakenteita.
- Pensaiden ja puiden alut niitetään vuosittain myös sellaisten laskuojien luiskista, joissa on bentoniittimattoon perustuva luiskasuojaus.
- Pohjaveden suojausten viivytys- ja laskeutusaltaiden vesakonraivaukset tehdään kolmen vuoden välein.

Konetyöt pohjaveden luiskasuojausten kohdalla:

- Kaikissa tapauksissa konetöissä pohjaveden luiskasuojausten päällä on varmistettava ennen töihin ryhtymistä, ettei suojauksen pintaan synny haitallisia painumia ja renkaan jälkiä. Töitä siirretään tarvittaessa kuivempaan ajankohtaan.
- Raskaiden työkoneiden ajoa luiskasuojauksen päällä on vältettävä.
- Normaalipainoisella traktorikalustolla saa ajaa loivaluiskaisella (1:6–1:10) keskialueella samoin moottoritien tai muun loivaluiskaisen (1:4) tien sisäluiskassa ja ojan pohjassa. Näissäkin tapauksessa ehtona on, että luiskaan ei jää haitallisia painumia ja renkaan jälkiä. Ajamista ulkoluiskassa ja jyrkässä sisäluiskassa (jyrkempi kuin 1:4) tulee välttää.

3.8.2 Pohjaveden suojausten kunnon tarkastukset

Kloridisuojausten ja betonikaiteellisten viemäröityjen pohjaveden suojausten kuivatusjärjestelmän toimivuuteen on kiinnitettävä kunnossapidossa erityistä huomiota. Toimiva kuivatus on edellytys kloridisuojauksen toimivuudelle, sillä siten poistetaan muovikalvoa ja bentoniittimattoa kuormittava pysyvä vedenpaine.

Pohjaveden suojausrakenteiden osuuksilla kunnon tarkastuksissa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Luiskasuojausten kohdalla ei yleensä käytetä lietepesällisiä tarkastuskaivoja. Salaojien tarkastamista ja puhdistamista varten salaojakaivoon on asennettu luiskasuojausrakenteissa yleensä tarkastusputkia tai haaroja, jotka tarkastetaan säännöllisesti.
- Viivytys- ja laskeutusaltaat tarkastetaan kolmen vuoden välein kuivana ajankohtana. Viivytys- ja laskeutusaltaista poistetaan lietettä tarpeen mukaan. Jos liete on noussut alle 100 mm päähän altaan purkuputken alareunasta tai purkuojan vesijuoksun pohjasta, selvitetään, kuinka syväksi allas on suunniteltu ja kuinka paljon lietettä on altaassa kuivana aikana. Pohjaveden suojauksen kuvauksesta varmistetaan, onko altaan pohjassa tiivistyskerros vai muu maakerros. Lietteen poistaminen suunnitellaan niin, että tiivistysrakennetta ei rikota.
- Luiskasuojausosuuksilla luiskien kunto tarkastetaan vuosittain. Tarkastuksessa selvitetään, onko sivuojan suojausrakenteen pinnassa suistuneen auton jättämiä tai kaivamisesta aiheutuneita jälkiä, onko luiskaan asennettu liikennemerkki tai muu varuste tai onko luiskassa eroosiovaurioita.
- Luiskasuojattujen laskuojien luiskien eroosiovauriot ja pysyvyys tarkastetaan vuosittain. Valuneiden suojausten korjaaminen on erittäin vaikeaa.
- Betonikaiteista tarkastetaan 10 vuoden välein saumojen kunto elementtien alareunassa.
- Betonikaiteiden kunto tarkistetaan ja vauriot korjataan kaidetörmäysten jälkeen. Rajussa raskaan ajoneuvon törmäyksessä betonielementtikaide liikkuu 0,5 – 1 m sivuun. Paikalla liukuvalettu betonikaide liikkuu vähemmän.
- Päällysteet tarkastetaan ensimmäisen kahden vuoden aikana vuosittain. Suurin osa poikkihalkeamista ja muista halkeamista syntyy ensimmäisten vuosien aikana.

3.8.3 Pohjaveden suojausten korjaustoimenpiteet

Pohjaveden suojausten rakenteiden korjaustoimenpiteet päätetään tapauskohtaisesti. Korjaustoimenpiteiden suunnittelussa otetaan huomioon seuraavat asiat:

Läpiviennit:

- Erityisesti ojan pohjan tai tiivistyskerroksen vesijuoksun kohdalla olevat jäljet ja läpiviennit on arvioitava huolella ja vuotokohdat on tiivistettävä. Jos pistemäinen kaivukohta on vähintään 0,5 m ojan pohjaa ylempänä tai luiskasuojausrakenteessa oleva reikä on tiivistyskerroksessa vähintään 0,5 m vesijuoksua ylempänä, vaurio korjataan muotoilemalla maan pinta siten, että pintavaluma kiertää kohdan.

- Liikennemerkin läpiviennit tiivistetään bentoniittimaalla. Maan pinta muotoillaan siten, että pintavaluma kiertää läpivientikohdan.

Eroosiovauriot ja sortumat:

- Eroosion syövyttämät kohdat luiskasuojauksissa tai suojatuissa laskuojissa voidaan ensimmäisellä kerralla tasoittaa paikallisella maa-aineksella. Jos eroosio toistuu, tehdään eroosiosuojaus esimerkiksi karkeasta murskeesta. Bentoniittimatolla ja mahdollisesti muovilla suojatussa jyrkkäluiskaisessa tai jyrkästi viettävässä laskuojassa olevien eroosiovaurioiden kohdalla tulee tarkistaa, onko tiivistemateriaali tai maa valunut.

Vesitiivis päällyste:

- Halkeamien saumaus tehdään joko juottamalla tai avarrussaumaamalla. Avarrussaumausmenetelmä on kuvattu Väyläviraston ohjeessa **Päällysteiden paikkaus**.
- Juottamalla voidaan paikata sellaiset halkeamat, joiden kautta ei virtaa isoja vesimääriä tierakenteeseen. Näitä ovat kaksipuolisesti kallistetun tien keskihalkeama, poikkihalkeamat tien kuperien taitteiden lähistöllä sekä alle 3 mm levyiset muut poikkihalkeamat.
- Kiireellisimpiä avarrussaumaamalla korjattavia halkeamia ovat tien leventämisestä aiheutuneet saumahalkeamat sekä pituuskaltevalla paikalla olevat leveät poikkihalkeamat, joihin virtaa merkittäviä vesimääriä tien pinnalta.
- Jos vesitiiviin päällysteen päällä on halkeaman havaitsemishetkellä toinen päällystekerros, harkitaan tapauskohtaisesti, tehdäänkö avarrussaumaus vesitiiviiseen päällystekerrokseen vai ylempään päällystekerrokseen. Päällysteen heijastushalkeilusta johtuen vain ylimpään kerrokseen tehty avarrussaumaus ei välttämättä ole pysyvä korjausmenetelmä, jos päällysteelle tehdään myöhemmin REM-käsittely. REM-käsittely on uusiopäällystysmenetelmä, jossa vanha päällyste kuumennetaan ja jyrsitään irti alustasta, sekoitetaan paikalla sideaine- ja kiviainenslisäyksen kanssa sekä tasoitetaan ja tiivistetään uudeksi päällysteeksi.
- Uran pohjassa olevien liikenteen kuormituksesta aiheutuneiden halkeamien korjaaminen arvioidaan tapauskohtaisesti. Jos vesitiiviin päällystekerroksen päällä on toinen päällystekerros, halkeamat korjaantuvat seuraavan uudelleenpäällystyksen tai REM-käsittelyn yhteydessä ilman avarrussaumausta.
- Jos vesitiivis päällystekerros on tien ainoa päällystekerros ja se vaurioituu laajasti, sen päälle tulisi tehdä uusi vesitiivis päällyste.

Pohjaveden suojausrakenteille tehdyistä tarkastuksista ja korjaavista toimenpiteistä pidetään kirjaa. Samalla pidetään ajan tasalla pohjaveden suojauksen kuvaus. Mahdollisista virheistä ja muuttuneesta tilanteesta tehdään merkintä pohjaveden suojauksen kuvaukseen ja päivitetyt tiedot toimitetaan pelastusviranomaiselle.

3.8.4 Pohjaveden suojausten kuntokartoitukset

Pohjaveden suojausten kunto on aika-ajoin syytä selvittää erillisissä kartoituksissa. Erillinen kuntokartoitus tehdään pohjaveden suojauksiin perehtyneen, hoitourakoitsijasta riippumattoman asiantuntijan tekemänä kävelytarkastuksena ja siinä selvitetään, arvioidaan ja raportoidaan vähintään seuraavat asiat:

- pohjaveden suojausten kuvauksissa havaitut puutteet ja virheet
- maastossa havaitut pohjaveden suojauksen kuvauksesta poikkeavat ratkaisut
- suojauksen merkintätapa maastoon ja merkinnän kunto
- toiminnan kannalta kriittiset puutteet tai vauriot suojausrakenteissa ja järjestelmissä
- luiskien kunto ja mahdolliset eroosiovauriot
- betonikaiteiden kunto ja mahdolliset vauriot
- rumpujen, kaivojen ja putkistojen kunto ja mahdolliset puutteet kunnossapidossa
- betonikaideosuuksien kuivatuksen toimivuus
- kuivatuksen yleinen toimivuus (seisova vesi sekä painumat tai kohoumat ojissa)
- puuvartinen kasvillisuus suojatulla alueella
- kuvauksesta poikkeavat liikennemerkkien ja varusteiden asennukset sekä mahdolliset telekaapeleiden tai muiden vastaavien järjestelmien asennukset
- kunnostus- ja jatkotoimenpide-ehdotukset
- ehdotukset pohjaveden suojausten kuvauksen, tiestötietojen, kunnossapidon ohjeistuksen sekä pelastusviranomaisille tarkoitettujen toimintaohjeiden päivittämisestä

3.8.5 Teiden talvihoito pohjaveden suojausalueilla

Teiden talvihoito pohjavesialueilla tehdään Väyläviraston ohjeen **Maanteiden talvihoito – Menetelmätieto** ja tämän ohjeen mukaisesti. Suolan käyttöä voidaan tapauskohtaisesti rajoittaa kloridikuormituksen vähentämiseksi. Kloridipitoisuuden nousun kannalta riskialttiiden pohjavesialuekohteiden liukkaudentorjunnassa voidaan käyttää vaihtoehtoisina liukkaudentorjunta-aineina kaliumformiaattia tai natriumformiaattia.

Kaliumformiaatin käyttöä ei suositella alueilla, joilla on toimiva vuonna 2000 tai sen jälkeen rakennettu muovilla suojaamaton bentoniittimattoon tai -maahan perustuva luiskasuojaus.

Lunta ei saa aurata niin suurella nopeudella, että suolainen lumi lentää suojaamattomalle alueelle. Lumen aurausnopeutta lasketaan sekä betonikaiteellisilla pohjaveden suojausosuuksilla (**luku 7.3 Suojaus betonikaiteella**) että luiskasuojausosuuksilla, joissa suojaus on esimerkiksi maisemallisista syistä toteutettu tavanomaista kapeampana (**luku 7.4.1 Luiskasuojausten leveys, kuva 5**). Aurausnopeus valitaan siten, että suolainen lumi ei lennä betonikaiteen yli suojaamattomaan tieluiskaan. Puhdas suolaton lumi voidaan aurata normaalinopeudella.

3.8.6 Vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttökohteiden valinta

Tienpidon ensimmäinen vaihtoehto pohjavesialueella on aina liukkaudentorjunta natriumkloridilla tavanomaisten laatuvaatimusten mukaisesti, koska näin voidaan varmistaa liikenteelle tasalaatuisempi keliolosuhde ja parempi liikenneturvallisuuden taso. Mikäli pohjaveden kloridipitoisuudet kuitenkin nousevat maantien liukkaudentorjunnasta johtuen, harkitaan ja mahdollisesti kokeillaan toimisiko kohteella suolauksen rajoittaminen. Mikäli kloridipitoisuudet edelleen nousevat maanteiden liukkaudentorjunnasta johtuen, harkitaan formiaattipohjaisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttöä. Väyläviraston ohjeen **Maanteiden talvihoito – Menetelmätieto** mukaisesti maanteiden liukkaudentorjunnassa on ei ole sallittua käyttää muita vaihtoehtoisia liukkaudentorjunta-aineita kuin kaliumformiaattia tai natriumformiaattia. Formiaattipohjaisten liukkaudentorjunta-aineiden käytössä ja käyttökohteiden valinnassa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Otetaan huomioon vesienhoidon toimenpideohjelmissa esitetyt suositukset ja erityisesti vedenottamot.
- Otetaan huomioon Suomen ympäristökeskuksen laatima muistilista kaliumformiaatin käyttökohteiden valintaa varten (tämän ohjeen **liite 5** ja SYKE:n www-sivu)
- Pohjaveden pinnan yläpuolisen soran kerrospaksuuden tulisi olla mieluiten yli 4 m. Mikäli pintamaakerros sisältää runsaasti orgaanista ainesta ja ravinteita, riittää pohjaveden yläpuolisten hiekkakerrosten paksuudeksi 1 – 2 m. Tärkeää on, että formiaatti ennättää hajota ennen joutumistaan pohjaveteen.
- Käytettyjen liukkaudentorjunta-aineiden sisältämien lisäaineiden mahdolliset ympäristölle haitalliset vaikutukset selvitetään etukäteen. Käytettävä formiaatti ei saa sisältää korroosionestoaineita.
- Käytettäessä formiaattipohjaisia liukkaudentorjunta-aineita pohjaveden laadunseurantaan lisätään ainakin kalium, natrium, TOC, happipitoisuus, alkaliteetti, pH, sähköjohtavuus ja kloridi. Formiaattimääritys voidaan tehdä tarvittaessa, jos muut parametrit, kuten TOC-pitoisuuden nousu ja happipitoisuuden lasku, antavat aihetta epäillä formiaattia kulkeutuneen pohjaveteen saakka.
- Mikäli valuma- tai sulamisvesiä päätyy runsaasti vesistöön suhteessa sen vesimassan tilavuuteen, tulee formiaatin vaikutusta esimerkiksi hapen kulumiseen selvittää tarkemmin. Tavallisesti formiaatti hajoaa nopeasti pintavesissä alhaisissakin lämpötiloissa. Todennäköisesti kaliumformiaatin pitkäaikainen käyttö nostaa maaperän pH-arvoa K-ionin pidättyessä maaperään. Kaliumformiaatin pitkäaikaisvaikutuksia kasvilajien esiintymiseen ja kasvillisuuden kuntoon ei tunneta.
- Alueilla, joissa luiskasuojauksena on maatiiviste tai toimimattomaksi osoittautunut bentoniittimatto, voidaan harkita kaliumformiaatin tai natriumformiaatin käyttöä (vrt. **luku 3.8.5**).

3.9 Muut työt tiealueella

3.9.1 Maaperätutkimukset

Ennen maaperätutkimusten tekemistä maaperätutkija selvittää, onko alueella kaapeleita tai putkistoja ja tilaa kaapelinäytöt (**Sähkömarkkinalaki 110 § ja Laki sähköisen viestinnän palveluista 241 §**). Lisäksi on selvitettävä, onko alueella pohjaveden luiskasuojauksia tai paineellista pohjavettä. Tavoitteena on, että luiskasuojausten rajat kartoitetaan ja viedään samaan järjestelmään kuin kaapeleiden sijainti eli Liikenne- ja viestintäviraston verkkotietopisteeseen (**luku 8.2.3**). Silloin kaapelitietojen pyytäjä saisi pyytämättäkin tiedon luiskasuojauksista.

3.9.2 Luvanvaraiset työt

Työhön, joka kohdistuu maantiehen tai tapahtuu tiealueella ja edellyttää liikenteen ohjausta ja varoittamista liikennemerkein, tarvitaan ELY-keskuksen lupa. Luvan tarve on kuvattu **laissa liikennejärjestelmästä ja maanteistä (42 §)**. Myös kertaluontoiset työt vaativat työluvan. Luvanvaraisia töitä ovat mm. sähkö-, tele-, vesihuolto-, kaukolämpö- ja joidenkin maakaasujohtojen ja rakenteiden sijoittaminen tiealueelle. Myös maaperätutkimukset voivat vaatia työluvan. Poikkeuksena on puupinon sijoittaminen tienvarteen ja sen noutaminen maantien kautta seutu- ja yhdysteillä.

Johtoja koskevissa Väyläviraston ohjeissa ja määräyksissä edellytetään, että johtoreitin suunnittelija selvittää johtoreitillä olevat pohjaveden suojaukset lupapalvelun sivustolta löytyvän kartan avulla. Määräys johtojen ja rakenteiden sijoittamisesta maantien tiealueelle toteaa, että sijoituslupia ei myönnetä pohjaveden suojausrakenteeseen. Jos suojauksen yhteyteen on asennettu suojaputkia, niitä voi hyödyntää.

3.9.3 Toiminta onnettomuustilanteissa

Pelastusviranomainen päättää toiminnasta onnettomuustilanteissa. Toiminnan tueksi pelastusviranomainen tarvitsee välittömästi kartan, jossa pohjaveden suojausten sijainti on kuvattu sekä **luvussa 8.1** esitetyn mukaisen pohjaveden suojauksen kuvauksen. Pohjaveden suojauksen kuvauksessa voidaan antaa kohdekohtaisia toimintaohjeita.

Toiminta onnettomuustilanteissa riippuu mm. veden virtauksesta, kaatuneesta ajoneuvosta vuotaneen haitallisen aineen määrästä ja laadusta sekä pohjaveden suojaustavasta (luiskasuojaus tai viemäröinnillä varustettu betonikaide). Pohjaveden suojauksen toimintaperiaatteena on estää haitallisen aineen suora pääsy pohjaveteen. Joissakin pohjaveden suojauksissa on sulkukaivoja, joilla voidaan padottaa vettä jonkin aikaa. Luiskasuojauksen toimintaperiaatteena onnettomuustilanteissa on pidättää haitallista ainetta niin, että se ehditään kerätä maakerroksista ennen kuin se pääsee pohjaveteen tai purkuvesistöön. Altaan toimintaperiaatteena onnettomuustilanteissa on pidättää haitallista ainetta niin, että se ehditään kerätä altaasta ennen kuin se pääsee purkuvesistöön.

Joissakin tapauksissa mahdollinen toimintatapa kerätä maahan valunutta kemikaalia onnettomuustilanteessa voi olla kaivaa kuoppa luiskasuojauksen tiivistyskerroksen vesijuoksun kohdalle. Vesijuoksu on yleensä ojan pohjan kohdalla. Tällöin kaivaminen on tehtävä niin, että tiivistyskerroksen muovi ja bentoniittimatto eivät vaurioidu. Maakerrosten pinnalla ja muovin pinnalla mahdollisesti virtaava neste kertyy kuoppaan ja voidaan pumpata kuopasta pois. Näin estetään alempana vesijuoksulla olevien maakerrosten, vesistöjen ja suojaamattomien pohjavesialueiden likaantuminen. Haitallisen aineen likaamat maakerrokset kaivetaan tarvittaessa pois. Tapauskohtaisesti arvioidaan, ulotetaanko kaivu tiivistyskerrokseen saakka vai jätetäänkö tiivistyskerroksen päälle suojakerros, jotta muovi ja bentoniittimatto eivät vaurioidu.

Betonikaiteeseen ja viemäröintiin perustuvassa pohjaveden suojauksessa betonikaide estää yleensä ajoneuvojen suistumisen betonikaiteen taakse. Haitalliset aineet voidaan tällöin kerätä päällysteen päältä, hulevesiviemärin kaivoista tai mahdollisista altaista. Myös luiskasuojauksessa voi olla haitallisten aineiden keräämiseen soveltuvia hulevesi- ja tarkastuskaivoja.

Jos ajoneuvo suistuu tieosuudella, jossa ei ole luiskasuojausta tai suistuu luiskasuojauksen ulkopuolelle, haitallista ainetta sisältävä maa-aines pyritään poistamaan mahdollisimman nopeasti. Luiskasuojauksen leveys sekä alku- ja loppukohdat esitetään **luvun 8.1** mukaisessa pohjaveden suojauksen kuvauksessa. Luiskasuojauksen alku- ja loppukohdat tien pituussuunnassa on voitu merkitä myös maastossa luiskaan asetetuilla merkeillä.

4 Pohjaveden suojelutoimenpiteiden valinta

4.1 Yleistä suojelutoimenpiteistä

Väyläviraston ympäristötoimintalinjan mukaisesti tienpidon ja liikenteen pohjavesiriskejä ja pohjavedelle aiheutuvia haittoja pyritään vähentämään suunnittelemalla uudet väylät pääsääntöisesti pohjavesialueiden ulkopuolelle, seuraamalla pohjavesien kloridipitoisuutta, ohjaamalla pohjavesille haitallisten aineiden kuljetuksia pois pohjavesialueelta, vähentämällä tiesuolan käyttöä sekä rakentamalla pohjavesisuojauksia. Keskeisessä asemassa ovat myös liikenneturvallisuutta parantavat ja onnettomuusriskiä vähentävät toimet kuten keskikaiteiden rakentaminen, liittymäjärjestelyjen parantaminen ja tievalaistus.

Mahdollisia pohjaveden riskienhallinta- ja suojelutoimenpiteitä maanteillä ovat:

- pohjaveden kloridipitoisuuden seuranta,
- suolauksen (NaCl ja $CaCl_2$) vähentäminen,
- vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttö,
- pohjavedelle haitallisten aineiden kuljetusten rajoittaminen,
- maantien hulevesien hallittu johtaminen pois alueelta,
- kaiteen rakentaminen onnettomuuksien varalle tai
- pohjaveden suojauksen (betonikaide ja hulevesiviemäri tai luiskasuojaus) rakentaminen.

Pohjaveden kloridipitoisuuden seurannalla pyritään selvittämään kloridipitoisuuden kehittymissuunta. Uudella tai raskaasti parannettavalla tiellä seuranta aloitetaan, mikäli epäillään, että tiehanke saattaa aiheuttaa kloridipitoisuuksien merkittävää kohoamista pohjavesialueella.

Jos pohjaveden kloridipitoisuus on jo selvästi kohonnut tienpidon ja liikenteen vaikutuksesta, harkitaan muiden pohjaveden suojelutoimenpiteiden käyttöönottoa. Tienpidon ensimmäinen vaihtoehto pohjavesialueilla on aina liukkaudentorjunta natriumkloridilla tavanomaisten laatuvaatimusten mukaisesti, koska näin voidaan varmistaa liikenteelle tasalaatuisempi keliolosuhde ja parempi liikenneturvallisuuden taso. Liukkaudentorjunnassa voidaan käyttää natriumkloridin ja kalsiumkloridin sijasta vaihtoehtoisia liukkaudentorjunta-aineita tai harkita suolauksen rajoittamista **luvun 3.8.6** mukaisesti. Vaikutukset liikenneturvallisuuteen tulee aina arvioida ja tarvittaessa esimerkiksi alentaa nopeusrajoitusta.

Rajoittamalla pohjavesille haitallisten aineiden kuljetuksia pohjavesialueilla voidaan pienentää vakavien ympäristövahinkojen riskiä pohjavesialueilla sijaitsevilla maanteillä. Merkittävimmät uhkat pohjavesille aiheutuvat kevyiden öljytuotteiden, kuten kevyt polttoöljy, petroli ja bensiini, kuljetuksista. Myös nestemäiset helposti imeytyvät elintarvikkeet tai jätteet voivat aiheuttaa haittaa pohjavesille. Kuljetusten rajoittamista voidaan harkita (ks. **luku 2.4**), jos riski pohjavesille on merkittävä ja vaihtoehtoinen kuljetusreitti on olemassa.

Maantien hulevesien hyvällä hallinnalla voidaan vähentää väylärakenteille ja ympäristölle aiheutuvia haittoja, kuten likaisten hulevesien aiheuttamaa pohjaveden ja pintavesistöjen pilaantumista sekä turvata pohjaveden riittävä muodostuminen myös rakennettaessa vesitiiviitä rakenteita. Hallintatoimenpiteisiin

voi sisältyä esimerkiksi hulevesien viivyttäminen, suodattaminen tai imeyttäminen.

Mikäli päädytään rakentamaan pohjaveden suojaus, kloridilta ja onnettomuuksilta suojaavia vaihtoehtoja ovat luiskasuojaus, betonikaiteen ja hulevesiviemärin yhdistelmä tai koko tierakenteen läpi tehty tiivistyskerros. Pelkkä onnettomuussuojaus voidaan toteuttaa luiskasuojauksella tai ohjeen **Tiekaiteiden suunnittelu** mukaisesti valitulla kaiteella. Eri vaihtoehtojen toiminnallisia eroja on kuvattu **luvussa 7.1**.

4.2 Riskitekijöiden tunnistaminen

Pohjaveden suojelutoimenpiteiden tarpeen arvioinnin perustana on tienpidon ja liikenteen riskien ja vaikutusten arviointi. Suojelutarpeen arviointia sovelletaan kaikilla luokitelluilla pohjavesialueilla. Toimenpiteiden tarvetta tarkastellaan koko pohjavesialueella ja erityistä huomiota kiinnitetään vedenottamoihin ja pohjaveden muodostumisalueisiin. Myös yksityiset talousvesikaivot ja orsivesi otetaan tarkastelussa huomioon. Suojelutarpeen arviointi tehdään esisuunnitteluvaiheessa tai yleissuunnitteluvaiheessa. Mikäli arviointia ei ole tehty esi- tai yleissuunnitteluvaiheessa, tehdään arviointi viimeistään tiesuunnitteluvaiheen aluksi.

Pohjaveden suojelutoimenpiteiden tarpeeseen vaikuttavat taulukossa 1 esitetyt tekijät. Arviointia varten niistä hankitaan lähtötiedot. Tienpidon ja liikenteen riskejä sekä niiden poistamiseksi tarvittavia toimenpiteitä on voitu selvittää jo aikaisemmin pohjavesialueen suojelusuunnitelmassa ja vesienhoidon toimenpideohjelmissa, sekä tieriskirekisteriin (TSRR) liittyen. Tarvittaessa tietoja riskitoiminnoista voidaan tarkentaa myös esim. kysymällä vesihuoltolaitokselta.

Pohjavesien suojelutarpeen arvioinnissa ja suojelutoimenpiteiden valinnassa otetaan huomioon tienpidon ohjeiden ja toimintalinjojen muutokset sekä esimerkiksi ilmastonmuutoksen vaikutukset. Ohjetyön yhteydessä on arvioitu, että tarpeet kloridipitoisuuden seurannalle, liukkaudentorjunnan muuttamiselle ja pohjavesille haitallisten aineiden kuljetusten rajoittamiselle tulevat lisääntymään.

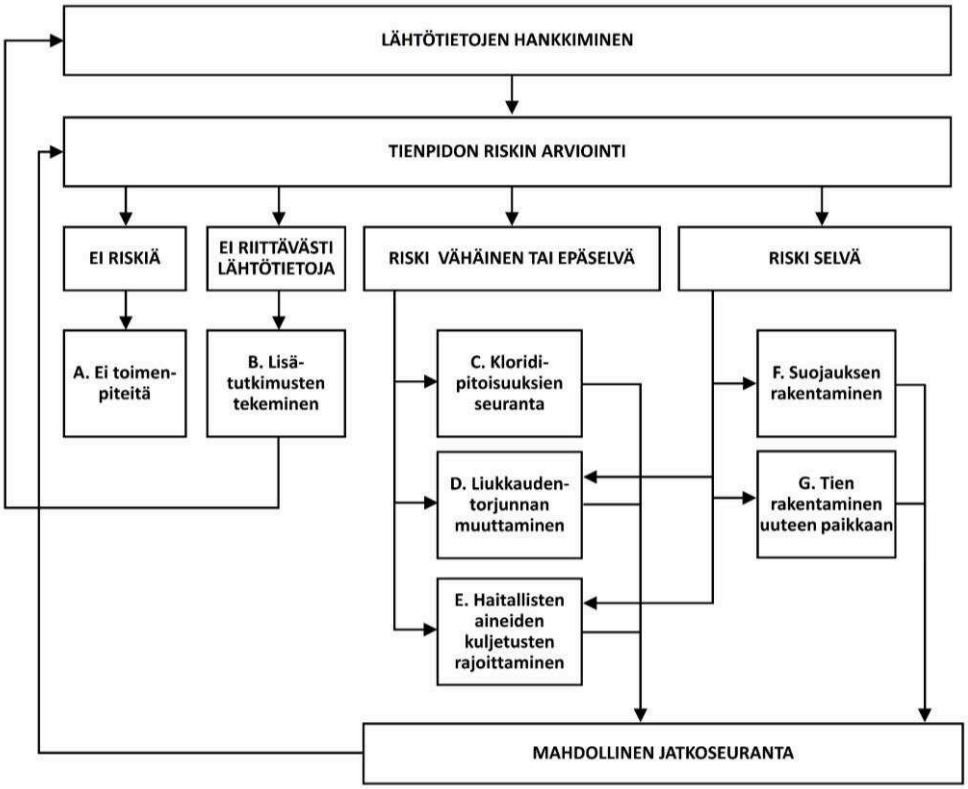
Taulukko 1. Pohjaveden suojelutoimenpiteiden tarpeeseen vaikuttavat tekijät ja niiden arviointikriteerit.

Riskitekijä		**Arviointikriteerit**
Tiepito ja liikenne	tien sijainti pohjavesialueella	• sijaitseeko tie varsinaisella pohjaveden muodostumisalueella vai pohjavesialueen reunavyöhykkeellä • sijaitseeko tie pohjavesialueella pitkittäissuuntaan vai poikittaissuuntaan • onko tien ja pohjavesialueen (mahd. vedenottamon) välillä hyvin vettä johtavia kallioperän ruhjeita
	tien ominaisuudet	• tien geometria (mäkisyys, kaarteet) ja liittymät suhteessa liikennemäärään ja nopeusrajoitukseen
	suolausmäärä	• vuosittainen suolausmäärä t/km toteutumatiedon tai tulevan talvihoitoluokan perusteella arvioituna, tieto hoitourakoiden raportoinnista (Harja-järjestelmä) • talvihoidon taso suhteessa liikennemäärään ja nopeusrajoitukseen vaikuttaa suistumisonnettomuuksien todennäköisyyteen
	pohjavedelle haitallisten aineiden kuljetukset: arvio tehdään haitta-ainekohtaisesti vain, jos tiellä on tavanomaista enemmän siihen liittyviä kuljetuksia	• kuljetusmäärät (VAK-kuljetusten 5-vuotisselvityksen tiedot, tienpitäjältä tai kunnalta mahdolliset tarkentavat tiedot VAK-kuljetuksista ja muista haitallisten aineiden kuljetuksista) • vilkkaan haitallisten aineiden kuljetusten lähtö- tai määräpaikan läheisyys • ajo-olosuhteet • kuljetettavan aineen haitallisuus pohjaveden käytölle talousvetenä • haitta-aineen kulkeutumismekanismi ja kulkeutumisnopeus pohjavedessä • haitta-aineen haitallisuus suojausmateriaaleille (mm. asfaltti ja luiskasuojauksen muovikalvo)
Pohjavesialueen maaperä	pohjavesialueen maakerrokset ja kallionpinnan sijainti	• pohjavesialueen koko • virtausta ohjaavat hienoaineskerrokset • kalliopinnan sijainti • kalliokynnykset • hyvin vettä johtavat maakerrokset • maakerrosten paksuus
	pohjaveden virtauskuva	• virtaussuunnat tien ja vedenottamon välillä • virtausnopeus • pohjavesipinnan taso • akviferityyppi
Pohjavesialueen herkkyys ja nykyinen ja suunniteltu käyttö vedenotossa	pohjavesialueen luokitus	• kuuluminen 1 ja 2 luokkaan • kuuluminen E luokkaan • tieriskirekisterissä TSRR:ssä esitetty pohjavesialue-tie-parin riskiluku
	talousveden otto	• pohjavesialueen merkitys yhdyskuntien vedenhankinnalle
	veden laatu	• seurantatiedot vedenottamolta ja mahdollisista pohjavesiputkista • mitatut kloridipitoisuudet • muut kloridilähteet pohjavesialueella

4.3 Etenemistavan valinta

Pohjaveden suojelutoimenpiteiden tarpeeseen vaikuttavien riskitekijöiden tunnistaminen tehdään **luvun 4.2 mukaisesti**. Jos riski on selvä, edetään suojelutoimenpiteen valintaan **kuvassa 2** esitetyn kaavion ja jäljempänä tarkemmin esiteltyjen kohtien A-G mukaisesti. Jos riski on vähäinen tai epäselvä, yleensä jatketaan pohjaveden laadun seurantaa ja edetään tarvittaviin toimenpiteisiin seurannan tulosten perusteella. Jos lähtötietoja ei ole riittävästi, niitä hankitaan lisää. Jos tienpidon ja liikenteen pohjavesiriskejä voidaan pitää vähäisinä, ei toimenpiteitä toteuteta.

Suojelutoimenpiteen valinnassa arvioidaan eri toimenpiteiden soveltuvuutta ja vaikutuksia kyseessä olevalle pohjavesialueelle sen erityispiirteet huomioon ottaen. Valinnassa otetaan huomioon myös eri hyödyt ja haitat tiehankkeelle. Arviointi voidaan tehdä asiantuntija-arviona vuorovaikutuksessa hankkeen eri osapuolten kanssa, tässä ohjeessa esitettyjä periaatteita noudattaen. Jos pohjaveden kloridipitoisuus on jo selvästi kohonnut tienpidon ja liikenteen vaikutuksesta, harkitaan muiden pohjaveden suojelutoimenpiteiden käyttöönottoa täydentämään kloridipitoisuuksien seurantaa. Jos riski on selvä ja suojelutoimenpiteiden tarpeen arvioinnissa päädytään esittämään pohjaveden suojauksen rakentamista, esitetään arvio myös pohjaveden suojauksen tarvittavasta pituudesta ja pohjaveden luiskasuojauksen leveydestä.



Kuva 2. Pohjaveden suojelutoimenpiteiden valinta

A. Ei toimenpiteitä

Pohjaveden suojelun tasoa voidaan tiesuolauksen ja vaarallisten aineiden kuljetuksen näkökulmasta pitää hyvänä, kun veden kloridipitoisuustaso on alle 10 mg/l, pitoisuuksien osalta ei ole havaittavissa nousevia trendejä ja tieriskirekisterin (TSRR) mukainen riskiluku alle 65

Lisäksi tienpidon ja liikenteen pohjavesiriskejä voidaan pitää vähäisinä kun:

- pohjaveden virtaus ei suuntaudu tieltä vedenottamolle tai suunnitellulle vedenottoalueelle
- tien suolaus tulee olemaan alle 4 t/km/vuosi ja vaarallisten aineiden kuljetuksia on vähän

Pohjaveden suojausta ei tarvitse rakentaa niillä pohjavesialueen osilla, joilla vettä johtavien karkearakeisten maakerrosten päällä on vettä heikosti läpäiseviä hienorakeisia maakerroksia, kuten esimerkiksi 3 m:n paksuinen kerros savea (Sa), hiesua (Hs) tai hienoa hietaa (HHt), joista kaksi jälkimmäistä vastaa rakeisuudeltaan GEO-luokituksen silttiä. Pintakerroksen vedenläpäisevyyden tulee silloin täyttää pohjaveden suojelulle asetetut tavoitteet ja olla paksuudeltaan ja laajuudeltaan sellainen, ettei rakentamisen yhteydessä pääse syntymään yhteyttä alempiin vettä johtaviin kerroksiin eivätkä maaleikkaukset ohenna pohjavettä suojaavia kerroksia haitallisesti. Pintakerros ja maantien kuivatusjärjestelmä on suunniteltava siten, että purkuvedet eivät pääse imeytymään pohjavesialueen vettä johtaviin kerroksiin.

B. Suoritetaan lisätutkimuksia

Usein suunnittelun alussa huomataan, että pohjaveden virtaussuuntia, pohjaveden kloridipitoisuutta ja vedenottamoiden vaikutusalueita ei tunneta riittävästi. Lisätutkimukset kohdennetaan **luvun 5** ja Väyläviraston ohjeen **Geotekniset tutkimukset ja mittaukset** mukaisesti. Mikäli uusien pohjavesiputkien asentaminen havaitaan tarpeelliseksi, putkien sijaintipisteiden valinnassa voidaan käyttää tämän ohjeen **luvun 5.3.5** ja **liitteen 3** lisäksi esimerkiksi myös Suomen Vesiyhdistyksen opasta **Pohjavesitutkimusopas (2005)**.

Tutkimusten tärkeänä tavoitteena on selvittää, onko pohjaveden virtaussuunta tiealueelta kohti ottamoa tai suunniteltua vedenottoaluetta. Ennen kuin lisätutkimuksiin ryhdytään, selvitetään alueiden kaivojen ja jo asennettujen pohjavesiputkien sijainnit ja mahdollisuudet virtaussuuntien määrittämiseen näiden tulosten avulla. Lisätutkimuksia ovat esimerkiksi pohjavesiputkien sijoittaminen paikkoihin, joissa virtaussuunta on epäselvä, ja pohjaveden virtausta ohjaavien maa- ja kalliopintojen selvittäminen. Tutkimuksista on hyötyä myöhemminkin esimerkiksi tienpidon pohjavesivaikutusten seurannan suunnittelussa, ja ne helpottavat selvitystyötä myös tilanteissa, jolloin pohjaveden likaantumisen aiheuttaja on kiistanalainen. Myös vaarallisten aineiden onnettomuuspäästöjen puhdistustyö ja veden laadun jälkiseuranta ovat tehokkaampia, kun pohjavesialueen virtauskuva on selvillä.

Lisätutkimuksia virtaussuunnan selvittämiseksi ei tarvita, jos pohjaveden virtaussuunta tunnetaan jo tehdyn seurannan ja tutkimusten perusteella. Lisätutkimuksia ei myöskään tarvita, jos tien liukkaudentorjunta on vähäistä eivätkä vaarallisten aineiden kuljetukset poikkea määrältään ja laadultaan tavanomaisesta (**luku 2.4**).

C. Seurataan kloridipitoisuuksia

Normaalitilanteessa voi seurannan osalta riittää vesihuoltolaitoksen pohjavesialueella tekemä seuranta. Mikäli pohjaveden kloridipitoisuudessa havaitaan nouseva trendi, siirtyy vastuu seurannan järjestämisestä tienpitoviranomaiselle. Kloridiseuranta järjestetään tapauskohtaisen tarpeen mukaan siten, että sillä saadaan riittävän luotettava kuva tiesuolauksen vaikutuksesta pohjaveden kloridipitoisuuteen ja mahdolliset nousevat trendit havaitaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Seurannassa voidaan hyödyntää vesilaitoksen tekemää tarkkailua täydennettynä tarpeen mukaan lisänäytteillä.

Vastuu kloridipitoisuuden seurannasta on tienpitäjällä, kun jokin seuraavista ehdoista toteutuu:

- veden kloridipitoisuus vedenottamolla tai olemassa olevissa pohjavesiputkissa on noususuunnassa tiesuolauksesta johtuen ja uhkaa ylittää asetetut ympäristölaatunormit
- kun halutaan selvittää pohjaveden virtauksen suuntautuminen tiealueelta vedenottamolle tai kun tie sijaitsee olemassa olevan vedenottamon välittömässä läheisyydessä
- tiesuolan käyttö ylittää ohjeellisen arvon 4 t/km/v
- pohjavesialueella on muita kloridipitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä tai useita teitä ja halutaan selvittää tiesuolauksen vaikutus pohjaveden kloridipitoisuuteen.

Tunnusomaista maanteiden liukkaudentorjunnasta johtuvalle veden kloridipitoisuuden kohoamiselle on kloridipitoisuuden nopea nousu ja vaihtelu vuodenaikojen mukaan. Tiesuolauksen vaikutus voidaan todeta myös muun mahdollisen kloridilähteen (esim. asutus, kaatopaikat, meren läheisyys) puuttumisen perusteella.

Jos tarkasteltavan tien osuus kloridipitoisuuksien kohoamisesta vedenottamolla on epäselvä, tarvitaan vedenottamon lisäksi veden laadun seurantaa pohjavesiputkista.

D. Muutetaan liukkaudentorjuntaa

Liukkaudentorjuntaa voidaan muuttaa joko suolausta vähentämällä tai ottamalla käyttöön vaihtoehtoisia liukkaudentorjunta-aineita. Mikäli pohjaveden kloridipitoisuuden on havaittu kohoavan tiesuolauksen vaikutuksesta, mutta pohjaveden suojauksen rakentamisen edellytykset eivät kuitenkaan täyty kohdan F mukaisesti, voidaan kokeilla suolauksen vähentämistä. Mikäli suolauksen vähentämisellä ei päästä haluttuun tulokseen tai liukkauden torjunnan tason todetaan heikentyvän liikaa, voidaan natrium- ja kalsiumkloridi korvata kokonaan tai osittain formiaattipohjaisilla liukkaudentorjunta-aineilla **lukujen 3.8.5 ja 3.8.6** mukaisesti.

Tehtäessä muutoksia liukkaudentorjuntaan on huomattava, että suolan käytön vähentäminen ja vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttö saattavat lisätä onnettomuuksia, mikä voi aiheuttaa riskin myös pohjavedelle. Onnettomuuksien välttämiseksi tienkäyttäjiä varoitetaan liikennemerkeillä liukkaudentorjunnassa tapahtuneista muutoksista ja tarvittaessa tien nopeusrajoitusta alennetaan.

E. Pohjavedelle haitallisten aineiden kuljetusten rajoittaminen

Kun pohjaveden suojausta ei voida rakentaa esimerkiksi maisema- tai luontoarvojen perusteella, mutta vaarallisten kuljetusten aiheuttamat riskit todetaan pohjavedelle merkittäviksi ja vaihtoehtoinen reitti on olemassa, voidaan harkita pohjavesialueen kautta kulkevien VAK-kuljetusten rajoittamista.

Vaarallisten aineiden kuljetusten osalta periaatteena on, että niitä ei pohjavesialueilla kokonaan kielletä. Peruslähtökohtana on, että VAK keskittymäalueilla maanteiden nopeusrajoitukset ja talvihoitoluokka pohjavesialueilla asetetaan niin, että onnettomuudet pyritään välttämään. Mikäli kuljetusten kieltämiseen tai osittaiseen rajoittamiseen päädytään ja VAK-kuljetuksille on löydettävissä korkeatasoinen vaihtoehtoinen rinnakkainen yhteys, noudatetaan soveltuvin osin Väyläviraston ohjeen **Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa lukua 6** Kuljetusrajoitukset ja vaihtoehtoiset reitit. VAK-lain mukaisesti Väyläviraston ei voi hakea lupaa VAK:n rajoittamiseksi pohjavesialueilla, vaan hakijana tulee olla kunta. Lain mukaan kunnan on myös tiedotettava rajoituksesta. Tienpitäjä voi esittää VAK-kuljetuksille reittisuosituksia, joista tiedotetaan kuljetusyrityksille.

F. Pohjaveden suojauksen rakentaminen

Pohjaveden suojaus on rakennettava uudelle maantielle tilanteissa, joissa seuraavat kolme ehtoa toteutuvat:

- Pohjavesialueella on käytössä oleva vedenottamo tai suunniteltu vedenottoalue.
- Pohjaveden virtaus suuntautuu tieltä vedenottamolle tai suunnitellulle vedenottoalueelle.
- Tien suolaus tulee olemaan yli 8 t/km/v tai vaarallisten aineiden kuljetuksia tulee olemaan yli 100 000 t/v.

Lisäksi suojaus rakennetaan olemassa olevalle tielle raskaan parantamisen yhteydessä, jos tien aiheuttamat riskit vedenottamolla tai suunnitellulla vedenottamolla ovat merkittäviä. Riskin voidaan katsoa olevan merkittävä, jos pohjaveden kloridipitoisuus vedenottamolla on yli 25 mg/l tai pitoisuustaso pohjavesialueella on selvästi kohoamassa.

Pohjaveden suojausta ei tarvitse rakentaa niillä pohjavesialueen osilla, joilla vettä johtavien karkearakeisten maakerrosten päällä on vettä heikosti läpäiseviä hienorakeisia maakerroksia (ks. kohta A).

Jos tien rakentamisen aiheuttama riski pohjaveden laadulle on selvä, mutta suojausta ei voida syystä tai toisesta rakentaa, selvitetään mahdollisuudet vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttöön ja pohjavedelle haitallisten aineiden kuljetusten rajoittamiseen.

Jos pohjavesialue on pieni ja paikallisesti merkittävä, vedenottamo sijaitsee hyvin lähellä tietä (alle 100 m:n etäisyydellä) tai pohjavesialue tai sen osa-alue on virtauskuvaltaan ympäristöstään vettä keräävä, harkitaan suojauksen rakentamista jo 8 t/km/v alhaisemman suolausmäärän perusteella.

Ohjeellista suolauksen raja-arvoa 8 t/km/v voidaan nostaa, jos tie sijaitsee pohjavesialueen reunalla tai pohjaveden muodostumisaluetta hipoen ja suolauksen aiheuttama haitta pohjavesialueelle ja vedenotolle on tutkimuksin todettu vähäiseksi.

G. Tien rakentaminen uuteen paikkaan

Vanhan tien tai sen liikenteen siirtämistä pois pohjavesialueelta voidaan tapauskohtaisesti harkita pohjaveden suojauksen rakentamisen vaihtoehtona.

5 Pohjavesialueen tutkimukset

5.1 Pohjavesialueen tutkimusten tavoite ja tutkimustulosten hyödyntäminen

Pohjavesialueiden maanteiden suunnitelmaratkaisujen tulee perustua riittävään määrään pohjatutkimustietoja. Maastotutkimuksia tehdään uusilla teillä yleissuunnitteluvaiheessa ja olemassa olevilla teillä esisuunnitteluvaiheessa. Tutkimusten tavoitteena on selvittää riittävällä tarkkuudella suunnittelualueen maaperäolosuhteet ja hydrogeologiset taustatiedot pohjaveden suojauksen tarpeen ja laajuuden määrittämistä varten. Tutkimusten ohjelmoinnissa otetaan huomioon, että suojaustoimenpiteiden tarpeeseen ja suojauksen lopulliseen laajuuteen vaikuttavat sekä vettä johtavien maakerrosten sijainti että pohjaveden virtaussuunnat alueella. Maastotutkimukset ajoitetaan esi- ja yleissuunnitelmavaiheeseen. Pohjavesialueiden pohjatutkimusten tuloksia tarvitaan mm.:

- tienpidon riskinarviointiin,
- suojaustarpeen ja suojauksen laajuuden arviointiin,
- pohjaveden suojelemiseksi tarvittavien toimenpiteiden suunnitteluun,
- vesinäytteenoton suunnitteluun ja vedenlaadun seurantatulosten tulkintaan,
- liukkaudentorjunnan vaikutusten seurantaan,
- rakennetun suojauksen toimivuuden arviointiin,
- pohjaveden likaantumisen aiheuttajan selvittämiseen, ja
- onnettomuustilanteiden jälkeisten pelastus- ja puhdistustoimien suunnitteluun ja seurantaan.

5.2 Olemassa olevan tiedon kokoaminen

Pohjavesialueen tutkimusten suunnittelua varten hankitaan taustatiedoiksi ainakin:

- alueen geologiset, hydrogeologiset ja geofysikaaliset taustatiedot,
- sijainti- ja seurantatiedot alueella olemassa olevista vedenottamoista, kaivoista, lähteistä ja pohjaveden havaintoputkista,
- pohjavesialueen suojelusuunnitelma ja/tai geologinen rakenneselvitys (jos on tehty) ja
- vedenottoon ja -laatuun liittyvät aiemmat selvitykset.

Pohjavesialueiden tutkimustietoja kertyy viranomaisten suorittaman seurannan ja selvitysten sekä toiminnanharjoittajien tekemän tarkkailun myötä. Tietoa tuottavat kunnat, vesilaitokset, tarkkailuvelvolliset toiminnanharjoittajat, alueelliset ympäristöviranomaiset ja Geologian tutkimuskeskus (GTK). Tutkimustietoja voivat tuottaa myös tienpitoviranomaiset joidenkin pohjavesialueiden kloridiseurannasta sekä ympäristö- tai maa-ainesluvanvaraista toimintaa harjoittavat, kaatopaikat, teollisuuslaitokset, huoltamot, turkistarhat ja pilaantuneiden maiden kunnostushankkeet, mikäli ympäristölupa velvoittaa pohjaveden laadun tarkkailuun.

Pohjavesialueiden tausta- ja tutkimustietoja on saatavilla ympäristöhallinnon ylläpitämästä avoimesta ympäristötietojärjestelmästä, joka sisältää tiedot pohjavesialueiden rajauksista ja luokista, pohjaveden havaintoputkien sijainnista ja tarkkailusta sekä kunkin pohjavesialueen hydrogeologisen kuvauksen. Tietojen tarkkuus ja määrä riippuvat alueella tehtyjen tutkimusten kattavuudesta. Pohjavesialuekohtaisessa hydrogeologisessa kuvauksessa on kerrottu muodostumatyyppi, pohjaveden päävirtaussuunta/suunnat, pohjaveden purkautumispaikat ja mahdolliset vedenjakajat, pohjavesipinnan syvyys ja pohjaveden yleinen laatu, muodostuman rakenne ja maa-aineksen laatu, reunaosien maaperä, kallioperän topografia, kallioperän ruhjeet ja kallioperän laadun mahdollinen vaikutus pohjaveden laatuun. Pohjavesialueen suojelusuunnitelmien tai geologisten rakenneselvitysten yhteydessä on yleensä tehty tarkentavia maastotutkimuksia kuten kairauksia, pohjavesiputkien asennuksia ja pohjaveden pinnan mittauksia sekä geofysikaalisia tutkimuksia.

Ympäristöhallinto ylläpitää myös liukkaudentorjunnan pohjavesivaikutusten arviointia ja niiden seurantaa palvelevaa viranomaiskäyttöön tarkoitettua tieriskirekisteriä (TSRR), jonka tiedot voivat olla hyödyllisiä suunnittelun lähtötietoina.

GTK:n tuottamia aineistoja kuten harjujen ja reunamuodostumien geologisia rakenneselvityksiä voi ladata käyttöön Hakku ja Lähde -palveluista. Hakku -palvelusta rakennemallien pintamalliaineisto on saatavissa myös sähköisessä muodossa. Lähde – palvelusta löytyy GTK:n tuottamaa tutkimustietoa Suomen pohjavesialueista. Palveluissa on sekä tutkimusraportteja että paikkatietoaineistoa (esimerkiksi kallionpinnan ja pohjavesipinnan korkeustasot, pohjavesivyöhykkeen paksuus, pohjaveden pinnan yläpuolisen maakerroksen paksuus, kairaustietoja, havaintoputkien tietoja sekä tulkittua painovoimamittaustietoa).

5.3 Maastotutkimukset

5.3.1 Ohjeet ja yhteistyö

Maastotutkimusten suunnittelussa otetaan huomioon hankkeen suunnitteluvaihe ja olemassa olevan aineiston ja aikaisemman tutkimustiedon kattavuus ja laatu. Maastotutkimusohjelma on suositeltavaa laatia yhteistyössä ympäristöviranomaisen kanssa, jolloin ohjelmasta ei tarvitse pyytää erillistä lausuntoa. Maastotutkimusmenetelmät valitaan tapauskohtaisesti riippuen tutkimusten tavoitteesta sekä pohjavesimuodostuman geologiasta. Tutkimusohjelmaa laadittaessa on otettava huomioon pohjavesialueen mahdolliset rajauspuutteet ja epätarkkuudet sekä maantien nykyinen tai suunniteltu tasaus. Mikäli pohjavesialueen rajauksen paikkansapitävyyttä epäillään tai kun rajauksessa ilmenee tarkennustarpeita, tutkimuksia tehdään myös pohjavesialueen rajojen ulkopuolella.

Olemassa olevan tien parantamista suunniteltaessa pohjaveden virtaussuuntien ja pohjaveden kloridipitoisuuksien selvittäminen pohjavesimuodostuman eri osissa on ensiarvoisen tärkeää.

Maantiehankkeissa tehtyjen maastotutkimusten raportointi tehdään Väyläviraston ohjeen **Geotekniset tutkimukset ja mittaukset** mukaisesti. Maastotutkimusten tulokset toimitetaan hankkeen aineistoihin ja lisäksi pohjatutkimusten

tiedot toimitetaan GTK:n ylläpitämään pohjatutkimusrekisteriin ja pohjavesiputkien ja pohjaveden laadunseurannan tiedot Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämään pohjavesitietojärjestelmä POVET:iin.

Aikaisemmin tehtyjä pohjatutkimuksia voi tarkastella ja ladata käyttöön GTK:n ylläpitämästä Pohjatutkimusrekisteristä.

5.3.2 Maastokartoitus

Ennen muiden maastotutkimusten ohjelmointia kohteessa on suositeltavaa suorittaa maastokartoitus, joka käsittää pohjavesimuodostuman pintaosan geomorfologisen havainnoinnin ja maastossa mahdollisesti olemassa olevien hiekka- ja soraleikkausten sedimentologisen kartoituksen. Lisäksi kartoitetaan pohjavesimuodostuman läheisyydessä olevat kalliopaljastumat. Kalliopaljastumatiedoilla on suuri merkitys suunniteltaessa ja tulkittaessa geofysikaalisia tutkimuksia, sekä mallinnettaessa kallioperän korkeutta. Lisätutkimusten alustavat sijoituspaikat on hyvä suunnitella jo ennen maastokartoitusta ja tarkastaa niiden sijoitus maastossa.

Maastokartoitusten aikana on mahdollista tarkastaa myös olemassa olevien pohjavesiputkien kunto ja mitata pohjaveden pinnan korkeudet putkissa ja yksityiskaivoissa sekä kartoittaa pohjavesien purkautumispaikat. Ennen maastokartoitusta selvitetään pohjavesiputkien kunto- ja pinnankorkeustiedot sekä pohjaveden purkautumispaikkojen sijainti ja tyyppi alueelliselta ympäristöviranomaiselta.

5.3.3 Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät

Maaperäkairausten ja pohjaveden havaintoputkien asennuksen lisäksi voi pohjavesialueen tutkimuksissa olla syytä käyttää geofysikaalisia menetelmiä, jos alueella ei ole aiemmin tehty muodostuman geologista rakennetta kartoittavia tutkimuksia tai jos aikaisempien selvitysten perusteella voidaan epäillä tien ja vedenottamon välillä olevan virtaukseen vaikuttavia kalliokynnyksiä tai vettä läpäisemättömiä maakerroksia. Geofysikaalisilla tutkimuksilla saadaan mittauslinjalta tietoa kalliopinnan vaihtelusta, maakerrosten paksuudesta ja maakerrosten jatkuvuudesta.

Pohjavesialueiden tutkimuksissa yleisimmin käytettyjä geofysikaalisia menetelmiä ovat maatutkaluotaus, painovoimamittaus, sähköinen vastusluotaus ja seismiset luotaukset. Käytettävät geofysikaaliset tutkimusmenetelmät ja eri vaihtoehdot riippuvat maa- ja kallioperäolosuhteista. Tavallisesti käytettävien menetelmien soveltuvuutta eri tyyppisten pohjavesimuodostumien tutkimuksiin on arvioitu **taulukossa 2**.

Taulukko 2. Geofysikaalisten menetelmien soveltuvuus erityyppisten muodostumien tutkimisessa (Hanski, M. (toim.) 2010 mukaan)

	Maatutkaluotaus	**Painovoimamittaus**	**Vastusluotaus**	**Refraktioseisminen luotaus**
Hyvin lajittuneet, kerrospaksuudeltaan yli 20 m sora- ja hiekkamuodostumat	***	****	***	***
Hyvin lajittuneet, kerrospaksuudeltaan alle 20 m sora- ja hiekkamuodostumat	****	****	***	**
Moreenimuodostumat, heikosti lajittuneet reunamuodostumat ja rantakerrostumat	**	*	**	***
Savipeitteiset sora- ja hiekkamuodostumat	-	***	****	***
"Vanhat, moreenipeitteiset harjut"	*	****	***	***
Pohjavesialueen rajauksen menetelmät	**	****	**	***
**** soveltuu erittäin hyvin, *** soveltuu hyvin, ** soveltuu, * soveltuu varauksella, - ei käytetä				

Geofysikaalisilla mittauksilla voidaan selvittää pohjaveden pinnan likimääräinen korkeus, maakerrosten paksuudet ja kerrosrajat, kalliopinnan asema ja virtausta rajoittavat kalliokynnykset, savi- ja silttikerrokset (orsivesi) ja mahdolliset ruhjevyöhykkeet. Tienpitoon liittyvissä tutkimuksissa geofysikaalisia tutkimuslinjoja tulisi olla pohjavesialueella 1–2 kpl tien suuntaisesti ja n. 3 kpl tien poikkisuuntaan. Osa mittauslinjoista suunnitellaan kulkemaan vedenottamon tai suunnitellun vedenoton sekä olemassa olevien tai uusien asennettavien pohjaveden havaintoputkien kautta.

Mittaustulosten tulkinnassa käytetään referenssinä kairauksia, maanäytteiden testaustuloksia ja pohjaveden havaintoputkista mitattavia tietoja. Jos pohjatutkimuksia ja pohjavesiputkia ei ole käytettävissä, tehdään luotausten tulosten lopullinen tulkinta kairausten ja pohjavesiputkien asennusten jälkeen. Tulkintatulosten tarkkuuden kannalta merkittävää on pohjavesiputkien ja geofysikaalisten mittauslinjojen sijainnin ja korkeusaseman sitominen tunnettuun koordinaatisto- ja korkeusjärjestelmään. Tarkan pohjaveden pinnan korkeuden määrittämiseksi pohjavesiputkien korkeusasema tulee olla tiedossa.

Geofysikaalisten tutkimusten menetelmäkuvaukset on esitetty Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen (SGY) **Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät** (1993) -oppaassa ja **Maatutkaluotaus** (1991) -oppaassa. Pohjavesialueiden maastotutkimusten osalta tärkeimmistä menetelmistä on esitetty liitteessä 3 lyhyet tiivistelmät.

5.3.4 Maaperäkairaukset

Raskas porakonekairaus soveltuu tutkimusmenetelmäksi erityisesti pohjavesialueille, koska pohjavesimuodostumissa maakerrospaksuudet ovat usein suuria ja maaperä on karkearakeista. Porakonekairauksen etuna muihin menetelmiin verrattuna on, että sillä saadaan luotettavasti määritettyä kallionpinnan korkeusasema ja voidaan ottaa maanäytteitä. Porakonekairauksen yhteydessä voidaan myös asentaa pohjaveden havaintoputki.

Pohjavesialueen reunoilla, jossa karkearakeisen maa-aineksen päällä on usein hienorakeisia maakerroksia, voidaan käyttää myös muita kairausmenetelmiä. Suositeltavia menetelmiä ovat erityisesti paino- ja puristinheijarikairaus, mutta myös pisto-, lyönti- ja tärykairaukset voivat tulla kysymykseen.

Eri kairausmenetelmien soveltuvuutta erityyppisten pohjavesimuodostumien tutkimisessa on vertailtu **taulukoissa 3 – 5**.

Taulukko 3. Pohjavesitutkimuksissa yleisesti käytettävien kairausmenetelmien (raskaat menetelmät, kalustona GM200 tai vastaava) soveltuvuus erityyppisten muodostumien tutkimisessa (Hanski, M. (toim.) 2010 mukaan)

Raskaat menetelmät (kalustona GM200 tai vastaava)			
	Porakonekairaus (1	**Maanäytteenotto (2**	**Pohjavesiputkien asennus (3**
Hyvin lajittuneet, kerrospaksuudeltaan yli 20 m sora- ja hiekkamuodostumat	****	****	****
Hyvin lajittuneet, kerrospaksuudeltaan alle 20 m sora- ja hiekkamuodostumat	***	***	****
Moreenimuodostumat, heikosti lajittuneet reunamuodostumat ja rantakerrostumat	**	***	*
Savipeitteiset sora- ja hiekkamuodostumat	**	***	****
"Vanhat, moreenipeitteiset harjut"	-	***	***
Pohjavesialueen rajauksen menetelmät	-	**	**
**** soveltuu erittäin hyvin, *** soveltuu hyvin, ** soveltuu, * soveltuu varauksella, - ei käytetä 1) Maaputkella, kalliovarmistus 2) Maanäytteenotto, maaputkikairaus 3) Uusien pohjavesiputkien asennus ja korkotasoon sitominen (maaputkella)			

Taulukko 4. Pohjavesitutkimuksissa yleisesti käytettävien kairausmenetelmien soveltuvuus (keskiraskaat menetelmät, kalustona GM100 tai vastaava) erityyppisten muodostumien tutkimisessa (Hanski, M. (toim.) 2010 mukaan)

Keskiraskaat menetelmät (kalustona GM100 tai vastaava)			
	Porakonekairaus (1	Maanäytteenotto (2	Pohjavesiputkien asennus (3
Hyvin lajittuneet, kerrospaksuudeltaan yli 20 m sora- ja hiekkamuodostumat	***	**	**
Hyvin lajittuneet, kerrospaksuudeltaan alle 20 m sora- ja hiekkamuodostumat	***	***	**
Moreenimuodostumat, heikosti lajittuneet reunamuodostumat ja rantakerrostumat	***	***	**
Savipeitteiset sora- ja hiekkamuodostumat	***	****	**
"Vanhat, moreenipeitteiset harjut"	**	**	**
Pohjavesialueen rajauksen menetelmät	**	****	***

**** soveltuu erittäin hyvin, *** soveltuu hyvin, ** soveltuu, * soveltuu varauksella,
- ei käytetä
1) Ilman maaputkea, kalliovarmistus
2) Maanäytteenotto, ilman maaputkea, läpivirtausnäytteenotin
3) Uusien pohjavesiputkien asennus ja korkotasoon sitominen (ilman maaputkea)

Taulukko 5. Pohjavesitutkimuksissa yleisesti käytettävien kairausmenetelmien (kevyet menetelmät, kalustona GM50 tai vastaava) soveltuvuus erityyppisten muodostumien tutkimisessa (Hanski, M. (toim.) 2010 mukaan)

Kevyet menetelmät (kalustona GM50 tai vastaava)					
	Painokairaus	**Lyöntikairaus**	**Tärykairaus (1**	**Maanäytteenotto (2**	**Tilapäisten pohjavesiputkien asennus (3**
Hyvin lajittuneet, kerrospaksuudeltaan yli 20 m sora- ja hiekkamuodostumat	-	*	**	***	*
Hyvin lajittuneet, kerrospaksuudeltaan alle 20 m sora- ja hiekkamuodostumat	-	**	**	***	**
Moreenimuodostumat, heikosti lajittuneet reunamuodostumat ja rantakerrostumat	-	**	**	***	**
Savipeitteiset sora- ja hiekkamuodostumat	***	***	***	****	***
"Vanhat, moreenipeitteiset harjut"		*	*	**	**
Pohjavesialueen rajauksen menetelmät	**	***	***	****	***

**** soveltuu erittäin hyvin, *** soveltuu hyvin, ** soveltuu, * soveltuu varauksella, - ei käytetä
1) Tärykairaus, kevyt monitoimi-/porakonekairaus, ei kalliovarmistusta
2) Maanäytteenotto, ilman maaputkea, Auger-kaira, kierrekaira, läpivirtausnäytteenotin
3) Uusien tilapäisten pohjavesiputkien asennus (ilman maaputkea)

5.3.5 Pohjaveden havaintoputket

Pohjaveden havaintoputkia käytetään pohjaveden pinnan korkeustason selvittämiseen sekä pohjaveden laadun seurantaan. Tiehankkeissa putkien asentaminen suunnitellaan niin, että tutkimuksilla saadaan riittävät tiedot sekä pohjaveden virtaussuunnista että pohjaveden laadusta. Pohjaveden havaintoputkien riittävä määrä ja sijainti määritetään tapauskohtaisesti riippuen tarkasteltavasta pohjavesialueesta ja tien sijainnista alueella. Havaintoputkien minimimäärä pohjatutkimusten alkuvaiheessa on 3–5 kpl. Mikäli havaintoputkia ei ole alueella valmiiksi tai ne sijaitsevat tiehankkeen kannalta väärässä paikassa, asennetaan maastotutkimusten yhteydessä riittävä määrä uusia putkia.

Pohjaveden virtaussuunta määritetään pohjaveden havaintoputkista mitattujen vedenkorkeuksien perusteella. Pohjavesi virtaa suuntaan, johon pohjaveden pinnan korkeustaso laskee. Jos vierekkäisistä putkista saman aikaisesti mitatut vesipinnat eroavat yli 1,5 m, tulee putkia asentaa tiheämpään.

Olemassa olevilla teillä veden laadun seurantaa varten tarkoitetut havaintoputket sijoitetaan pohjaveden virtaussuunnassa tien ja vedenottamon välille todennäköisimmälle suurimpien kloridipitoisuuksien esiintymisalueelle. Pohjavesiputkien sijoittamisesta erityyppisiin pohjavesimuodostumiin on annettu esimerkkejä tämän ohjeen **liitteessä 3**. Lisäksi ainakin yksi havaintoputki asennetaan pohjavesialueen luonnontilaisimmalle osalle siten, että se edustaa alueen luonnollista taustapitoisuutta. Jos kloridipitoisuuksien osalta halutaan tarkastella erityisesti edellisen talven liukkaudentorjunnan vaikutusta, asennetaan lähimmät putket 10 – 100 m etäisyydelle tiestä.

Pohjaveden havaintoputket koostuvat umpiputkesta ja rei'itetystä ns. siiviläputkesta, jonka kautta pohjavesi virtaa putkeen. Putken siiviläosan sijoittaminen suunnitellaan putken käyttötarkoituksen mukaan. Tutkimusten alkuvaiheessa, jolloin suolaisimman veden esiintyminen pohjavesikerrostumassa ei vielä ole tiedossa, putken siiviläosa kannattaa ulottaa koko pohjavesikerrostuman läpi, jolloin veden laadun seuranta on mahdollista eri syvyyksiltä.

Uusien pohjaveden laadun seurantaa varten asennettavien putkien tulisi olla sisähalkaisijaltaan vähintään 50 mm muoviputkia, jotka suojataan teräksisellä suojaputkella ja (lukollisella) hatulla. Muovisten havaintoputkien käyttäminen on suositeltavaa niiden pitkäikäisyyden takia ja siitä syystä, että vesinäytteenottoon yleisesti käytettävät uppopumput mahtuvat putkeen. Imupumppua käyttämällä vesinäytteen ottaminen on mahdollista myös 32 mm halkaisijaltaan olevista putkista, mutta tällöin pohjaveden pinta ei saa olla yli 6 m syvyydellä pumppaustasolta. Rautaputkien asentamista on syytä välttää, mikäli pohjaveden seurannan on tarkoitus kestää useita vuosia, sillä rautaputket on ensisijaisesti tarkoitettu lyhytaikaiseen pohjaveden pinnan korkeuden seurantaan eivätkä ne välttämättä pysy toimintakuntoisina kovin pitkään. Vesinäytteiden osalta rautaputkien käyttöä tulisi välttää siitä syystä, että putkimateriaali voi vaikuttaa vesinäytteiden laatuun.

Mikäli havaintoputken pohjalle havaitaan kerrostuvan hienoainesta tai sakkaa tai putken antoisuus todetaan huonoksi, putken voi puhdistaa huuhtelupumppauksella.

Tiedot nykyisistä pohjaveden havaintoputkista löytyvät melko kattavasti ympäristöhallinnon tietojärjestelmistä ja GTK:n Pohjatutkimusrekisteristä. Tarvittaessa tietoja voi täydentää ympäristöviranomaiselta saatavilla tiedoilla.

Havaintoputkien lisäksi pohjaveden pinnan korkeuden ja virtaussuuntien määrittämisessä voidaan hyödyntää myös lähialueen lähteitä ja yksityiskaivoja.

5.3.6 Pohjavesinäytteet ja kenttämittaukset

Pohjavesinäytteitä voidaan ottaa havaintoputkista, lähteistä, maa- ja kallioporakaivoista, sekä vedenottamon kaivoista johdetusta käsittelemättömästä vedestä (ns. raakavedestä). Tienpidon vaikutusten seurannassa edustavat näytteenottopaikat valitaan tapauskohtaisesti, mutta yleisimmin näytteitä otetaan tien ja ottamon väliin sijoitetuista havaintoputkista. Ympäristöhallinnon avoimeen ympäristötietojärjestelmään on tallennettu pohjaveden laadun seurantatietoja, joihin on hyvä tutustua näytteenottoa suunniteltaessa.

Pohjavesinäyte otetaan havaintoputkesta yleensä pumppaamalla. Huonotoimisten tai vähäantoisten putkien osalta näyte voidaan ottaa myös noutimella. Ennen näytteenottoa putkessa olevan pohjaveden pinnan korkeus mitataan. Todellista pohjavesivyöhykkeen vedenlaatua edustavan näytteen saamiseksi on havaintoputki huuhdeltava huolellisesti ennen näytteenottoa. Huuhtelu suoritetaan pumppaamalla vettä putkesta niin kauan, että vesi on kirkastunut ja vaihtunut putkessa useampaan kertaan. Pumppausaika kirjataan ylös, jotta putken toimivuutta ja näytteenoton onnistumista voidaan arvioida jälkikäteen. Tieto pumppausajasta myös helpottaa näytteenoton suunnittelua ja näytteenottoa seuraavilla kerroilla. Lisäksi näytteenottaja arvioi näytteen hajun, värin ja sameuden, sekä mittaa lämpötilan ja happipitoisuuden.

Pohjaveden kloridipitoisuuden syvyyssuuntainen vaihtelu havaintoputkessa voidaan määrittää sähkönjohtavuuden kenttämittausten avulla. Myös kenttämittaukset tulee suorittaa vasta putken huuhtelupumppauksen jälkeen. Pohjaveden mahdollisen kerroksellisuuden toteamisen kannalta huuhtelupumppauksen ja kenttämittauksen välillä tulisi olla vähintään vuorokausi aikaa. Jos sähkönjohtavuus on vakio koko pohjavesikerrostumassa, voidaan olettaa myös kloridipitoisuuden olevan vakio eikä kloridipitoisuuden seurantaa varten tarvita kerroksittain otettavia vesinäytteitä. Mikäli sähkönjohtavuus vaihtelee syvyyssuunnassa, otetaan vesinäytteet kerroksittain suurimpien sähkönjohtavuuksien kohdilta. Yleinen suositus on, että näytteitä otettaisiin muodostuman pohjalta, parhaiten vettä johtavasta ydinosasta, ydinosan yläpuolelta sekä läheltä pohjaveden pintaa. Pohjaveden sähkönjohtavuuden, lämpötilan ja happipitoisuuden lisäksi kenttämittareilla on mahdollista havaita ainakin pH, hiilidioksidi- ja rautapitoisuus sekä redox-potentiaali.

Pinta- ja pohjaveden näytteenottoa maastossa toteuttavassa ryhmässä on aina oltava vähintään näytteenotosta vastaavalla henkilöllä voimassa oleva ympäristönäytteenoton henkilösertifikaatti erikoispätevyytenä vesi- ja vesistönäytteiden ottaminen. Näytteenotossa on noudatettava voimassa olevia standardeja. Pohjavesinäytteenoton tarkempi ohjeistus ja laadunvarmistus on kuvattu Suomen ympäristökeskuksen julkaisussa 48/2008, **Pohjavesinäytteenotto, Nykytila ja kehitystarpeet**. Oppaasta löytyy myös näytteenottopöytäkirjapohja näytteenoton aikana ylös kirjattavista asioista.

5.3.7 Isotooppitutkimukset

Kloridin alkuperän ollessa epäselvä voidaan joskus turvautua pohjaveden isotooppitutkimuksiin. Isotooppitutkimukset perustuvat alkuaineen isotooppien massaeroista johtuvaan ja luonnon kemiallisten ja fysikaalisten prosessien aiheuttamaan vaihteluun isotooppien runsaussuhteissa. Isotooppien pienistä massaeroista johtuen luonnon prosessit suosivat joko alkuaineen kevyempää tai raskaampaa isotooppia. Pohjavesitutkimuksissa käytetyimmät isotoopit ovat happi ja vety. Vedessä vallitsevina hapen ja vedyn isotooppisuhteisiin vaikuttavina prosesseina ovat haihtuminen ja tiivistyminen (sadanta). Pinta-, pohja- ja merivesillä on omat tyypilliset isotooppisuhteensa, joiden perusteella vedet voidaan useimmiten erottaa toisistaan. Isotooppitutkimukset ovat suhteellisen kalliita, eikä niitä tule käyttää tienpidon tutkimuksissa kuin erityistapauksissa tarkoin harkiten.

5.4 Pohjavesimallinnukset

Pohjavesimallinnus voi olla apuväline pohjaveden virtauksen ja laadun kuvaamiseen sekä haitta-aineiden kulkeutumisen ja pohjaveteen vaikuttavien toimenpiteiden arviointiin. Tienpidon pohjavesivaikutusten arvioinnissa esimerkiksi tiensuolaukseen tehtävien muutosten vaikutustarkastelu voidaan tehdä mallintamalla. Mallinnuksessa voidaan hyödyntää suuntaa antavana tietona esim. Suomen ympäristökeskuksen tuottamia tyyppimuodostumamalleja, mikäli sellainen on saatavilla eikä resursseja kohdekohtaisen mallin tekemiselle ole.

Mallinnuksen onnistuminen riippuu ennen kaikkea lähtötietojen paikkansapitävyydestä ja tarkkuudesta, mallinnusohjelmasta ja mallintajan ammattitaidosta. Mallinnettavan alueen geologia, ennen kaikkea sen monimutkaisuus, vaikuttaa mallin tarkkuuteen. Kulloinkin tarvittava lähtötietojen määrä on suhteutettava alueen geologiaan ja mallinnukselta tavoiteltavaan tarkkuustasoon. Mallinnukseen tarvittavia lähtötietoja ovat maaperän laatu ja siinä tapahtuva vaihtelu, pohjaveden pinnan korkeusasema ja maaperän vedenjohtavuus, kallionpinnan korkeusasema ja -topografia.

6 Tienpidon vaikutusten seuranta

6.1 Kloridipitoisuuden seuranta

Pohjaveden kloridipitoisuuden seurannalla pyritään selvittämään kloridipitoisuuden kehittymissuunta. Seuraamalla säännöllisesti kloridipitoisuutta tien ja vedenottamon tai tien ja suunnitellun vedenottamon välillä voidaan ennakoida kloridipitoisuuden kehitystä ja ryhtyä ajoissa tarvittaviin suojelutoimenpiteisiin (**luku 4**). **Luvussa 4.3 tapauksessa C** on määritelty, milloin tienpitäjä vastaa kloridipitoisuuden seurannasta.

Pohjaveden seurantaa varten laaditaan seurantasuunnitelma, jossa kuvataan ainakin: seurannan peruste, pohjavesiputkien sijainti, pohjavesiputkien materiaalit ja halkaisijat, pohjavesiputkien korkeustiedot, pohjavesiputkien siivilätasot, pohjaveden pinnan korkeuden mittausohjelma, pohjavesinäytteiden ottoaikataulu ja näytteistä tehtävät analyysit sekä tulosten dokumentointitapa. Pohjaveden laadun seurantatulokset tallennetaan ympäristöhallinnon pohjavesitietojärjestelmään (POVET).

Normaalissa tienpidon vaikutusten seurannassa seurattavia veden laadun parametreja ovat kloridipitoisuus ja sähkönjohtavuus. Selvitettäessä tarkemmin kloridin lähdettä analysoidaan lisäksi natrium-, kalsium-, magnesium-, sulfaatti- ja bikarbonaattipitoisuus. Arvioitaessa pohjaveden syövyttävyyttä tarvitaan tiedot kloridi-, sulfaatti- ja bikarbonaattipitoisuudesta. Lisäksi seurannassa tulee aina määrittää veden sameus, joka kertoo mm. näytteenoton onnistumisesta ja näytetuloksen luotettavuudesta. Näytteenotto kannattaa tehdä vähintään neljä kertaa vuodessa (keväällä, kesällä, syksyllä ja talvella), jos ei voida osoittaa, että vuodenaikaisvaihtelu on vähäistä. Kloridiseurannan kannalta suositeltavat näytteenottoajankohdat ovat keväällä roudan sulamisen jälkeen, keskikesällä, syksyllä ennen talven ensimmäisiä tiesuolauksia ja kevättalvella ennen roudan sulamista. Vuosittaisten muutosten selvittämiseksi vertaillaan samoina vuodenaikoina otettuja näytteitä keskenään. Lisäksi tulosten tulkinnassa olisi otettava huomioon lumen sulamisajankohdan, sadantatietojen ja luonnontilaisen pohjaveden laadun vuosittaiset muutokset.

Seurantaan tarvittavien pohjavesiputkien asennus ja sijoittelu, sekä vesinäytteenotto suunnitellaan ja toteutetaan **luvuissa 5.3.5 ja 5.3.6 ja liitteessä 3** esitetyllä tavalla. Vedenottamolta otettu näyte kuvaa sen lähialueen pohjaveden tilaa ja on pohjavesialueelle suuntaa antava. Seurantaa on tarpeen tehdä vedenottamon lisäksi myös alueen pohjavesiputkista. Poikkeuksena ovat pinta-alaltaan erittäin pienet pohjavesialueet. Seuranta vedenottamolla on tällöin oltava systemaattista (näytteet otetaan vedenottamon kaivosta samaan aikaan vuodesta, samasta syvyydestä, samalla menetelmällä ja vuosittaisia näytteenottokertoja on riittävästi).

Tavoitteena on, että vuosittaisia tiesuolan käyttömääriä (t/km/v) seurataan pohjavesialuekohtaisesti.

Kloridipitoisuuden seurannan aikana arvioidaan tilanne kolmen vuoden välein ja päätetään toimenpiteistä pohjaveden suojelemiseksi. Toimenpiteitä voivat olla:

- Harvennetaan näytteenottoa yhteen kertaan vuodessa (kesä tai alkusyksy), jos kloridipitoisuuden kehitys havaintopisteissä ei ole nouseva ja pitoisuus vedenottamolla on alle 25 mg/l. Näytteet otetaan samaan aikaan ja samasta syvyydestä kuin aiemmassa seurannassa. Seurantaa tihennetään normaalin tienpidon vaikutusten seurannan mukaiseksi, jos kloridipitoisuus havaintopisteissä kääntyy nousuun.
- Jatketaan normaalia tienpidon vaikutusten seurantaa, vähennetään suolausta mahdollisuuksien mukaan tai aloitetaan vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttö, jos kloridipitoisuuden kehitys havaintopisteissä on nouseva, mutta pitoisuuden vedenottamolla tai suunnitellulla vedenottoalueella ei ennusteta nousevan yli tason 25 mg/l.
- Rakennetaan suojaus tai aloitetaan vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttö, jos kloridipitoisuuden kehitys havaintopisteissä ja vedenottamolla on selvästi nouseva ja pitoisuuden vedenottamolla tai suunnitellulla vedenottoalueella ennustetaan kohoavan yli tason 25 mg/l seuraavan viiden vuoden sisällä.

Veden laadun seurannoista on havaittu, että kloridipitoisuus voi vaihdella samallakin pohjavesialueella esimerkiksi vuodenajan, sijainnin tai mittaussyvyyden mukaan. Vuodenaikainen vaihtelu kloridin esiintymisessä johtuu siitä, että pohjavettä ei juuri muodostu talvisin maan ollessa roudassa, mutta vastaavasti muodostuu runsaasti keväisin lumen ja roudan sulaessa. Koska tiesuolaus ajoittuu talvikuukausiin, kloridi kulkeutuu hulevesien mukana tieltä ympäristöön yleensä kevään aikana. Joskus suurin kloridihuippu esiintyy vasta ensimmäisten rankkojen kesäsateiden jälkeen. Havaintoputkesta mitattu kloridipitoisuus riippuu havaintoputken etäisyydestä ja sijainnista suhteessa tiehen.

Havaintoputkista otettujen näytteiden kloridipitoisuudet voivat olla suurempia kuin samalla pohjavesialueella sijaitsevalta vedenottamolta otettujen näytteiden pitoisuudet. Suojaetäisyyksien vuoksi vedenottamot eivät yleensä sijaitse kovin lähellä valtateitä, joten jo sijaintinsa takia vedenottamoilla mitatut kloridipitoisuudet ovat todennäköisesti pienempiä kuin havaintoputkissa. Mikäli pohjavettä otetaan vedenottamolla runsaasti, pohjaveden virtaussuunta muuttuu vedenottamolle päin. Vedenotto voi muuttaa kloridin kulkeutumissuuntaa, ja saattaa olla mahdollista, että kloridipitoisuus vedenottamolla lisääntyy, kun vedenottoa lisätään. Todennäköisempää kuitenkin on, että vedenottamon kerätessä pohjavettä suurelta alueelta kloridipitoisuus laimenee vesimassojen sekoittuessa.

6.2 Suojauksen rakentamisen jälkeisen seurannan tarve

Kun tielle on rakennettu luiskasuojaus, seurataan pohjaveden kloridipitoisuuden kehittymistä suojauksen toimivuuden varmistamiseksi. Yleensä suojauksen rakentamisen vaikutus havaitaan pohjavedessä, etenkin etäämmällä tiealueesta, kloridipitoisuuden laskuna vasta useiden vuosien viiveellä. Seuranta suojauksen toimivuuden varmistamiseksi järjestetään samoin kuin edellä kuvattu normaali tienpidon vaikutusten seuranta.

Pohjaveden suojauksen rakentamisen vaikutuksen arvioimiseksi tarvitaan pitkäaikaista ja jatkuvaa kloridipitoisuuksien seurantaa. Parhaiten luiskasuojauksen vaikutukset pohjavesien kloridipitoisuuksiin voidaan havaita niillä pohjavesialueilla, joilla suojaus on rakennettu vanhalle tielle. Edellytyksenä on, että tiellä käytetyt suolamäärät ovat tiedossa, kloridipitoisuuksia on tutkittu riittävän pitkän ajan ennen ja jälkeen suojauksen rakentamisen ja että muut kloridilähteet eivät vaikuta havaintopisteeseen.

Osa yksityisistä talousvesikaivoista on orsivesikerroksessa ja niissä kloridipitoisuus voi nousta äkillisesti tien rakentamisen jälkeen. Ongelman voi joissakin tapauksissa ratkaista niin, että talousvesikaivo muutetaan niin, että porakaivo tuleekin syvemmällä olevasta pohjavesikerrostumasta.

7 Pohjaveden suojausten suunnittelu

7.1 Suojaustavan valinta

Pohjaveden suojaustapaa koskevat vaihtoehdot ovat:

- luiskasuojaus,
- betonikaiteen ja hulevesiviemärin yhdistelmä sekä
- penkereen alle tehty suojaus.

Kahteen ensimmäiseen suojaustapaan kuuluu myös vesitiivis päällyste.

Suojaustavoissa on seuraava veden suodattumiseen liittyvä ero:

- Luiskasuojauksessa tieltä tuleva sadevesi ja luiskaan auratun lumen sulamisvesi virtaavat luiskan pintaa tai tiivistyskerroksen pintaa pitkin ojaan. Varsinkin sateen alussa tieltä tuleva vesi suodattuu luiskasuojauksen maakerroksissa ja siinä olevia haitta-aineita pidättyy luiskan kasvillisuuteen ja maa-aineksiin. Poikkeuksia ovat rankkasateet ja aika, jolloin luiskan maakerrokset ovat jäässä, jolloin suuri osa vedestä virtaa ojan pintaa pitkin eikä suodatu.
- Betonikaidetta käytettäessä vedet virtaavat suodattumatta hulevesikaivoihin ja viemäriputkea pitkin suoraan purkupaikkaan, mikä voi lisätä vesien jälkikäsittelytarvetta. Maanteiden hulevesien suodatus- ja viivytystarpeen arviointi tehdään Väyläviraston ohjeen **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu** mukaisesti.

Suojaustavoissa on seuraava suojauksen toimivuuden varmistamiseen liittyvä ero:

- Luiskasuojauksen tiivistyskerroksen kunto ja vesitiiveys on hyvin vaikea varmistaa rakentamisen jälkeen. Luiskasuojaus voi vaurioitua jo rakentamisen aikana tai käytön aikaisista muista rakentamistöistä tai onnettomuuksista johtuen. Vaurioitumisen riski on suuri erityisesti märkänä aikana jyrkissä tai korkeissa luiskissa. Tiivistyskerroksen päällä olevien maakerrosten valumisesta tai tiivistyskerroksen valumisesta ja repeämisestä johtuvien vaurioiden korjaaminen on hyvin vaikeaa.
- Betonikaiteen ja hulevesiviemärin kunto on helppo tarkastaa myös käyttöaikana. Raskaan ajoneuvon törmäys voi siirtää kaidetta, mutta vaurio on helppo todeta ja korjata.

Luiskasuojaus on kloridisuojaus tai onnettomuussuojaus. Kloridisuojaus tehdään niille alueille, jossa suojauksen tehtävänä on estää teiden liukkaudentorjunnassa käytettävien aineiden pääsy pohjaveteen. Kloridisuojauksena käytetään yhdistelmärakennetta, jonka tiivistysrakenne koostuu bentoniittimatosta ja muovikalvosta. Tiivistysrakenteeseen kohdistuva vedenpaine poistetaan kuivatusrakentein (kuivatuskerros ja salaoja).

Kun tietä suolataan selvästi **luvussa 4** esitettyjä raja-arvoja vähemmän, voidaan pohjaveden luiskasuojaus rakentaa onnettomuussuojauksena. Onnettomuussuojauksen käyttö ja rakenne on kuvattu **luvussa 7.4.5**. Kloridisuojaus toimii myös onnettomuussuojauksena.

Luiskasuojaus ei sovellu korkealle tai jyrkkäluiskaiselle penkereelle eikä tilanteeseen, jossa suojauksen jatkeena on alaspäin viettävä luonnon rinne. Luiskasuojausta vältetään myös silloin, kun sen toteuttaminen vaatisi maisemallisesti arvokkaan puuston poistamista. Hankkeelta saatavan materiaalin soveltuvuus pinta- ja kuivatuskerrokseen voi vaikuttaa merkittävästi rakentamiskustannuksiin ja on siksi selvitettävä suojaustapaa valittaessa.

Betonikaiteen ja hulevesiviemärin yhdistelmä soveltuu pohjaveden suojaustavaksi useimpiin tilanteisiin ja erityisesti se sopii korkeille penkereille. Betonikaide voi toimia myös melua torjuvana rakenteena. Rajoitukset betonikaiteen käytölle on esitetty **luvussa 7.3**. Betonikaiteiden on todettu ohjaavan liikenteen ajolinjoja niin, että päällysteiden kuluminen on tavanomaista nopeampaa. Lisäksi kaide voi kinostaa lunta laajan aukean kohdalla, ellei tie ole selvästi maanpintaa ylempänä.

Jos sisäluiskan kaltevuus on suurempi kuin 1:3 tai luiskan korkeus suurempi kuin 2 m, on betonikaiteen ja hulevesiviemärin rakentaminen yleensä rakennuskustannuksiltaan halvempi ja toimintavarmuudeltaan parempi pohjaveden suojaustapa kuin luiskasuojauksen rakentaminen.

Pohjaveden suojauksen tiivistyskerroksen rakentaminen koko tien alle penkereen sisään onnistuu vain uusien penkereiden kohdalla.

7.2 Suojauksen pituus

Pohjaveden suojauksen pituuden suunnittelussa otetaan huomioon mahdolliset epätarkkuudet pohjavesialueen rajauksessa. Mikäli pohjavesialueen rajauksen paikkansapitävyyttä epäillään tai mikäli siinä ilmenee tarkennustarpeita, tulee maastotutkimuksia tehdä myös pohjavesialueen rajojen ulkopuolella. Pohjaveden virtaussuunnat otetaan suunnittelussa huomioon ja pohjaveden suojaukset suunnitellaan riittävän pitkäksi ja tarvittaessa ulottumaan pohjavesialueen rajan yli. Erityisesti varotaan päättämästä pohjaveden suojausta sellaiseen maastonkohtaan, johon purkautuisi luiskasuojauksen päältä kerättyjä vesiä laajalta alueelta ja josta on epävarmat tiedot pohjaveden virtaussuunnista ja maakerrosten paksuuksista.

7.3 Suojaus betonikaiteella

Pohjaveden suojausten kaiteet suunnitellaan tämän ohjeen ja Väyläviraston ohjeen **Tiekaiteiden suunnittelu** mukaisesti. Kaiteiden suunnittelussa noudatetaan myös Liikenne- ja viestintäministeriön **asetusta näkemäalueista (65/2011)**. **Tiekaiteiden suunnittelu** -ohjeessa vaaditut törmäyskestävyysluokan H2 kaiteet on testattu törmäyskokeella 13 t linja-autolla, jonka törmäysnopeus on 70 km/h ja törmäyskulma 20 astetta. Kaide kestää suuremmankin auton törmäyksen, koska suistumiskulma on suoralla osuudella tavallisesti enintään 10 astetta.

Yli 60 km/h nopeustason teillä betonikaide ei sovi liittymien kohdalle, mikäli kaidelinja kääntyy liittyvälle tielle ja törmääminen betonikaiteeseen 30–90 asteen kulmassa on mahdollinen.

Betonikaiteellisiin kohtiin suunnitellaan hulevesiviemärit Väyläviraston ohjeen **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu** mukaisesti. Hulevesiviemäreihin valitaan vesitiiviit liitokset. Ohjeen mukaisesti suunniteltaessa hulevesiviemäreihin tarvitaan useimmissa tilanteissa kaivo 50 m välein.

Betonikaide asennetaan niin, että sen alapinta on 50–150 mm päällysteen pintaa alempana. Betonikaiteen korkeus tien pinnasta on tien valmistuessa vähintään 1,0 m. Erityisen herkkiin kohtiin voidaan tehdä 1,2 m korkuinen luokan H4 betonikaide tai maahan teräspaaluilla ankkuroitu luokan H2 betonikaide. Yli 1,0 m korkuinen kaide vaikeuttaa puhtaan pakkaslumen auraamista kaiteen yli.

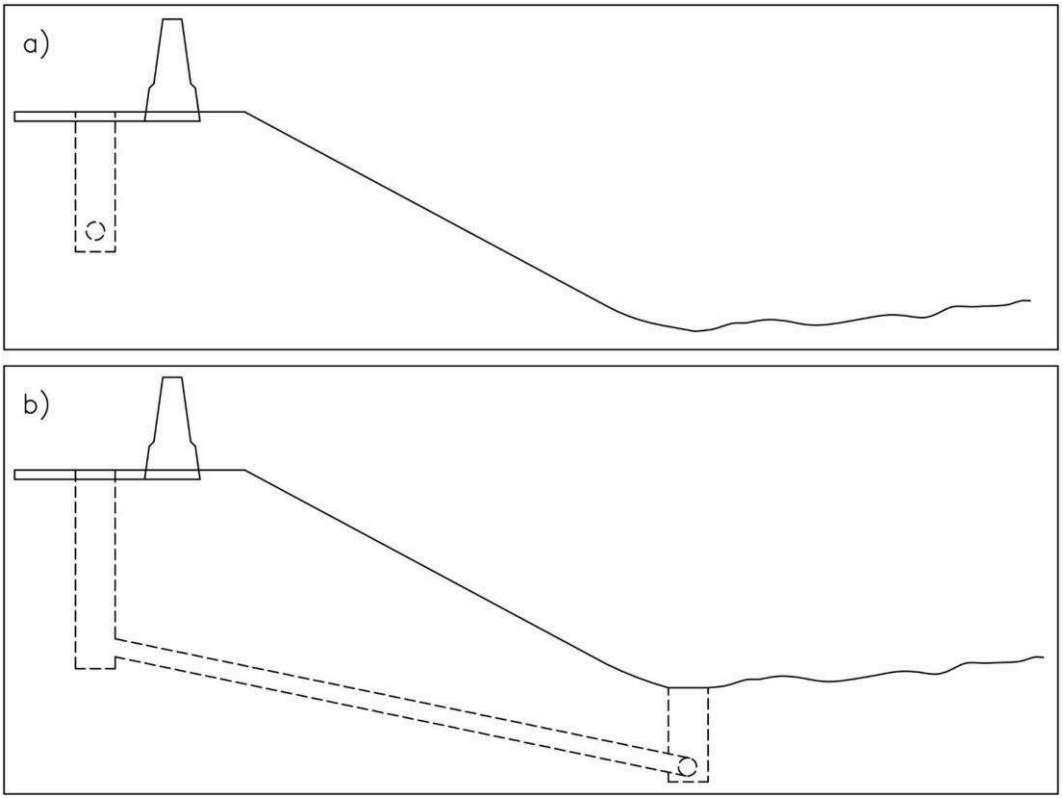
Betonikaiteen taakse tehdään uusilla ja levennettävillä teillä vähintään 0,5 m tasanne.

Vesitiivis päällyste liitetään vesitiiviisti betonikaiteen sivupintaan. Betonielementtien saumat tiivistetään saumanauhalla ja elastisella massalla tai muulla pitkään vesitiiviinä pysyvällä tavalla.

Betonikaide voidaan tehdä myös liukuvaluna.

Betonikaidetta ja hulevesiviemäröintiä voidaan käyttää myös nykyisiä teitä parannettaessa. Parantamishankkeissa tietä joudutaan yleensä leventämään. Koska kaiteen kohdalla piennar on leveämpi, betonikaide vie poikkileikkauksessa tilaa ja betonikaiteen taakse tarvitaan 0,5 m levyinen tasanne. Nykyisillä teillä sallitaan 0,3 m levyinen tasanne betonikaiteen taakse, jos siten vältetään kokonaan tien leventäminen.

Hulevesiviemärin rakentaminen ja kaivantojen luiskat vievät tilaa liikenteeltä työn aikana. Haittaa voidaan vähentää tekemällä viemäri kaiteen taakse, jolloin kaiteen eteen tehdään vain kaivot.



Kuva 3. Suojaus betonikaiteella. Hulevesiviemärit voidaan toteuttaa a) betonikaiteen eteen sadevesikaivojen kanssa samaan linjaan tai b) betonikaiteen taakse.

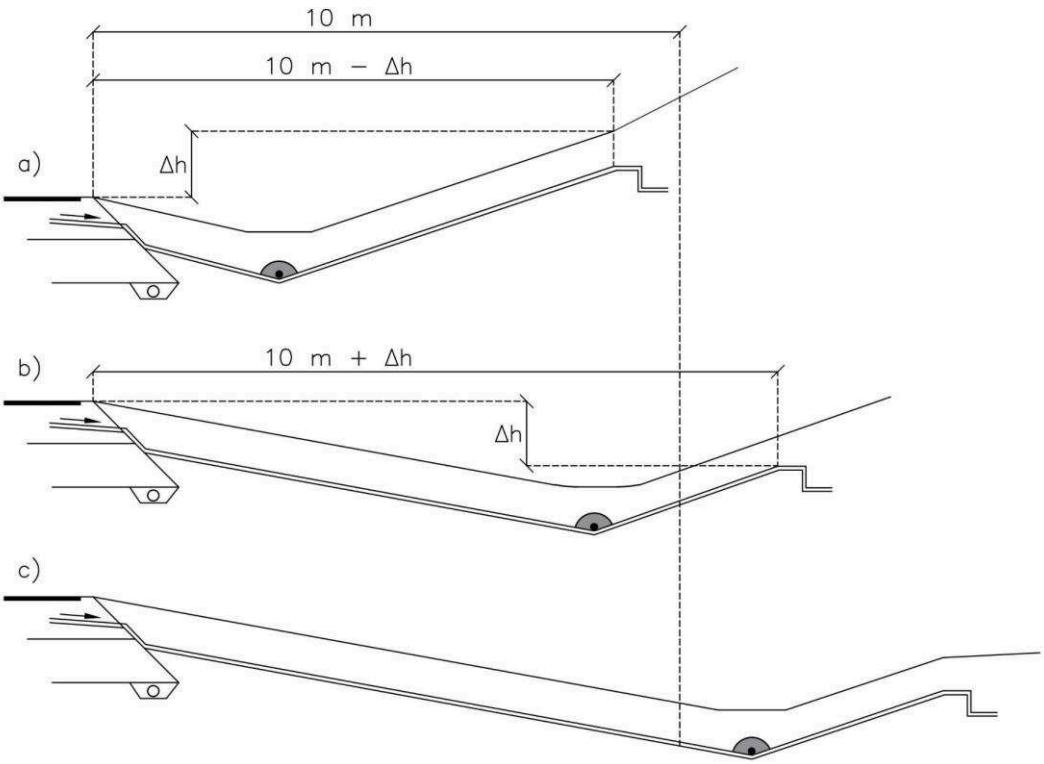
7.4 Maanteiden luiskasuojaukset

7.4.1 Luiskasuojausten leveys

Luiskasuojauksen leveys valitaan seuraavasti:

- Jos ympäröivä maasto nousee tien tasauksen yläpuolelle, on luiskasuojauksen leveys **kuvan 4a)** mukaisesti 10 m – korkeusero (Δh). Korkeusero Δh on päällysteen pinnan ja ulkoluiskan ylimmän suojatun kohdan välinen korkeusero.
- Jos ympäröivä maasto laskee tien tasauksen alapuolelle, on pohjaveden suojauksen leveys **kuvan 4b)** mukaisesti 10 m + korkeusero (Δh).
- Leveämpi suojaus tarvitaan (**kuva 4c**), jos vesi muuten valuisi suojaukselta viereiseen maastoon.
- Luiskasuojauksen tulee ulottua ulkoluiskassa vähintään 1 m korkeuteen sivuojan pohjasta.

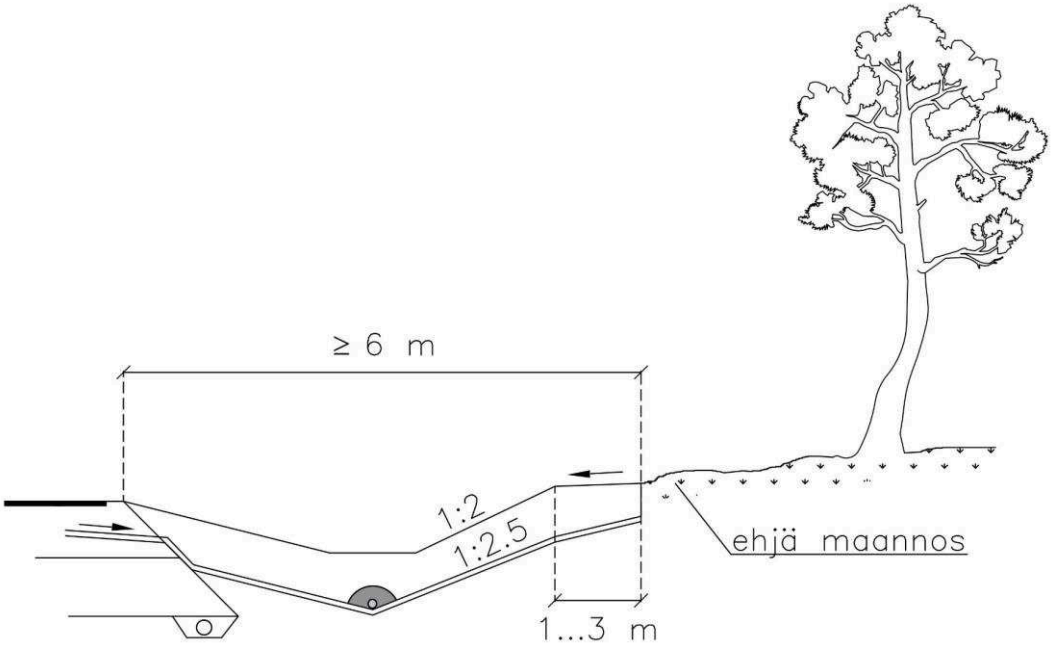
Aurauslumi ei yleensä lennä **kuvien 4a) ja 4b)** mukaisesti valitun suojausleveyden ulkopuolelle ja vain pieni osa (arviolta alle kymmenesosa) suistuneista autoista päätyy suojatun alueen ulkopuolelle.



Kuva 4. Luiskasuojauksen leveys normaalitilanteissa

Maisemallisesti arvokkaan metsän säästämiseksi, lähellä olevan tontin vuoksi tai muusta vastaavasta syystä pohjaveden suojauksen leveydeksi voidaan valita noin 6 m **kuvan 5** mukaisesti. Suistumisonnettomuuksissa arviolta alle kolmasosa autoista ajautuu suojatun alueen ulkopuolelle. Metsän ehjä kasvillisuus ja pintamaannos kuitenkin hidastavat vaarallisten aineiden imeytymistä maaperään ja pohjaveteen.

Erityisesti normaalia kapeammalla suojauksella, kuten **kuvan 5** mukaisessa tapauksessa, tulee talvihoidon (**luku 3.8.5 Teiden talvihoito pohjaveden suojausalueella**) urakkakohtaisissa vaatimuksissa edellyttää, että aurausnopeutta lasketaan kohteessa niin alhaiseksi, että suolainen lumi ei lennä suojauksen ulkopuolelle. Puhdas suolaton lumi voidaan aurata normaalinopeudella suojauksen yli.



Kuva 5. Luiskasuojauksen leveyden valinta, kun kohde on esimerkiksi maisemallisesti arvokas metsä.

Nykyistä tietä parannettaessa luiskasuojauksen leveys määritetään samoilla periaatteilla kuin uusilla teillä. Vanhoilla teillä luiskat ovat kuitenkin usein niin jyrkkiä, että riittävää luiskastabiliteettia on vaikea saavuttaa. Sellaisissa tapauksissa nykyisillä teillä käytetään betonikaidetta. Luiskakaltevuuksien loiventamiseksi voidaan vaihtoehtoisesti madaltaa tien sivuojaa, mikä voi vaatia viemäröinnin rakentamista.

Nykyisillä teillä vesitiiviin päällysteen ja luiskasuojauksen reunan limityksen tekeminen onnistuu helpommin, jos tien ajorataa levennetään luiskasuojauksen toteuttamisen yhteydessä 0,5 m kummallakin puolella. Tällöin joudutaan tavallisesti leventämään myös tiealuetta, joten luiskia voidaan samalla loiventaa, jos tilaa on.

7.4.2 Luiskasuojausten sisä- ja ulkoluiskan kaltevuudet ja stabiliteetti

Kokemusten mukaan sileä muovikalvo ja sen päällä oleva maa on pysynyt 1:4 sisäluiskassa, kun luiskan korkeus on enintään 2 m. Jyrkemmissä tai korkeammissa luiskissa maa on usein valunut muovikalvon päältä märkänä aikana ja joskus muovikalvokin on valunut. Kaltevuudeltaan 1:2 ulkoluiskissa muovikalvo on pysynyt, koska muovikalvoa on käytetty tähän asti vain noin 1 m korkuisella osalla luiskaa. Kitkapintaisesta muovikalvosta ei ole vielä (2020) kokemuksia tiealueelta.

Kohdekohtaisia stabiliteettilaskelmia käytetään pohjaveden luiskasuojausrakenteiden suunnittelussa silloin, kun luiskastabiliteetin varmistamiseksi käytetään lujiteverkkoja. Rakenteet, joissa käytetään lujiteverkkoja, suunnitellaan Väyläviraston oppaan **Geolujitetut maarakenteet, tiegeotekniikan käsikirja** mukaisesti.

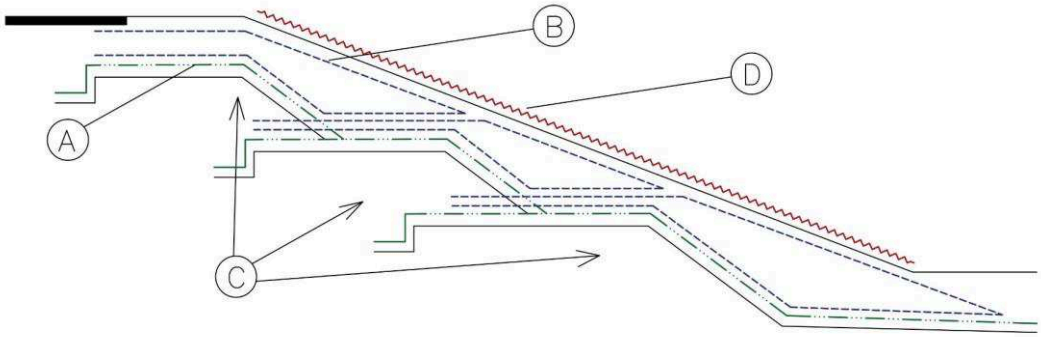
Kun luiskasuojauksen tiivistyskerros tehdään bentoniittimatosta ja sileäpintaisesta muovikalvosta tai bentoniittimatosta ja kitkapintaisesta muovikalvosta, noudatetaan tässä ohjeessa esitettyjä luiskakaltevuuksia ja luiskan korkeuksia.

Uusien teiden luiskasuojauksia suunniteltaessa noudatetaan seuraavia periaatteita:

a) Sileä muovikalvo sallitaan vain 1:4 luiskissa ja silloinkin enintään 2 m:n luiskakorkeuteen asti.
b) Kitkapinnoitettu muovikalvo sallitaan 1:3 ja 1:4 luiskissa enintään 2 m luiskakorkeuteen asti.
c) Lyhyellä (korkeintaan noin 50 m) matkalla, jos näin vältetään lyhyen betonikaiteen käyttö, sallitaan kitkapinnoitetun muovikalvon käyttö 1:3 ja 1:4 luiskissa enintään 2,5 m luiskakorkeuteen asti.
d) Sisäluiskissa, jotka ovat edellä mainittua jyrkempiä ja korkeampia, sallitaan bentoniittimattoon ja muoviin perustuva luiskasuojaus, jos maamassojen kuormat otetaan vastaan lujiteverkoilla, jotka on ankkuroitu rakennekerrosten alle esimerkiksi **kuvan 6** periaatteiden mukaisesti. Voimien siirtämistä kitkapintaiseen muovikalvoon ei sallita tässä tapauksessa. Lujiteverkkoa käytettäessä suunnitelmassa osoitetaan laskelmin, millainen lujiteverkko tulee valita ja miten verkko tulee ankkuroida.
e) Ojan pohjaan tehdään 1 m levyinen tasanne, jos ojan takana ei ole kallioluiskaa tai meluseinää. Tasanne vähentää suistuneiden autojen kaatumisen todennäköisyyttä ja helpottaa auton ohjaamista ulosajossa.
f) Ulkoluiskan kaltevuus on luiskasuojauksen leveydellä 1:3, jotta tien käytön aikaiset ajoneuvokuormat eivät aiheuta valumia. Kun ulkoluiskan kaltevuudeksi valitaan 1:3, on myös **kuvassa 4** vaaditun leveyden saavuttaminen varmempaa.
g) Kun laaditaan tien rakennussuunnitelmaa sellaisen tiesuunnitelman perusteella, jossa ulkoluiskan kaltevuus on 1:2, eikä luiskan alaosaa voi loiventaa tiealueen puitteissa, voidaan enintään 2 m korkea ulkoluiska rakentaa kitkapintaista muovikalvoa käyttäen.

Jos sisäluiskan kaltevuus on suurempi kuin 1:3 tai luiskan korkeus suurempi kuin 2 m, on betonikaiteen ja hulevesiviemärin rakentaminen yleensä rakennuskustannuksiltaan halvempi ja toimintavarmuudeltaan parempi pohjaveden suojaustapa kuin luiskasuojauksen rakentaminen.

Edellä kuvatut luiskakaltevuudet ovat sisä- tai ulkoluiskan maanpinnan kaltevuuksia. Bentoniittimatto ja muovikalvo voidaan asentaa myös maanpinnan kaltevuutta suurempaan kaltevuuteen, jos maanpinnan luiskakaltevuus on loiva. Näin voidaan tehdä esimerkiksi silloin, kun **kuvan 10** mukaisesti siirretään luiskasuojauksen ojan pohjan vesijuoksua läpiviennin kohdalla. Bentoniittimaton ja muovikalvon valuminen työn aikana on estettävä.



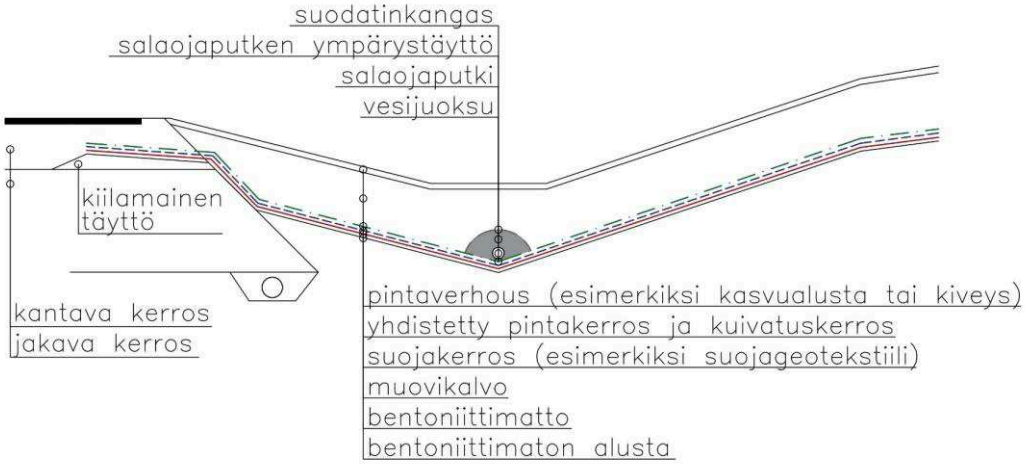
Kuva 6. Keinoja jyrkkiin luiskiin liittyvien ongelmien vähentämiseksi:
A. ankkuroidaan bentoniittimatto ja muovikalvo ylhäältä ja/tai luiskassa sopivin välein penkereeseen,
B. sidotaan luiskan maakerrokset geolujitteella siten, ettei maakerrosten paino aiheuta muovikalvoon ja bentoniittimattoon vetojännitystä,
C. rakennetaan tiivistyskerros porrasmaisesti,
D. rakennetaan eroosiosuoja luiskan maakerrosten päälle.

7.4.3 Luiskasuojausten rakennekerrokset

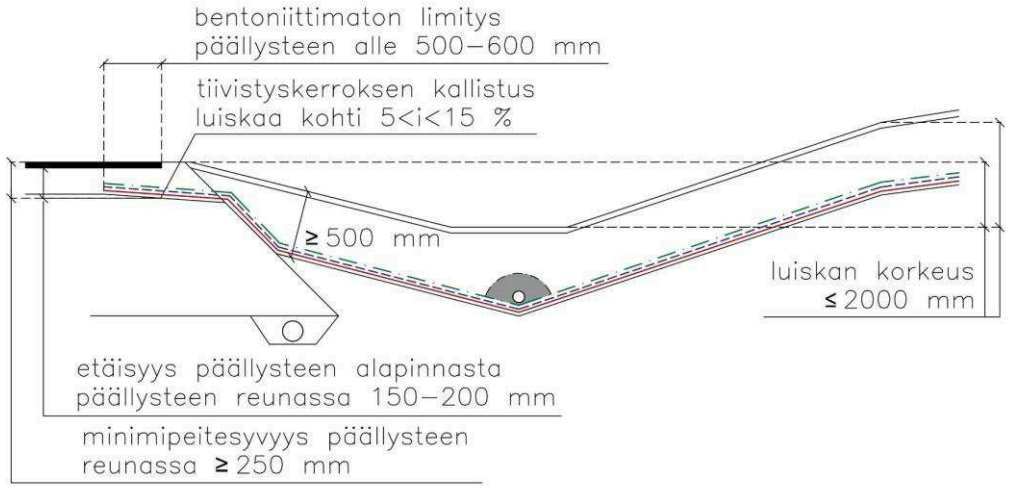
Luiskasuojausten rakenne suunnitellaan tämän ohjeen mukaisesti noudattaen **InfraRYL:n luvussa 14231** esitettyjä materiaalivaatimuksia, rakennekerrosten paksuuksia ja asennustapoja. **InfraRYL:n luvun 14231** rakenteiden materiaalit, kerrospaksuudet ja sallitut luiskakaltevuudet on valittu niin, että vaaralliset aineet eivät tunkeudu alle 12 tunnissa luiskasuojauksen tiivistyskerroksen läpi ja että onnettomuustapauksissa luiskasuojausrakenteen yli ajava kuorma-auto ei yleensä riko tiivistyskerrosta, vaikka suojausrakenteen pintakerroksen maamateriaalit saattavatkin urautua.

Luiskasuojausrakenteessa bentoniittimatto saa jäätyä. Nykyiset **InfraRYL 14231** vaatimusten mukaiset bentoniittimatot ovat yleensä niin hyvin neulasidottuja, että haitallista jäätymishalkeilua ei pääse syntymään. Bentoniittimatto on itsekorjautuva materiaali ja jäätymisestä aiheutuneet pienet halkeamat maton bentoniittisisuksessa korjautuvat ja materiaalin tiiviys palautuu, kun sulamisvesiä imeytyy tiivistyskerrokseen.

Tierakenteen sisällä oleva osa bentoniittimattoa ja muovikalvoa asennetaan tiestä poispäin viettäväksi 5–15 % kaltevuuteen. Tätä varten jakavan kerroksen päälle tehdään kiilamainen lisätäyttö **kuvan 7** mukaisesti tai jakavan kerroksen reunaan tehdään jyrkempi sivukaltevuus **kuvan 8** mukaisesti.



Kuva 7. Pohjaveden luiskasuojauksen kerrokset



Kuva 8. Pohjaveden luiskasuojauksen mitat

Seuraavissa kappaleissa on esitetty luiskasuojauksen eri osien tehtävät ja laatuvaatimusten perusteluja.

Rakennekerrosten paksuuksien valinta

- Tiivistyskerrosta suojaavien maakerrosten paksuus on tien päällysteen reunassa vähintään 250 mm ja enintään 350 mm ja muulla suojauksen osalla vähintään 500 mm. Maakerros suojaa tiivistyskerrosta kuormilta, toimii vastapainona, kun bentoniittimatto ensimmäisen kerran kostuu, vähentää maton sulamis- ja jäätymiskertojen lukumäärää ja luo edellytykset päällä olevan nurmen kasvulle
- Suositeltavinta on tehdä muovikalvon päälle vain yksi maakerros eli pintakerros, joka kelpaa joko sellaisenaan muovikalvon päälle (pintakerros kuivattuu, materiaali ei aiheuta reikiä muovikalvoon) tai joka kelpaa muovikalvon päälle, kun väliin tulee suojageotekstiili tai salaojamatto.

- Ohuen maakerroksen tekeminen muovikalvon päälle sisältää vaaran, että levitysvaiheessa levityslaite osuu muovikalvoon. Tästä syystä muovikalvon päälle tehtävän kerroksen (esimerkiksi kiviaineksesta rakennettu kuivatuskerros) vähimmäispaksuus on 200 mm.

Bentoniittimaton asennusalusta

- Bentoniittimatto ja muovikalvo ulotetaan vähintään 500 mm ja enintään 600 mm päällysteen alle. Bentoniittimaton asennusalusta tierakenteessa kallistetaan ojaan päin 5–15 % kaltevuuteen **kuvan 8** mukaisesti.
- Tien rakennekerrosten luiskassa sekä tierakenteen kohdalla bentoniittimaton alustana on tavallisesti jakavan kerroksen sileäksi jyrätty pinta, joka kallistetaan reunassa **kuvan 8** mukaisesti selvästi luiskaan päin viettäväksi. Vaihtoehtoisesti jakavan kerroksen päälle tehdään murskeesta **kuvassa 7** esitetty kiilan muotoinen, luiskaan viettävä täyte, jolloin tiivistyskerros jää kantavan kerroksen sisään. Valinnassa otetaan huomioon **kuvassa 8** esitetyt etäisyydet päällysteen ala- ja yläpinnasta.
- Tierakenne ja tierakenteen rakennekerrosten luiskat tiivistetään sileäksi ennen bentoniittimaton levittämistä ja tarvittaessa karkean materiaalin pintaan levitetään hienompaa materiaalia.
- Luiskassa tierakenteen rakennekerrosten ulkopuolella bentoniittimaton asennusalustana on pohjamaa. Pohjamaan päältä on poistettu kasvillisuus ja pintamaat. Pohjamaan pinta on tasattu ja pinnasta on poistettu irtokivet. Tasarakeisen hiekan tai vettyneen silttisen maan kantavuutta voidaan tarvittaessa parantaa kivettömällä soralla. Mahdolliset asennusalustan massanvaihdot toteutetaan **InfraRYL**in **luvun 14231** vaatimusten mukaisesti.

Bentoniittimatto

- Bentoniittimaton tehtävänä luiskasuojausrakenteessa on suojata muovikalvoa asennusalustan pieniltä epätasaisuuksilta ja estää veden pääsy pohjaveteen muovikalvon limisaumojen ja muoviin tulleiden reikien kautta.
- Bentoniittimatto asennetaan koko luiskasuojauksen leveydelle. Tierakenteessa bentoniittimatto ulotetaan vähintään 500 mm ja enintään 600 mm päällysteen alle.
- Bentoniittimatto asennetaan limisaumoin niin, että vesi virtaa sauman yli samalla tavalla kuin tiilikatossa. Bentoniittimaton rullakaistojen limitys sivusaumassa on vähintään 300 mm. Bentoniittimaton jatkoskohdissa limitys on vähintään 500 mm.
- Bentoniittimatossa on kahden geotekstiilin välissä bentoniittisavea, joka turpoaa jossakin määrin ensimmäisen kerran kostuessaan. Saveen jää vielä paisumispotentiaalia, joka tiivistää myös mattoon jälkeenpäin tehdyt pienet kaidepylvään tai vastaavan tekemät lävistykset. Ylempi ja alempi geotekstiili on neulasidottu yhteen. Neulasidonta ja päällä olevan maan paino estävät bentoniittisaven hallitsemattoman turpoamisen jo rakennusvaiheessa. Kastuminen ennen maapeitteen tuloa pilaa vesitiiviyden ja maton itsekorjautumiskyvyn.

Muovikalvo

- Bentoniittimaton päälle asennettava muovikalvo vähentää bentoniittimattoon kohdistuvaa vedenpainetta, rajoittaa yläpuolisten kasvien juurten tunkeutumista bentoniittimaton läpi ja vähentää bentoniittimaton kosteusvaihtelua.
- Muovikalvossa sallitaan pieniä reikiä ja asentaminen limisaumoin, koska muovikalvoon ei kloridisuojauksessa kohdistu pysyvää vedenpainetta ja koska bentoniittimatto estää merkittävän veden virtauksen pohjamaahan. Yhdistelmärakenteen toimivuuden ehtona on, että muovikalvon ja bentoniittimaton välissä ei ole vettä johtavaa kerrosta eikä vesi pääse muovin alle muovin reunoista.
- Muovikalvossa käytetty polyeteeni (LLDPE tai LDPE) ja joustava polypropeeni (fPP) ovat kemiallisesti melko kestäviä materiaaleja. Osa maanteillä kuljetettavista vaarallisista aineista voi kuitenkin vaurioittaa muovikalvoja ja myös asfalttipäällysteissä käytettyä bitumia.
- Luiskasuojauksessa käytettävän muovikalvon paksuus on vähintään 0,5 mm.
- Lammikoituvissa kohdissa ojan pohjalla käytettävän hitsattavan tiivistyskalvon paksuus on vähintään 1,5 mm eikä limisaumoja hyväksytä.
- Muovikalvo asennetaan koko luiskasuojauksen leveydelle.
- Tierakenteessa muovikalvo ulotetaan vähintään 500 mm ja enintään 600 mm päällysteen alle.
- Ojan pohjan pituussuuntainen muovikalvo ulotetaan vähintään 500 mm korkeuteen luiskasuojauksen tiivistyskerroksen vesijuoksusta.
- Peräkkäisten ojan pohjan pituussuuntaisten muovikalvojen limitys on 2000 mm. Muovikalvon limisaumojen määrä ojan pohjalla minimoidaan. Muovikalvossa sallitaan enintään 20 saumaa/1 km. Saumoja ei sallita huonon vieton (alle 0,5 %) kohdalla.
- Sisäluiskan ja ulkoluiskan muovikalvo limitetään ojan pohjan muovikalvon päälle 500 mm.
- Sisä- ja ulkoluiskan muovikalvojen limitys on vähintään 500 mm.

Suojakerros tai suojageotekstiili

- Hiekasta tehtävää erillistä suojakerrosta ei suositella, koska 200 mm paksuisen kerroksen levittämisessä työkoneen terä voi vaurioittaa tiivistyskerrosta. Alle 200 mm paksuista kerrosta ei sallita suoraan muovin päälle.
- Jos pintakerros tai kuivatuskerros ei kelpaa rakeisuutensa puolesta suoraan muovikalvon päälle, käytetään muovikalvon suojana suojageotekstiiliä tai salaojamattoa.

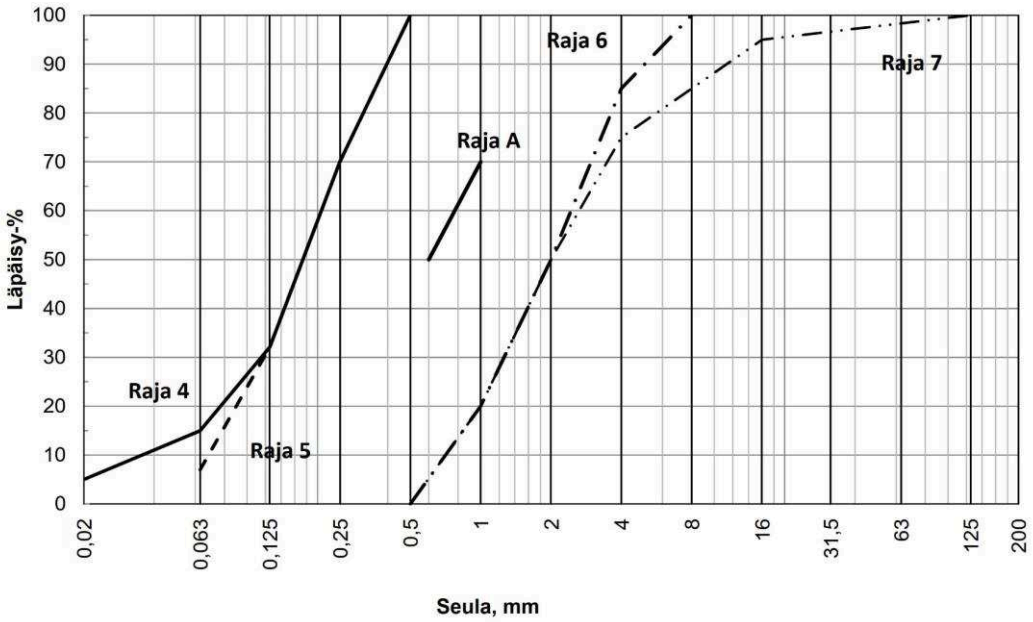
Kuivatuskerros ja salaoja

- Kloridisuojauksessa salaojalla ja sen ympärystäytöllä sekä kuivatuskerroksella poistetaan muovikalvoa ja bentoniittimattoa kuormittava pysyvä vedenpaine, mikä on edellytys yhdistelmärakenteen toimivuudelle.
- Koska ohuen kuivatuskerroksen rakentaminen suoraan muovin päälle voi vaurioittaa muovia, suositellaan, että erillistä kuivatuskerrosta ei käytetä muovikalvon päällä, vaan pintakerros tehdään materiaalista, joka kuivattuu riittävän hyvin, tai pintakerroksen alle tehdään salaojamatto tai hiekkamatto.

- Jos kuivatuskerros rakennetaan erillisenä kerroksena, sen paksuus on vähintään 200 mm. Kuivatuskerroksen suositeltava raekokosuhde Cu (= d60 / d10) ≤ 5, jolloin materiaali on tasarakeista.
- Tiivistysrakenteen läpivientien välttämiseksi pohjaveden suojauksien kohdalla ei yleensä käytetä lietepesällisiä salaojien tarkastuskaivoja. Tästä syystä salaojan ympärystäytössä on rajoitettu hienoaineksen määrää ja salaojan ympärystäytön päällä ja sivuilla käytetään suodatinkangasta.
- Salaojien tarkastamista ja puhdistamista varten salaojakaivoon asennetaan tarkastusputkia tai haaroja. Lietepesä voi olla tarpeellinen 500 m välein ja kohdissa missä ojan pituuskaltevuus pienenee.

Pintakerros

- Pintakerros suojaa bentoniittimattoa ja muovikalvoa kuormilta ja eroosiolta sekä vähentää tiivistyskerroksen sulamis- ja jäätymissyklien määrää.
- Pintakerroksen rakeisuus on **kuvan 9** ja **taulukon 6** mukainen.
- Pintakerros voidaan rakentaa suoraan muovin päälle, kun rakeisuus on rajan 5 ja 6 välissä, ja karkeat rakeet ovat pyöristyneitä.
- Pintakerroksen alle tarvitaan suojageotekstiili, kun rakeisuus on rajan 6 ja 7 välissä.
- Pintakerroksen alle tarvitaan kuivatuskerros tai salaojamatto, kun rakeisuus on rajan 4 ja 5 välissä.
- Luiskasuojauksen tarvitaan halkaisijaltaan yli 200 mm salaojaputki, kun käytetään rajan A oikealla puoliskolla olevaa rakeisuutta, koska rankkasateella kaikki vesi pyrkii imeytymään pintakerrokseen.



Kuva 9. Pintakerroksen rakeisuusvaatimukset ja salaojaputken koon arvioinnissa käytettävä raja A

Taulukko 6. Pintakerroksen rakeisuus

Rakei-suus-käyrä	Seulakoot (mm) ja niiden läpäisyprosentit											
	0,02	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	125
Raja 4	5	15	32	70	100	100	100	100	100	100	100	100
Raja 5	-	7	32	70	100	100	100	100	100	100	100	100
Raja 6	-	-	-	-	0	20	50	85	100	100	100	100
Raja 7	-	-	-	-	0	20	50	75	85	95	97	100

Pintaverhous

- Pintakerroksen päälle tehdään tarvittaessa kasvualusta, kiveys tai eroosiosuojaus. Pintaverhous sisältyy pintakerroksen paksuuteen
- Ojan pohjaan tehdään eroosiosuojaus, kun johdetaan suurempia vesimääriä tai vietto on suuri.

Ajorata ja piennar

- Ajoradalla käytetään Väyläviraston ohjeen **Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018** mukaista vesitiivistä tiepäällystettä, jos muuta suojausta ei uloteta koko ajoradan alle.
- Ennen seuraavaa päällystystä vesitiiviin tiepäällysteen halkeamat korjataan pysyvällä tavalla Väyläviraston ohjeen **Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018** mukaisesti.
- Vesitiivistä tiepäällystettä voidaan käyttää myös saarekkeiden ja kapeiden välikaistojen alla, kun niihin ei tehdä muuta tiivistysrakennetta.
- Vesitiiviin tiepäällysteen reuna tiivistetään ulottamalla bentoniittimatto ja muovikalvo 500–600 mm päällysteen alle.
- Pohjaveden suojausrakenteen toimivuudelle on eduksi, jos vesitiivistä tiepäällystettä seuraava ylempi päällystekerros tehdään vasta sen jälkeen, kun päällysteen halkeamat on korjattu.

Asfaltin tai betonin käyttö luiskasuojauksen tiivistyskerroksena

- Asfaltin tai betonin käyttöön luiskasuojauksena tarvitaan aina tilaajan hyväksyntä. Asfaltti ja betoni soveltuvat korvaamaan bentoniittimaton ja muovikalvon tiivistyskerroksena lähinnä silloin, kun muut materiaalit eivät sovellu.
- Asfalttia tai betonia voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun vesi täytyy johtaa rumpuun tai kun vesi täytyy johtaa paikoin maan pinnalla. Rakennetta voidaan käyttää myös autotien ja jalankulku- ja pyörätien välialueella, jossa on tonttiliittymiä varten lyhyin välein sivuojarumpu.
- Korvaaminen voidaan tehdä sillä osuudella, jolla bentoniittimaton päälle tulisi alle 500 mm:n paksuinen maakerros.
- Asfaltti ja betoni soveltuvat vain routimattomalle hyvin kantavalle alustalle.
- Asfaltin kiviaines on samanlaista kuin vesitiiviissä tie- tai kaatopaikka asfaltissa, mutta tyhjätilavaatimus harkitaan tapauskohtaisesti.
- Tiivistyskerroksen halkeilua voidaan estää betonissa esimerkiksi käyttämällä kuitua ja asfaltissa käyttämällä pehmeää bitumia.
- Asfaltti tai betoni liitetään ajoradan päällysteeseen vesitiiviisti.
- Tiivistyskerros pinnoitetaan vesitiiviillä bitumipinnoitteella.

- Tiivistyskerroksen päälle tehdään pintaverhous.
- Kun pintaverhouksena on kasvualusta, levitetään betoni- ja asfalttirakenteen päälle kasvien juurten tunkeutumisen estämiseksi käyttötarkoitukseen soveltuva muovikalvo.

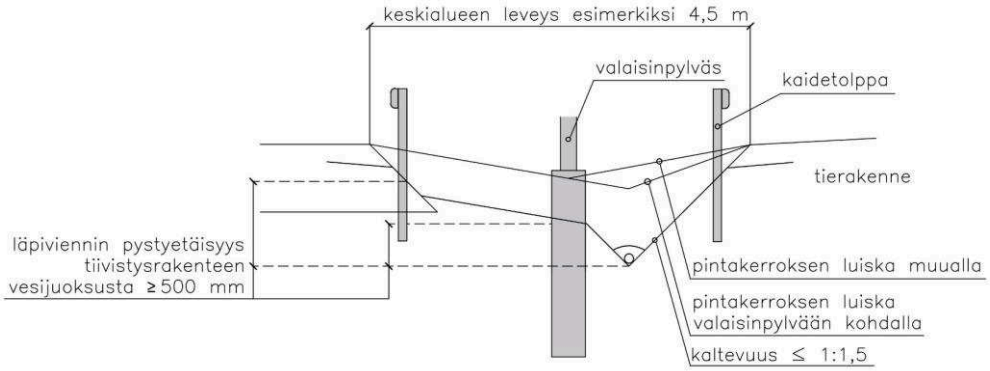
Korotetut keskialueet ja saarekkeet

- Korotetut keskialueet ja saarekkeet voidaan toteuttaa käyttämällä liimattavia tai liukuvalettuja betonisia reunatukia ja vesitiivistä tiepäällystettä niiden alla.
- Jos korotetulla keskialueella ja saarekkeissa käytetään upotettuja reunatukia, tehdään saarekkeen sisään tiivistyskerros vesitiiviistä tiepäällysteestä tai betonista. Saarekkeen sisään tehty tiivistyskerros liitetään reunatuen sivuun vesitiiviisti. Saarekkeen sisään tehty tiivistyskerros pinnoitetaan vesitiiviillä bitumipinnoitteella.

7.4.4 Luiskasuojausten läpiviennit

Kaikki pohjaveden luiskasuojausten läpiviennit suunnitellaan huolellisesti. Läpivientien toteutus on kuvattu tarkemmin **InfraRYL luvussa 14231**.

Luiskasuojauksen suunnittelun lähtökohta on, että valaisinpylväiden, portaalien ja kaiteiden sijainti sekä esimerkiksi meluesteen perustukset suunnitellaan ensin, minkä jälkeen siirretään luiskasuojauksen tiivistyskerroksen vesijuoksun sijaintia niin, että läpiviennit eivät tule liian lähelle vesijuoksua. Läpivienti sijoitetaan vähintään 500 mm tiivistysrakenteen vesijuoksua ylemmäksi.



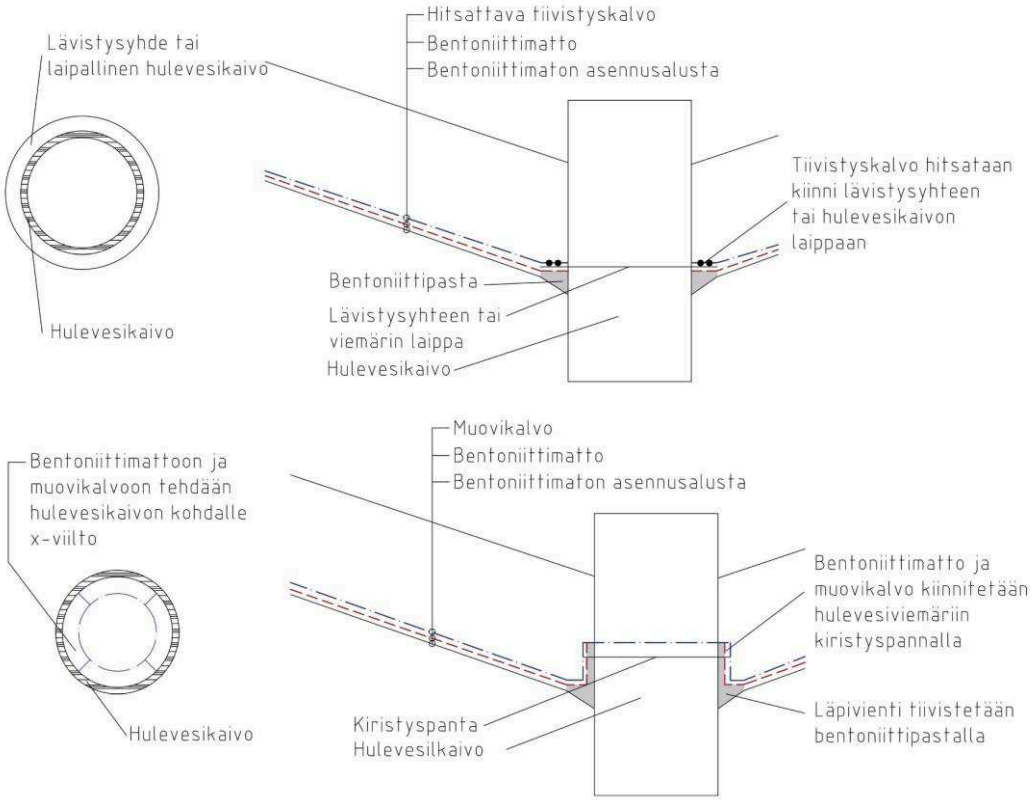
Kuva 10. Ojan pohjan vesijuoksun siirtäminen läpiviennin kohdalla.

Liikenne- ja opastusmerkit sijoitetaan niin, että niiden pylväät eivät edellytä läpiviennin tekemistä liian lähelle vesijuoksua. Läpivienti sijoitetaan vähintään 500 mm tiivistysrakenteen vesijuoksua ylemmäksi. Tarvittaessa monivartinen rakenne korvataan yksivartisella tai vesijuoksua siirretään.

Tien reunakaiteen pylväät lyödään tiivistyskerroksen läpi **InfraRYL luvun 14231** mukaisesti.

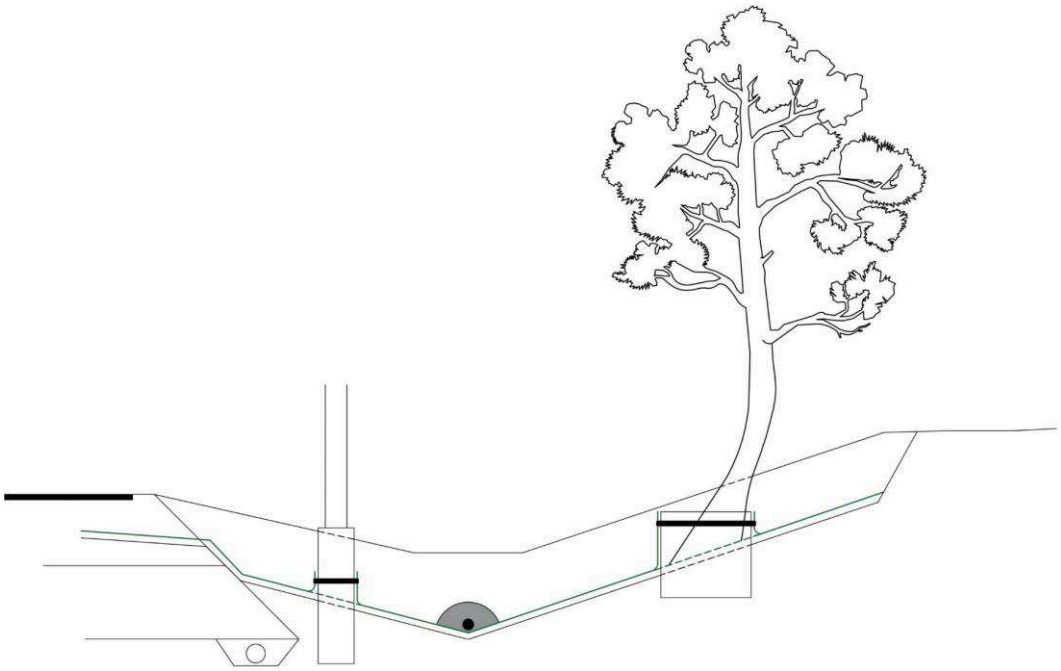
Hulevesiviemäreiden kaivot sijoitetaan aina väli- tai keskialueen alimpaan kohtaan. Jos tiivistyskerroksen vesijuoksu on samalla kohdalla, on salaojavedet helppo johtaa samaan kaivoon. Läpivienneissä käytetään kumitiivisteellisiä kau-

luksellisia muovikaivoja, johon tiivistyskerroksen muovikalvo voidaan liittää vesitiiviisti. Virhe läpiviennin toteutuksessa ja tiivistysrakenteen tekemisessä läpiviennin kohdalla voi pahimmassa tapauksessa johtaa kaikki kaivon yläpuoliselta suojatulta alueelta kerätyt vedet läpiviennin kohdasta pohjaveteen.



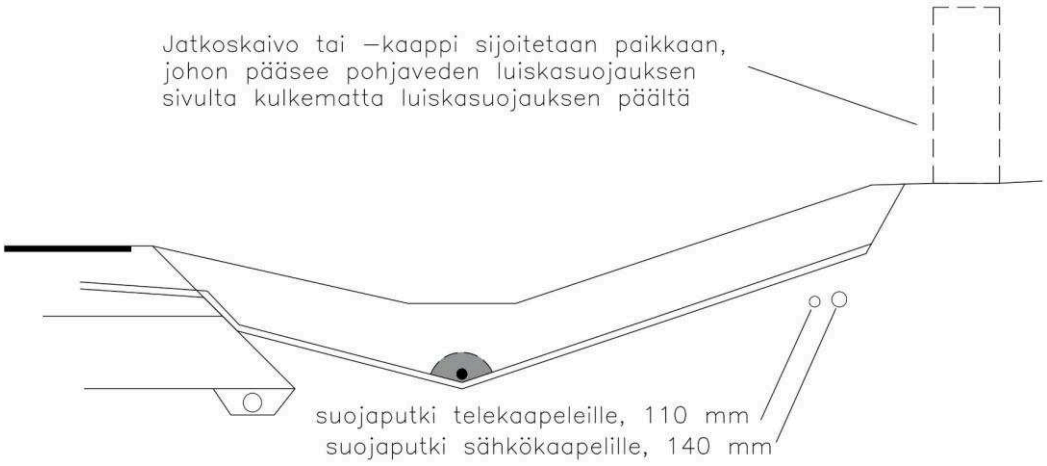
Kuva 11. Hulevesikaivon läpiviennin tiivistäminen. Tiivistäminen hitsaamalla tiivistyskalvo pysyvästi ja vesitiiviisti kiinni laipalliseen hulevesiviemäriin on suositeltavampi tapa.

Alhaisen nopeuden teillä voidaan ulkoluiskaan tai välikaistoille tarvittaessa jättää suojaukseen aukko puita varten. Aukosta vuotava kloridimäärä on pieni, jos veden valuminen suojaukselta läpivientikohtaan estetään. Yksittäisten säilytettävien puiden kohdalla suojausta voi ulkoluiskassa paikallisesti kaventaa.



Kuva 12. Ulkoluiskaan tai välikaistoille voidaan alhaisen nopeuden teillä jättää aukko suojaukseen puita varten.

Pohjaveden luiskasuojausten kohdalla sähkö- ja telejohtojen sijoittamisessa noudatetaan **määräystä johtojen ja rakenteiden sijoittamisesta maantien tie-alueelle** sekä Väyläviraston ohjetta **Sähkö- ja telejohdot ja maantiet**. Sähkö- ja telekaapeleita ei saa asentaa pohjaveden luiskasuojauksen sisäluiskaan. Uusiin suojauksiin rakennetaan ulkoluiskaan valmiiksi suojaputkia tele- ja sähkökaapeleille. Kaapeleiden jatkoskaivo tai -kaappi sijoitetaan paikkaan, johon pääsee luiskasuojauksen sivulta kulkematta luiskasuojauksen päältä. Jatkoskaivot toteutetaan telekaapeleille 2 km:n välein ja sähkökaapeleille 500 m:n välein.



Kuva 13. Sähkö- ja telekaapeleita ei saa asentaa pohjaveden luiskasuojauksen sisäluiskaan. Uusiin suojauksiin rakennetaan suojaputket ja jatkoskaivot kaapeleille.

7.4.5 Onnettomuussuojaus

Onnettomuussuojausta voidaan käyttää, kun varmuudella tiedetään, että tie ei tule talvisuolauksen piiriin ja raskasta liikennettä on paljon. Onnettomuussuojaus koostuu maatiivisteestä ja sen päälle rakennettavasta onnettomuussuojauksen pintakerroksesta ja kasvualustasta. Jos luiskassa ei liikuta ja luiskan eroosiovaara on vähäinen, onnettomuussuojaus koostuu maatiivisteestä ja kasvualustasta. Onnettomuussuojauksessa ei käytetä kuivatusrakenteita. Onnettomuussuojauksen pintakerros, kasvualusta ja nurmetus suojaavat onnettomuussuojauksen tiivistyskerrosta liialliselta kuivumiselta ja kuivumisen aiheuttamalta kutistumishalkeilulta.

Tiivistetyn maatiivisteen paksuus on vähintään 500 mm. Maatiiviste rakennetaan laihasta savesta, siltistä tai silttimoreenista. Maatiivisteen materiaalin 0,063 mm:n seulan läpäisy on ≥ 50 % ja savilajitteen (< 0,002 mm:n aines) määrä 10–50 %. Maatiivisteen materiaalit ovat kivettömiä ja niiden humuspitoisuus on < 2 %, eivätkä ne sisällä kasvijätettä tai turvetta. Maatiivisteen materiaalien suurin sallittu raekoko on 1/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta. Maatiivisteen materiaalien vedenläpäisevyyttä ei tarvitse tutkia laboratoriossa, jos maatiivisteen rakeisuus täyttää tämän ohjeen vaatimukset.

Onnettomuussuojauksen pintakerroksen paksuus on 100–300 mm. Se rakennetaan paikallisesta kitkamaasta, jonka suurin sallittu raekoko on 1/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta. Materiaali sisältää enintään 50 % seulan 0,063 mm läpäisevää ainesta.

Kasvualusta on Väyläviraston ohjeen **Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä** ja **InfraRYL luvun 23110** mukainen. Kasvualusta nurmetetaan maisemanurmi 1:n mukaisesti. Kasvualustana käytettävä materiaali on **InfraRYL taulukon 23111:T1** kohdan Ravinteisuustyypin 4 kuivat niityt mukainen.

Maatiiviste rakennetaan mahdollisuuksien mukaan sateettomana aikana. Maatiiviste levitetään, pinta tasataan ja tiivistetään saman päivän aikana tasaiseksi ja kantavaksi erillisissä, korkeintaan 300 mm kerroksissa. Maatiiviste tiivistetään kuivana, jotta kuivumiskutistuma ei aiheuta suuria halkeamia. Maatiiviste peitetään mahdollisimman pian rakentamisen jälkeen.

Pintakerroksen materiaali levitetään maatiivisteen päälle mahdollisimman pian maatiivisteen rakentamisen jälkeen, pinta tasataan ja kerros tiivistetään korkeintaan 300 mm kerroksissa.

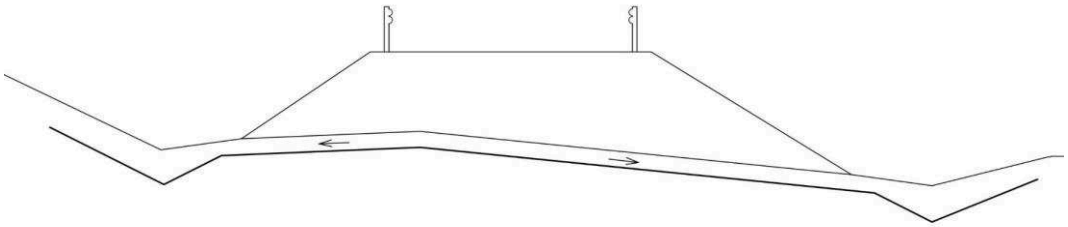
Kasvualusta rakennetaan **InfraRYL luvun 23110** mukaisesti.

Maatiivisteen läpivientien toteutus varmistetaan koeasennuksella, jonka perusteella laadittavassa laatusuunnitelmassa esitetään käytettävät materiaalit ja työmenetelmät.

Onnettomuussuojaus voidaan toteuttaa myös ohjeen **Tiekaiteiden suunnittelu** mukaisesti valitulla kaiteella.

7.5 Tiivistyskerros tiepenkereen alla

Jyrkkiin luiskiin tai läpivienteihin liittyviä ongelmia voidaan vähentää rakentamalla luiskasuojausta vastaava tiivistysrakenne koko tierakenteen alapuolelle **kuvan 14** mukaisesti. Kun tiivistysrakenne tehdään koko tierakenteen alapuolelle, valitaan tiivistyskerroksen viettokaltevuudet niin, että ne ovat pohjamaan pitkäaikaisen kokoonpuristumisen jälkeenkin vähintään 5 % ja vietto on sivuojaan päin.



Kuva 14. Penkereen alle tehty suojaus.

Penkereen sisään tehdyssä tiivistyskerroksessa käytetään samanlaista bentoniittimattoa ja muovikalvoa kuin luiskasuojauksissa.

Tiivistysrakenteen päälle tehdään kuivatuskerros, jonka paksuus on vähintään 0,3 m tai pintakerros, jonka paksuus on vähintään 0,5 m. Louherakenteen alla kuivatuskerroksen paksuus on vähintään 1,0 m.

7.6 Vesimäärien hallinta

Pohjaveden suojauksissa vesien johtaminen ja vesien purkupaikat suunnitellaan siten, että hulevedet eivät aiheuta riskiä pohja- tai pintavesille tai rakenteille haitallista eroosiota. Pohjaveden suojausten pintavesiä johtavat laskuojat ja hulevesiviemärit suunnitellaan Väyläviraston ohjeen **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu** ja tämän luvun mukaisesti. Tiealueen ulkopuolisten vesien pääsy luiskasuojauksen päälle pyritään tavallisesti estämään, jotta ne eivät kuormita pohjaveden suojauksen kuivatusjärjestelmää tarpeettomasti.

Luiskasuojauksessa käytettävät salaojat suunnitellaan siten, ettei tiivistyskerroksen päällä olevan veden pinta nouse yli 0,5 m ojan pohjan vesijuoksua korkeammalle.

Kun pintakerroksen materiaalina on **kuvan 9** ohjealueen rajoja 4 ja 7 noudattava hiekkamoreeni, riittää putkihalkaisija 110/95.

Kun materiaalina on **kuvan 9** rajan A vasemmalla puolella oleva rajakäyrien suuntainen keskikarkea hiekka ja salaojaputkeen kuivatetaan pintakerrokseen imeytyneitä vesiä yli 500 m matkalla, tarvitaan putkihalkaisija 160/138.

Kun materiaalina on **kuvan 9** rajan A oikealla puolella oleva rajakäyrien suuntainen karkea hiekka, tarvitaan lyhyilläkin matkoilla putkikoko 250/215, koska kaikki vesi pyrkii imeytymään karkeaan hiekkaan. Rankkasateella suurikaan putkikoko ei riitä kuivattamaan kerrosta, jos tätä materiaalia käytetään yli 500 m matkalla.

Pitkän ajan kuluessa ojan pohja voi liettyä niin, että suurempi osa vedestä alkaa virrata avo-ojan pohjassa.

7.7 Altaat ja muut veden suodatus- ja viivytyskeinot

Väyläviraston ohjeessa **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu** on esitetty maanteiden hulevesien suodattamisen ja viivyttämisen tarve ja keinot.

Hulevesien suodattamista tarvitaan, jos vedessä on runsaasti raskasmetalleja ja muita epäpuhtauksia tai jos vettä ollaan johtamassa ympäristöolosuhteiden muutoksille herkkään vesistöön. Herkkiä vesistöjä ovat kirkasvetiset lammet ja purot hiekka- ja sora-alueilla, kalatalouden kannalta merkittäviksi todetut purot, vähävetiset norot, lammet ja kapeat järven lahdet sekä erityiset pienialaiset suojelukohteet.

Rakentamisen aikaisten hulevesien suodattamistarve pitää selvittää silloin, kun vedet ovat purkautumassa herkkään vesistöön, sillä rankkasateiden liettävä vaikutus ja tulvien aiheuttamat poikkeustilanteet voivat aiheuttaa kiintoaines- ja ravinnepäästöjä. Suodattamiseen tarvittavien rakenteiden vaatimaan tilaan tulee varautua jo tiesuunnitelmassa. Jos vesistö ei ole herkkä, pohjavesialueelta kerättyjen vesien suodattaminen ja öljyn erottaminen ei ole sen tarpeellisempaa kuin muillakaan tiealueilla. Toisaalta pohjavesialueiden, erityisesti E, 1E ja 2E luokan pohjavesialueet, lähellä on useammin herkkiä vesistöjä kuin muilla alueilla ja osa vesistöistä on yhteydessä pohjaveteen.

Pohjaveden suojausten rakennussuunnitelmassa osoitetaan kaikki herkät vesistöt, joihin ei saa pysyvästi johtaa käsittelemättömiä tievesiä. Lisäksi rakennussuunnitelmassa määritellään vesistöt, joihin ei saa rakentamisenkaan aikana päästä liikaa samentuneita vesiä.

Pohjaveden luiskasuojauksen pintakerros toimi suodattimena vastaavaan tapaan kuin Väyläviraston ohjeessa **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu** esitetty kaksikerroksinen oja, joten luiskasuojaukselta johdettavat vedet ovat yleensä riittävän puhtaita johdettavaksi suoraan purkupaikkaan, jos laskuoja ei ole eroosioherkkä. Pohjaveden luiskasuojaus myös viivyttää jonkin verran veden virtausta rankkasateiden aikana. Rankkasateella osa puhtaistakin vesistä virtaa avo-ojan pinnassa eikä suodatu tai viivyty pintakerroksessa. Luiskasuojausrakenne ei estä suurten öljymäärien tai muiden haitallisten nesteiden etenemistä pintavalumana vesien purkupaikkaan onnettomuustilanteissa. Tarvittaessa luiskasuojauksen kuivatusjärjestelmään tehdään öljynerotuskaivo tai -allas tai pelastusviranomaisille järjestetään materiaalia, jolla likainen vesi voidaan padottaa tilapäisesti.

Jos jostain syystä, esimerkiksi notkopaikoissa, tiealueen vesiä joudutaan imeyttämään maahan, hulevesien suodatus ja viivytys voi olla tarpeen. Imeytysmahdollisuuden ja suodatustarpeen arvioinnissa otetaan huomioon pohjavedelle haitallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksien riski sekä liukkaudentorjunta-aineiden aiheuttama riski pohjavesille.

Myös laskuojasta voi irrota rankkasateella vettä samentavaa maa-ainesta ennen riittävän suodattavan ja pidättävän kasvillisuuden muodostumista. Suuri ojan pohjan pituuskaltevuus tai virtaus voi johtaa siihen, että kasvillisuutta ei synny, vaan vesi vie maata mennessään.

Betonikaiteilla ja hulevesiviemärillä toteutetusta ratkaisusta tievedet pääsevät suodattumatta ja viivytyksettä purkupaikkaan. Jos vedet vastaanottava vesistö on herkkä, tarvitaan ennen vesistöä allas, johon liete laskeutuu, virtaus viivästyy tarvittaessa ja mahdollinen öljy erottuu.

Viivytys- ja laskeutusaltaan sijoittamista pohjavesialueelle vältetään. Jos allas tarvitaan ja se sijoitetaan pohjavesialueelle, tehdään altaaseen vesitiivis pohja. Allasrakenteiden materiaalit ja rakenteet ovat **InfraRYL luvun 14232** mukaiset.

Pohjavesialueelle sijoitettujen vesitiiviiden viivytys- ja laskeutusaltaiden tasauksen suunnittelussa noudatetaan samaa sääntöä alimmasta sallitusta tiivistyskerroksen alapinnan korkeustasosta, kuin luiskasuojauksen tasauksen suunnittelussa, jotta pohjaveden pinnan nousun aiheuttama noste ei riko altaan vesitiivistä pohjaa. Pohjastaan vesitiiviiden viivytys- ja laskeutusaltaiden kunnossapitoon kuuluva lietteen poistaminen on merkittävä riski altaiden vesitiiviiden pohjarakenteiden ehjyydelle.

Pohjavesialueen ulkopuolella altaaseen voidaan valita osittain läpäisevä pohja. Osittain vettä läpäisevä allas kestää paremmin pohjaveden pinnan vaihteluja kuin täysin vesitiivis allas. Pohjavesialueen ulkopuolelle sijoitetussa pohjastaan läpäisevässä viivytys- ja laskeutusaltaassa ei pohjaveden pinnan korkeutta tarvitse ottaa tasauksen suunnittelussa vastaavalla tavalla huomioon.

Viivytys- ja laskeutusaltaan toiminta perustuu siihen, että maapartikkelit ennättävät laskeutua altaan pohjalle veden virtausnopeuden hidastuessa ja pyörteisyyden vähetessä. Mitä pidemmän aikaa vesi viipyy altaassa, sitä hienojakoisempaa maa-ainesta ehtii laskeutua. Viivytys- ja laskeutusallas pidättää parhaiten karkeajakoisempia hiukkasia, kuten hiekkaa ja hietaa.

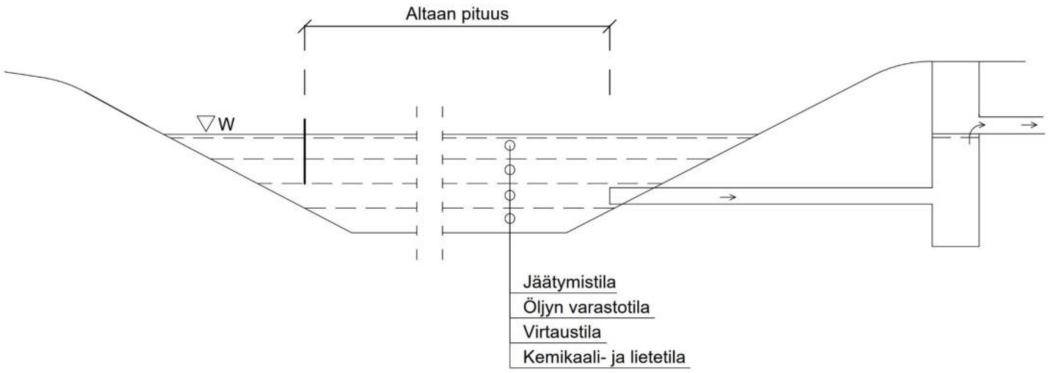
Lietteen laskeutumiseen ja öljyn erottamiseen suunnitellun altaan koon mitoitusperiaatteet ovat seuraavat:

- Altaan mitoitusvirtaamaksi (Q) valitaan kerran 20 vuodessa toistuva lumen sulamisen aiheuttama kevätylivaluma Väyläviraston ohjeen **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu kuvan 6** mukaisesti
- Virtaustilan virtaamissuuntaa vastaan kohtisuora poikkileikkaus (A = leveys x korkeus) valitaan siten, että keskimääräiseksi virtausnopeudeksi (v) tulee enintään 50 m/h (A > Q/v), jotta liete alkaa laskeutua.
- Altaan pituus (l) mitoitetaan siten, että veden viipymisajaksi (t) altaassa tulee vähintään 9 min eli 0,15 h (l>t x v)
- Suositus altaan pituus:leveys -suhteeksi on 3:1–4:1, jotta vesi virtaa tasaisesti koko altaan leveydeltä.

- Lietteen (ym. raskaiden aineiden) varastotilavuudeksi valitaan 10–30 m^3. Varastotila on tyhjennettävä, kun se täyttyy.
- Öljyn (ym. kevyiden aineiden) varastotilavuudeksi valitaan 20 m^3, mikä riittää säiliöauto-onnettomuudessa, jossa puolet säiliöauton 40 m^3 kuormasta pidättyy luiskiin tai jää säiliöön. Öljy jää altaaseen, jos vesi puretaan altaasta **kuvan 15** mukaiselta syvyydeltä öljyn varastotilan alapuolelta. Pohjavesialueen reunassa tai ulkopuolella altaaseen voidaan vaihtoehtoisesti tehdä seinä, joka kattaa **kuvaan 15** merkityn jäätymistilan ja öljyn varastotilan ja estää pinnalle nousevan öljyn etenemisen laskuojaan. Tällöin vedet voidaan johtaa altaasta avouomaa pitkin pohjavesialueen ulkopuolelle.Jäätymistilan paksuudeksi valitaan 0,6–1,0 m.
- Altaan purku-uoman tai -putken koolla voidaan säädellä altaan viivytysvaikutusta. Tulvavedelle on oltava vaihtoehtoinen purkureitti, jos purkuputken mitoitusvirtaama ylittyy. Avouoman alku voidaan muotoilla korostetun V-muotoiseksi, jolloin virtaus lisääntyy, jos allas uhkaa täyttyä, mutta lyhyiden rankkasateiden vesi virtaa viivästetysti.
- Altaan tulo- ja menovirtaaman putket asennetaan routarajan alapuolelle.

Jos viivytys- ja laskeutusaltaan yhteydessä käytetään öljynerotuskaivoa, sen varastotilan suuruus valitaan tapauskohtaisesti.

Kuntaliiton **Hulevesiooppassa** tarkoitetulla juurakkopuhdistamolla ei ole yksinään vastaavaa viivytys- ja suodatusvaikutusta kuin **Teiden ja ratojen kuivatusohjeen** mukaisella kaksikerrosojalla tai viivytys- ja laskeutusaltaalla. **Luvun 7.4** mukainen luiskasuojaus vastaa viivytys- ja suodatusominaisuuksiltaan kaksikerrosojaa.



Kuva 15. Esimerkki laskeutusaltaan toimintaperiaatteesta.

7.8 Laskuojat ja viemärit

Pohjaveden suojausten vesien johtaminen ja vesien purkupaikat suunnitellaan niin, että hulevedet eivät aiheuta pohja- tai pintavesien likaantumista. Suojatulta osuudelta kerääntyvät vedet voidaan johtaa pohjaveden suojauksen jatkeena olevan tieosuuden sivuojaan pohjavesialueen ulkopuolelle. Vesiä ei saa purkaa paikkaan, josta ne voivat imeytymällä tai pintavaluntana kulkeutua takaisin pohjavesialueelle. Sivuojan, laskuojan tai viemärin tiivis rakenne ulotetaan suojattavan alueen ulkopuolelle maaperäolosuhteista ja vietosta riippuen niin kauas,

että oja on huonosti vettä läpäisevässä maaperässä tai muuten on varmaa, että vesi ei pääse imeytymään pohjavesialueelle.

Laskuojat ja hulevesiviemärit mitoitetaan Väyläviraston ohjeen **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu** mukaisesti. Pohjaveden suojauksen alueella laskuojat toteutetaan hulevesiviemärinä, koska tavanomaiseen 1:1,5 luiskin varustettuun laskuojaan ei voi toteuttaa toimivaa luiskasuojausta. Hulevesiviemärin vietto voidaan suunnitella avo-ojaa vapaammin kumpuilevassa maastossa. Hulevesiviemärin liitokset tehdään vesitiiviiksi ja tiiviys varmistetaan **InfraRYL:n kohdan 31200.5** mukaisella ilmanpainekokeella. Tilaaja voi hyväksyä erityistapauksessa hulevesiviemärin korvaamisen lyhyellä matkalla avoimella luiskasuojatulla laskuojalla, kun sen luiskakaltevuus on 1:4, virtausmäärä ja vietto ei aiheuta eroosiota valittuun pintamateriaaliin ja laskuoja on sellaisessa paikassa, että sivuojien luiskia niittävällä koneella pääsee vaivatta niittämään laskuojaa aina kun sivuojaakin niitetään. Erityistapauksia ovat esimerkiksi tilanteet, jossa hulevesiviemärin syvyys tulisi purkuvesistön kannalta ongelmalliseksi. Laskuojien luiskat on niitettävä vuosittain samalla tavalla kuin sivuojat, jotta niihin ei kasva pensaita tai puita. Tarvittaessa estetään aidalla mopoilureittien tai muiden vastaavien reittien syntyminen laskuojan poikki.

8 Pohjaveden suojauksesta toimitettavat tiedot

8.1 Pohjaveden suojauksen kuvaus

8.1.1 Kuvauksen tarve

Pohjaveden suojauksen kuvaukset laaditaan rakennussuunnitelmavaiheessa ja päivitetään rakennusvaiheessa toteutettujen suojausten mukaisiksi. Pohjaveden suojauksen kuvaus on osa urakan loppudokumentointia. Kuvauksen laatii yleensä urakoitsija mahdollisesti yhteistyössä suunnittelijan, tulevan kunnossapitäjän ja pelastusviranomaisen kanssa. Pohjaveden suojauksen kuvaus toimitetaan tilaajalle, tienpitäjälle, tieliikennekeskukselle, alueelliselle ympäristöviranomaiselle, pelastuslaitokselle sekä tarvittaessa myös muille tahoille, esimerkiksi vesilaitoksille.

Rakennetut pohjaveden suojaukset kuvataan seuraavia toimintoja varten:

- Tien kunnossapitäjät tarvitsevat tietoja rakennetuista pohjaveden suojauksista pystyttäessään liikennemerkkejä, huoltaessaan kuivatusjärjestelmiä sekä hoitaessaan tienvarsien kasvillisuutta – esimerkiksi liikennemerkin pystytys voi rikkoa luiskasuojauksen ja kuivatuksen toimivuus on tärkeää kloridisuojauksen toimivuudelle.
- Teiden kunnossapitoon pohjaveden suojausten kohdalla liittyy muusta kunnossapidosta poikkeavia erityisvaatimuksia: suolaisen lumen aurausnopeutta rajoitetaan, niittoleveys on tavanomaista leveämpi ja ulkoluiskassa tai jyrkässä sisäluiskassa ajamista vältetään.
- Pelastusviranomaisille suojauksen rakennetta koskevat tiedot sekä tiedot ajoreiteistä esimerkiksi sulkuventtiileille ovat tarpeellisia vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuuksien ensi- ja jälkitorjuntatöissä. Pelastusviranomaiset vastaavat ensitorjuntatöistä. Jälkitorjuntatöistä vastaa kunta. Pelastusviranomainen välittää tarpeelliset tiedot kuntaan.
- Tieliikennekeskukset tarvitsevat tietoa toimiessaan yhteistyössä pelastusviranomaisen kanssa.
- Tiensuunnittelijat ja tieviranomaiset tarvitsevat tietoja pohjaveden suojauksista suunnitellessaan tien parannusta, valaistusta tai kevyen liikenteen väylän rakentamista, suunnitellessaan suojauksen laajentamista sekä vastatessaan mm. kaapeleiden asentamista koskeviin toimenpidelupahakemuksiin.
- Pohjaveden suojelusta vastaavat tahot tarvitsevat tietoja arvioidessaan suojauksen toimivuutta ja suunnitellessaan mahdollisia lisätoimenpiteitä pohjaveden suojelemiseksi.

Pohjaveden suojauksen kuvaus sisältää **luvussa 8.1.2** esitetyt asiat. Kuvaus toimitetaan pdf-muodossa sekä tarvittaessa paikkatietomuodossa ja suunnitelma-aineistona.

Tieliikennekeskukset jakavat onnettomuustilanteen sattuessa pyydettäessä pohjaveden suojauksen kuvauksia pelastuslaitoksille, tien kunnossapitäjille ja vesilaitoksille.

Tavoitteena on, että Tieliikennekeskus saa pohjaveden suojauksen kuvaukset Väyläviraston suunnitelma- ja toteumatietovarastosta. Lisäksi tavoitteena on, että myös ennen tämän ohjeen laatimista tehdyt pohjaveden suojauksen kuvaukset kootaan tieliikennekeskusta varten. Tavoitetilassa kuvausten hakeminen perustuu paikkatietoon.

8.1.2 Kuvauksen sisältö

Pohjaveden suojauksesta laaditaan sen valmistuttua kuvaus, johon on koottu kaikki keskeinen toteutettuun suojaukseen liittyvä tieto. Kuvauksessa esitetään tiiviisti pohjaveden suojauksen sijaintia, laajuutta ja rakennetta koskevat tiedot, kesä- ja talvihoitoa koskevat tiedot ja toimintaohjeet sekä pelastuslaitosten tarvitsemat tiedot mahdollisia onnettomuustapauksia varten. Pohjaveden suojauksen kuvauksen laatimisen yhteydessä määritellään pohjaveden suojauksesta Väyläviraston tiestötietojärjestelmään vietävät tiedot. Kaikkien asiakirjojen tulee olla toteutetun pohjaveden suojauksen rakenteen mukaisia.

Kunnossapitäjälle ja pelastusviranomaiselle annettavat ohjeet perustuvat **lukuihin 3.8 ja 3.9** sekä kunnossapitäjän ja pelastusviranomaisen kanssa mahdollisesti kohdekohtaisesti sovittuihin asioihin.

Pohjaveden suojauksen tarkemmat kartat, rakennepiirustukset ja muut yksityiskohtaiset tiedot kootaan **luvun 8.3** mukaisesti toimitettavaksi Väyläviraston suunnitelma- ja toteutumatietovarastoon.

Kuvausta laadittaessa varmistetaan, että kunnossapitäjän ja pelastusviranomaisen on mahdollista tarkastella karttoja ja poikkileikkauskuvia A4 -kokoisesta laitteesta tai A4- tai A3 -tulosteesta niin että voidaan yhtä aikaa hahmottaa kokonaisuus ja silti lukea tekstejä riittävällä fonttikoolla.

Pohjaveden suojauksen kuvauksessa esitetään ainakin seuraavat asiat:

- Yleiskartalla ja sen selitetekstissä esitetään seuraavassa luetellut tiedot:
    - kunta, tien numero, tieosa, etäisyydet tieosan alusta sekä kartan koordinaattiristin koordinaatit ja käytetty koordinaatisto
    - suojattu alue, erilaisten pohjaveden suojausten rajat, valumavesien käsittelyn periaatteet, pumppaamot, öljynerotuskaivot ja viivytys- ja laskeutusaltaat sekä vesien purkupaikat.
    - pohjavesialueen nimi ja numero, luokka, rajat, kartalla ei esitetä vedenottamoita tai pohjavesiputkia
    - yleiskartan mittakaava on esimerkiksi 1:10 000 ja taustakarttana käytetään esimerkiksi osoitekarttaa

- Pohjaveden suojauksen kuvauksen yksityiskohtaisella kartalla esitetään seuraavassa luetellut tiedot. Kartta on tarkoitettu käytettäväksi taustatietona ympäristövahinkojen torjunnassa. Kartta ei ole julkinen, eikä sitä saa viedä Väyläviraston avoimiin aineistoihin.
    - pohjaveden suojauksen kuvauksen yleiskartan tietosisältö
    - sulkuventtiilit
    - sähkö- ja telekaapelien suojaputket ja jatkoskaivot
    - vedenottamot ja pohjavesiputket
    - pelastusviranomaisten tarvitsemat ajoreitit

    - yksityiskohtaisen kartan mittakaava on esimerkiksi 1:2000 tai 1:5000 siten, että edellä luetellut asiat ovat helposti löydettävissä ja luettavissa
    - kartalla viitataan luiskasuojauksen tyyppipoikkileikkauksiin

- Pohjaveden suojausrakenteen osalta kuvataan sanallisesti ja piirustuksin:
    - erilaiset luiskasuojaukset kuvataan tyyppipoikkileikkauspiirroksella, jossa esitetään yhden sivuojan poikkileikkaus ja yhden keskialueen poikkileikkaus ja kuvataan rakenteessa käytetyt materiaalit ja paksuudet

- Maanteiden hoito pohjaveden suojauksen kohdalla kuvataan sanallisesti:
    - talvihoito ja mahdolliset rajoitukset pohjaveden suojauksen kohdalla (esimerkiksi suolan käyttö ja aurauslumen leviäminen)
    - liikennemerkkien pystytysohjeet (mihin ja miten)
    - tieympäristön viherhoito pohjaveden suojauksen kohdalla (laaditaan viherhoidon hoitokortti)
    - tieto siitä missä valumavesien pumppaamon hoito-ohje on
    - suojauksen kunnon seuranta, esimerkiksi luiskien valuminen tai eroosioherkkyys sekä kuivatusjärjestelmien puhtaanapito voi vaatia seurantaa

- Yhteystiedot
    - palo- ja pelastusviranomainen
    - alueellinen tienpitoviranomainen
    - alueellinen ja kunnallinen ympäristöviranomainen
    - vesihuoltolaitos

8.2 Tietojärjestelmiin toimitettavat tiedot

8.2.1 Suunnitelma- ja toteumatietovarastoon toimitettavat tiedot

Pohjaveden suojausten suunnitelma- ja toteutumatiedot toimitetaan Väylävirastolle tai ELY-keskukselle **Yleiset inframallivaatimukset YIV** -ohjeistoa noudattaen. Suojauksista toimitetaan vähintään seuraavan luettelon mukaiset tiedot. Rakentamisen aikana tulleet muutokset päivitetään suunnitelmiin, asiakirjoihin sekä aineistoihin.

- Toteumamalli sekä sovitussa laajuudessa laaditut pituus- ja poikkileikkaukset
- Luiskasuojauksen ulkorajat
- Suunnitelmakartta
- Tyyppipoikkileikkaukset
- Tyyppikuvat luiskasuojausten läpivientien toteutustavasta
- Valumavesien pumppaamojen tiedot
- Öljynerotusaltaiden ja hulevesialtaiden rakenne, materiaalit, pituusleikkaus, poikkileikkaus vastaavasti kuin koko luiskasuojauksesta
- Rakentamisen työselitys, johon on päivitetty rakentamisen aikana tulleet muutokset
- Tiedot suojauksen rakentamisessa käytetyistä materiaaleista
    - bentoniittimaton tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa
    - muovikalvon tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa
    - suodatinkankaan tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa
    - muiden suojausrakenteissa käytettyjen geosynteettisten tuotteiden tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa
    - suojausrakenteessa käytettyjen kivi- ja maa-ainesten rakeisuus ja ottopaikka
    - tiedot betonikaiteesta ja siihen liittyvästä hulevesiviemäristä
    - Ilmenneet ongelmat, esimerkiksi eroosio- ja valumakorjaukset
    - ongelmakohtien sijainti
    - ongelmien luonnehdinta
    - rakentamisen aikainen korjaustapa
    - jälkiseuranta
- Tiedot pohjamaasta ja pohjavedestä, esimerkiksi seuraavia tietoja
    - maalaji
    - maaperämuodostuma
    - kallioperä
    - pohjaveden virtaussuunnat
    - maanpinnan topografia
    - pohjavesimuodostuman tyyppi (vettä ympäristöstään keräävä tai vettä ympäristöön purkava).
- Mahdolliset pohjavesiputket
    - pohjavesiputkien putkikortit
    - sijainti joko kartalla tai koordinaatteina
- Pohjavesialuetta koskevat viranomaismääräykset
    - asema-, yleis- ja maakuntakaavoissa olevat kaavamääräykset
    - vedenottamoiden suoja-aluepäätökset

Väyläviraston tiestötietoja sekä suunnitelma- ja toteumatietoja koskevia järjestelmiä kehitetään ohjeen laatimisen kanssa saman aikaisesti (2020). Tiestötietojärjestelmän sekä suunnitelma- ja toteumatietovaraston toteuttamisen aikana märitellään tarkemmin myös se, miten urakoitsija toimittaa hankkeiden tiedot esimerkiksi pohjaveden suojauksista Väylävirastolle tai ELY-keskukselle.

8.2.2 Tiestötietojärjestelmä

Urakoitsija toimittaa Väylävirastolle tai ELY-keskukselle tässä luvussa esitetyt tiedot toteutetusta pohjaveden luiskasuojauksesta toimitettavaksi tierekisteriin.

Tie	Tien numero
Alkuosa	Tieosa, josta pohjaveden suojaus alkaa
Alkuetäisyys	Etäisyys alku(tie)osan alusta pohjaveden suojauksen alkamiskohtaan
Loppuosa	Tieosa, johon pohjaveden suojaus loppuu
Loppuetäisyys	Etäisyys loppu(tie)osan alusta pohjaveden suojauksen päättymiskohtaan
Ajorata	Ajoradan numero
Kaista	Ajokaistan numero
Pohjaveden luiska-suojauksen tyyppi	0 = ei suojausta, 1 = tieympäristö on suojattu rakenteellisesti, mutta tapaa ei ole selvitetty tai tapa, jolla ojanpohja on käsitelty, ei ole mikään seuraavista: 2 = tiivistetty maakerros, 3 = bentoniitti ja kuitukankaat (bentoniittimatto), 4 = min. 15 cm kerros bentoniitin ja maan sekoitusta, 5 = paksu, min. 1 mm muovikalvo, 6 = ohut muovi ja maatiiviste, 7 = bentoniittimatto ja muovi, 8 = bentoniittimaa ja muovi, 9 = ei tiedossa

Myös betonikaiteen ja hulevesiviemärin yhdistelmästä toimitetaan tiedot Väylävirastolle ja tiestötietojärjestelmään. Kaikkien kaiteiden, ml. betonikaiteiden, tiedot viedään tiestötietojärjestelmään ja kaiteen tehtävä (pohjaveden suojelu) merkitään tietoihin.

8.2.3 Sijaintitietopalvelu

Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin sijaintitietopalvelu välittää tietoa kaivajille erilaisten verkkotoimijoiden (sähköjakeluverkko, viestintäverkko, viemäriverkosto, tievalaistus jne.) johtojen sijainnista. Tavoitteena on välittää tietoa myös pohjaveden luiskasuojausten rajoista ja kaapeleita varten tehdyistä suojaputkista. Silloin kaapeleiden sijaintitietoja pyytävä kaivaja tai kaapelin auraaja saisi pyytämättäkin tiedon luiskasuojauksesta ja siihen liittyvistä suojaputkituksista.

Verkkotietopiste ja tietojenantovelvollisuus perustuu **lakiin verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä**. Tietosisältö on määritelty tarkemmin **Liikenne- ja viestintäviraston määräyksessä M71**.

Pohjaveden suojausten merkitseminen maastoon

Pohjaveden luiskasuojaus merkitään maastoon tiedotustaululla, jossa on teksti "Pohjaveden suojaus", "Kaivukielto" sekä suojatun osuuden pituus ja suunta. Ruotsinkieliset tekstit ovat "Grundvattenskydd" ja " Grävningsförbud". Merkin pohjaväri on valkoinen ja tekstit ja nuoli mustat.

Tiedotustaulu sijoitetaan tien suuntaisesti ojan taakse. Sijoittamisessa noudatetaan Väyläviraston ohjetta **Yleisohjeet liikennemerkkien käytöstä, Tiehallinto**. Tiedotustaulun rakenne ja pystytys suunnitellaan Väyläviraston ohjeen **Liikennemerkkien rakenne ja pystytys** sekä tämän ohjeen **luvun 7.4** mukaisesti.

Yleistä pohjavesialueista

Kloridi pohjavedessä

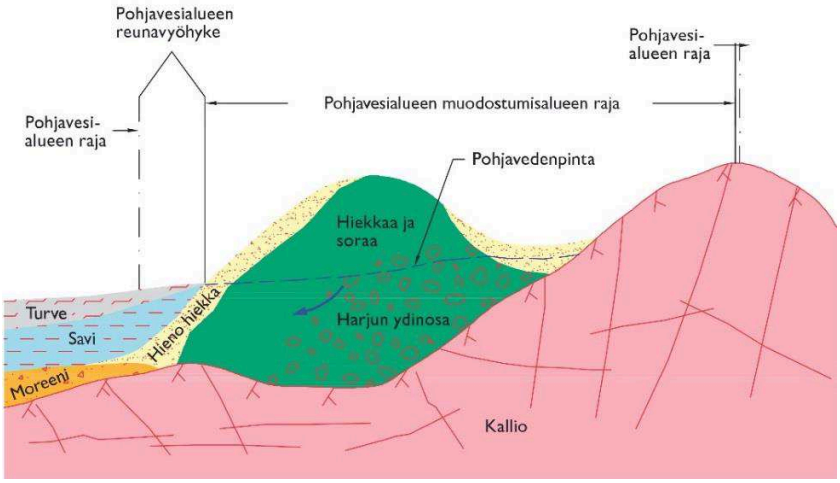
Kloridi on veteen liuenneena helposti liikkuva ja sen pitoisuustasoihin vaikuttavat merkittävästi muodostuman hydrogeologia ja koko sekä pitoisuuden mittausten vuodenaika. Pääasiassa kloridi kulkeutuu pohjaveden päävirtaussuuntaan. Maaperän kerrosrakenteista johtuvan kloridipitoisuuden syvyyssuuntaisen vaihtelun voi selvittää havaintoputkesta pohjaveden sähkönjohtavuusmittauksen avulla.

Jos pohjavesimuodostuman kolmiulotteisesta rakenteesta ja pohjaveden tarkoista virtaussuunnista tai -nopeuksista ei ole saatavilla tutkimustietoa, kloridipitoisuuden seurantatulosten tulkinta voi olla haasteellista. Havaintoputkien määrän lisääminen, näytteenottotiheyden kasvattaminen ja muodostuman rakenteen selvittäminen geofysikaalisin menetelmin tarkentavat tulkintaa.

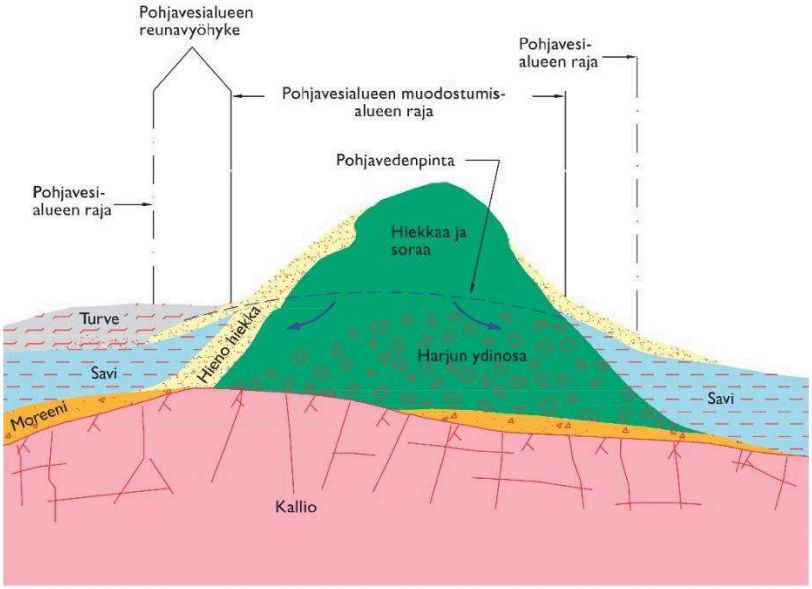
Pohjavesimuodostumatyypit

Vedenhankinnan kannalta tärkeimmät pohjavesiesiintymät sijaitsevat lajittuneissa sora- ja hiekkamuodostumissa, joista tyypillisimpiä ovat harjut ja deltat. Pohjavesimuodostumien esiintymisessä on alueellisia eroja: rannikkoalueella pohjavesimuodostumia on vähän ja ne ovat pieniä, yleensä vain noin 1 – 2 km^2 sekä sijaitsevat osin laajojen savikerrosten alla. Pitkittäisharjut ovat tyypillisimpiä Sisä-Suomessa, ja reunamuodostumia esiintyy erityisesti Etelä- ja Keski-Suomen Salpausselkävyöhykkeessä. Lapin tunturilaaksoihin on kerrostunut lajittuneita, hiekasta ja sorasta muodostuneita laaksontäytteitä, myös päällekkäiset moreeni- ja lajittuneet sora- ja hiekkakerrostumat ovat Lapissa yleisiä.

Pohjavesimuodostumat voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: antikliinisiin eli vettä ympäristöönsä purkaviin (**Liite 2 kuva 1**) ja synkliinisiin (**Liite 2 kuva 2**) eli vettä ympäristöstään kerääviin muodostumiin. Joissakin muodostumissa virtauskuva voi vaihdella näiden päätyyppien välillä jopa vuodenaikojen mukaan pohjaveden muodostumisesta riippuen tai muuttua esimerkiksi vedenoton seurauksena (Mälkki 1999). Pohjavesimuodostumat voivat myös olla näiden päätyyppien yhdistelmiä ja siten esimerkiksi toiselta reunaltaan antikliinisia ja toiselta synkliinisiä. Antikliinisissä muodostumissa pohjavesi virtaa muodostumisalueiltaan kohti muodostuman reunaosia, jossa se purkautuu lähteisiin, lähdepuroihin, soille ja kosteikkoihin. Kallioruhjeisiin kerrostuneet ja rannikolla sijaitsevat muodostumat ovat tyypillisesti synkliinisiä.



Liite 2 kuva 1. Tyyppikuva vettä ympäristöstään keräävästä harjusta eli synkliinisestä akviferityypistä (Britschgi et. al. 2009 mukaan).

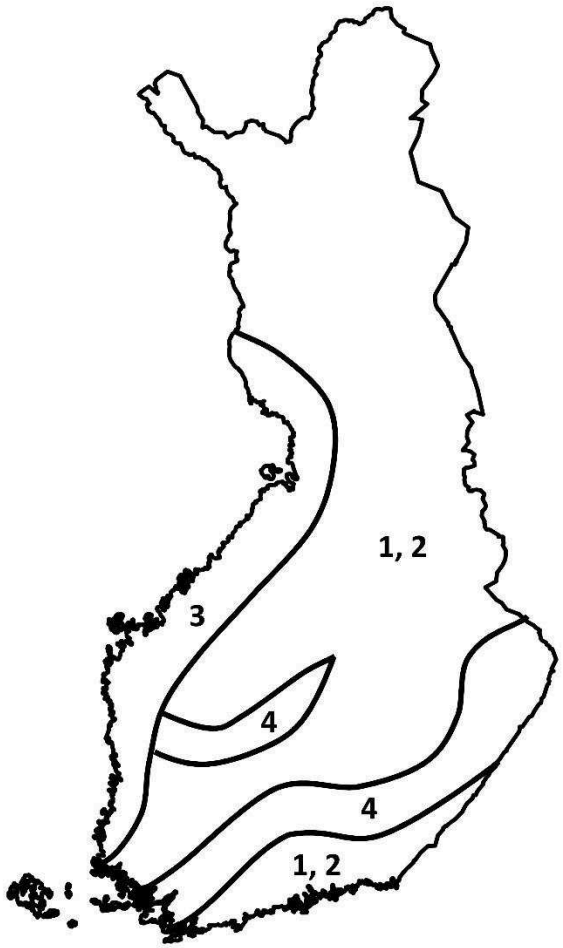


Liite 2 kuva 2. Tyyppikuva vettä ympäristöön purkavasta harjusta eli antikliinisesta akviferityypistä, (Britschgi et. al. 2009 mukaan).

Tarkemman tyyppiluokittelun (Niemi et. al. 1994) mukaan pohjavesimuodostumat voidaan jakaa syntytapansa ja maantieteellisen sijaintinsa perusteella seuraavasti:

1) matalaan veteen kerrostunut pitkittäisharju, purkava
2A) syvään veteen kerrostunut pitkittäisharju, purkava
2B) syvään veteen kerrostunut pitkittäisharju, keräävä
3) pitkittäisharju, Pohjanmaa-tyyppi
4) reunamuodostuma, Salpausselkätyyppinen.

Tyyppiluokittelun perusteena on ollut määritellä vedenoton kannalta tärkeät, mutta suolaantumiselle alttiit pohjavesimuodostumatyypit. Tyyppimuodostumien suuntaa-antavat esiintymisalueet on esitetty seuraavalla kartalla (Liite 2 kuva 3).



Liite 2 kuva 3. Tyyppimuodostumien suuntaa-antavat esiintymisalueet. 1 ja 2 = matalan ja syvän vedentyypin pitkittäisharjut, 3 = Pohjanmaan tyypin pitkittäisharjut, 4 = Salpausselkätyyppiset reunamuodostumat. (Julkaisun Niemi et. al. 1994 mukaan, karttarajaus kuvassa: Karttakeskus)

Matalaan veteen kerrostuneelle, purkavalle pitkittäisharjulle (tyyppi 1) on tyypillistä suhteellisen kapea ydinselänne, joka voi olla jopa kymmeniä kilometrejä pitkä ja laakea deltamainen lieveosa. Jäätikön kontaktirinteet ovat tyypillisesti jyrkät. Harjukuopat erottavat selänteitä ja lieveosia toisistaan ja osa kuopista on harjulampina. Sora ja kivet esiintyvät lähes aina selänteessä ja liepeet ovat hiekkaa. Selänteessä kerrokset ovat usein vaaka-asentoisia ja kerroksille on ominaista jatkuvuus selänteen pituussuunnassa.

Syvään veteen kerrostunut, ympäristöön purkava pitkittäisharju (tyyppi 2A) koostuu perättäisistä kummuista ja sianselän muotoisista epäyhtenäisistä selänteistä. Harjun ympärillä on usein matalia, mutta suhteellisen laajoja lievealueita. Soravaltainen aines esiintyy tyypillisesti kumpujen ja selänteiden ydinosissa tai rinteiden suuntaan viettävinä kerroksina tai linsseinä. Karkearakeisin aines on kerrostunut selänteiden ja kumpujen jäätikön puoleiseen osaan (proksimaaliosa).

Syvään veteen kerrostunut, ympäristöstään vettä keräävä pitkittäisharju (tyyppi 2B) on geologiselta rakenteeltaan vastaava kuin tyypin 2A pitkittäisharju, mutta liiallinen vedenotto on muuttanut pohjaveden virtauskuvaa ympäristöstä vettä kerääväksi.

Pohjanmaan tyyppinen pitkittäisharju (tyyppi 3) koostuu rannikolle päin mataloituvista laakeista selännejaksoista, jotka ovat usein peittyneet rantakerrostumien alle. Rantakerrostumat esiintyvät hienoaines- tai moreenikerrostumia peittävinä 2–4 km leveinä vyöhykkeinä. Pohjanmaan tyypin harjut ovat usein muodostuneet kallioperän ruhjeeseen.

Salpausselkätyyppisissä reunamuodostumissa (tyyppi 4) aineksen rakeisuusvaihtelut ovat tyypillisesti suurempia kuin harjuissa. Soraa ja kiviä esiintyy pohjoisrinteen puolella erityisesti syöttöharjujen kohdalla. Moreenia on runsaasti pohjoisen puolella, sekä muodostuman pinnalla että välikerroksina. Eteläpuolen liepeet ovat usein leveitä ja jatkuvat saven alle.

Pohjaveden pinnan korkeus ja muodostuminen

Pohjaveden pinta noudattaa pääpiirteissään maanpinnan korkokuvaa. Pohjaveden pinta yhtyy maanpintaan lähteissä, soilla ja vesistöissä ja pohja- ja pintavedet ovatkin usein vuorovaikutuksessa keskenään. Keskimäärin pohjaveden pinta on noin 2–4 m syvyydellä maanpinnasta. Harjualueilla pohjaveden pinta on tyypillisesti syvemmällä, jopa 40–50 m syvyydellä maanpinnasta.

Pohjaveden pinnan korkeus vaihtelee luontaisesti. Korkeimmillaan pohjaveden pinta on yleensä keväisin ja syksyisin, jolloin lumen sulaminen ja runsaat sateet sekä keskimääräistä vähäisempi haihtuminen lisäävät pohjaveden muodostumista. Talvella pohjaveden pinta on yleensä alimmillaan, koska uutta pohjavettä ei muodostu, jos sateet tulevat lumena ja maa on roudassa. Kesäisin pohjaveden pinnan korkeus on riippuvainen ennen kaikkea lämpötilasta ja sateiden määrästä. Sadannan lisäksi pohjaveden pinnan korkeuden muutoksiin vaikuttavat muodostuman koko ja maaperän laatu sekä pohjaveden pinnan etäisyys maanpinnasta. Mitä syvemmällä pohjaveden pinta on, sitä vähäisempää ja hitaampaa vaihtelu on. Hyvin vettä johtavissa harjuissa pohjaveden pinnan vuodenaikaisvaihtelu on suhteellisen vähäistä, noin 0,5–1 m, mutta pitkällä aikavälillä eri vuosien välillä pohjaveden pinnan vaihtelu voi harjuissakin olla tätä suurempaa.

Pohjavettä muodostuu sade- ja sulamisvesien suotautuessa maaperään tai imeytymällä järvistä ja joista. Pohjaveden muodostuminen riippuu ennen kaikkea maa- ja kallioperän vedenläpäisevyydestä. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat sateen olomuoto ja rankkuus, maaston muodot ja kaltevuus, maanpinnan laatu (luonnontilainen, muokattu, päällystetty jne.) ja kasvillisuus. Moreenialueilla arviolta 10–30 %, savikoilla 0–10 % ja harjualueilla sekä muilla hiekka- ja sorakankailla 50–60 % sadannasta imeytyy pohjavedeksi. Laajoilla maa-ainesten ottoalueilla, joilta kasvillisuus on poistettu ja kasvillisuuden kautta tapahtuvaa haihduntaa ei ole, noin 60–80 % sadannasta imeytyy pohjavedeksi (Hatva et al. 1993). Hyvin paljastuneella tiheärakoisella kalliolla pohjavettä voi myös muodostua jopa kymmeniä prosentteja sadannasta (Mälkki 1999). Teiden rakentamisen yhteydessä tapahtuva päällystäminen estää veden imeytymisen, vaikuttaa pintavaluntaan ja siten pienentää muodostuvan pohjaveden määrää.

Pohjavesi voi olla myös paineellista, jos hyvin vettä johtavan karkearakeisen kerroksen päällä on vettä heikosti läpäisevä savi- tai silttikerros. Jos tällainen kerros puhkaistaan esimerkiksi pohjaveden havaintoputkella, vedenpinta nousee putkessa pohjavesimuodostumassa vallitsevaan painetasoon tai voi purkautua putkesta maanpinnalle.

Pohjavesi liikkuu maa- ja kallioperässä painovoiman vaikutuksesta. Pohjaveden virtausnopeus maaperässä riippuu maaperän rakeisuudesta ja tiiveydestä. Savikerroksissa ja savisissa moreeneissa pohjavesi liikkuu erittäin hitaasti, siltissä ja hienossa hiekassa pohjaveden tyypillinen virtausnopeus on <1–2 cm/vrk, hiekka- ja soramoreenissa luokkaa 0,1–1 m/vrk, hiekassa 0,5 – 5 m/vrk ja soraisessa maassa 2–15 m/vrk. Karkeissa harjuytimissä virtausnopeus voi olla 15–25 m/vrk tai tätä suurempikin. (Mälkki 1999)

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan pohjavesiolosuhteisiin Suomessa. Ilmastonmuutoksen myötä Suomessa sataa yhä useammin, sateet ovat aikaisempaa rankempia erityisesti syksyllä, talvella ja keväällä sekä pitkät kuivuusjaksot lisääntyvät. Edellä kuvatut muutokset johtavat aikaisempaa suurempiin pohjaveden pinnan tason vaihteluihin ja pintavalunnan määrän lisääntymiseen. Yleisarvio on, että pohjaveden pinnan taso on talvisin nykyistä korkeammalla ja huokosvedenpaine tulee kasvamaan. Pohjaveden pinnan korkeampi taso pienentää vedellä kyllästymättömän maakerroksen paksuutta, mikä lisää riskiä pohjavesien likaantumiselle, kun haitta-aineiden suotaantumismatka lyhenee. Lisäksi rannikkoalueilla merenpinnan nousu ja kesäkuukausien kuivuus lisäävät riskiä siihen, että suolainen merivesi voi tietyissä tapauksissa suotautua pohjaveteen.

Pohjavesialueiden luokittelu ja rajat

Pohjavesialueet luokitellaan vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain (1299/2004) mukaisesti. Pohjavesialueluokat ovat 1 (vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue), 2 (muu vedenhankinta käyttöön soveltuva pohjavesialue) ja E (pohjavesialue, jonka pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemi on suoraan riippuvainen). E- merkintä voidaan liittää myös luokkiin 1 ja 2. E-luokkaan kuuluvista pohjavesialueista purkautuva vesi ylläpitää maa- ja vesiekosysteemejä, jotka ovat muun lainsäädännön nojalla suojeltua, kuten vesi-, metsä- ja luonnonsuojelulain tai EU:n luontodirektiivin perusteella suojeltuja lähteitä, puroja, lampia ja soita. Pohjavesialueiden luokittelu on muuttunut vuonna 2016. Aikaisemmin pohjavesialueille on ollut käytössä luokat I, II ja III. Pohjavesialueiden uudelleenluokittelun osalta tavoitteena on, että pääosa alueista on määritelty uudelleen seuraavaa vesienhoitosuunnitelman kuulemista varten vuonna 2020.

Pohjavesialueiden rajaus tehdään parhaaseen saatavilla olevaan hydrogeologiseen tietoon perustuen. Rajaukset on tehty siten, että pohjavesialueen ulkoraja sijoittuu alueelle, jossa pohjavettä johtavien maaperäkerrosten päällä on riittävän tiiviit pohjavettä suojaavat maakerrokset tai jossa pohjavettä johtavat maakerrokset päättyvät kallioon tai vettä huonosti johtavaan maaperään. Pohjavesialueen pohjaveden muodostumisalueen raja osoittaa alueen, jolla maakerrokset ovat hyvin vettäjohtavia ja maaperä mahdollistaa veden merkittävän imeytymisen pohjavedeksi. Pohjavesialueiden rajaamisessa ja rajan esittämisessä hyödynnetään pohjatietoina maastokarttoja ja maaperäkartta-aineistoja, jotka

on pääsääntöisesti laadittu 1:20 000 mittakaavaan. Tästä johtuen kartalle piirretty 2 mm paksuinen pohjavesialueen reunan sijaintia kuvaava raja vastaa maastossa noin 40 metrin levyistä aluetta.

Lähdeluettelo

Britschgi, R., Antikainen, M., Ekholm-Peltonen, M., Hyvärinen, V., Nylander, E., Siiro, P., Suomela, T. (2009): Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus, SYKE, Ympäristöopas 97, 75 s.

Hatva, T., Hyyppä, J., Ikäheimo, J., Penttinen H. ja Sandborg, M. (1993): Soranoton vaikutus pohjaveteen, Raportti VI: Pohjavesi ja soranotto. Tutkimusraportti 1/1993. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto, Helsinki. 58 s.

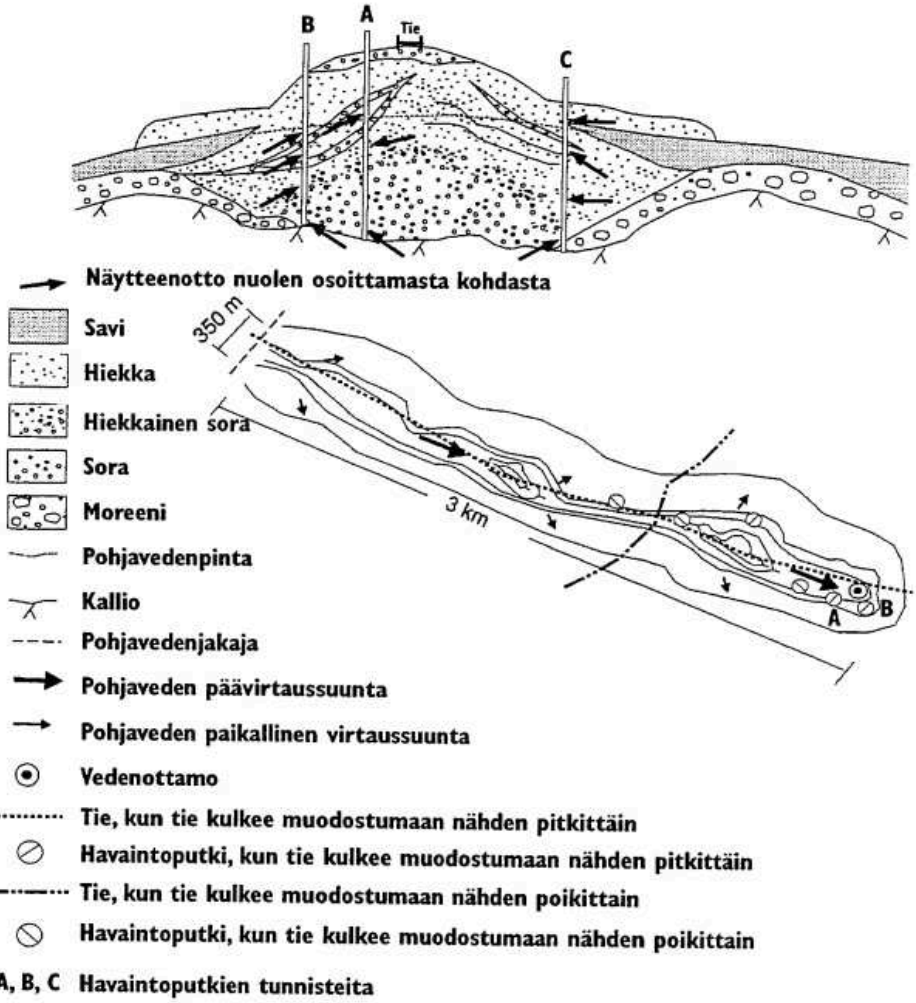
Mälkki, E. (1999): Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Tammer-Paino Oy, Tampere. 304 s.

Niemi, A., Kling, T., Vaittinen, T., Vahanne, P., Kivimäki, A-L. & Hatva, T. (1994): Tiesuolauksen pohjavesivaikutusten simulointi tyyppimuodostumissa. Tielaitoksen selvityksiä 66/1994. 60 s.

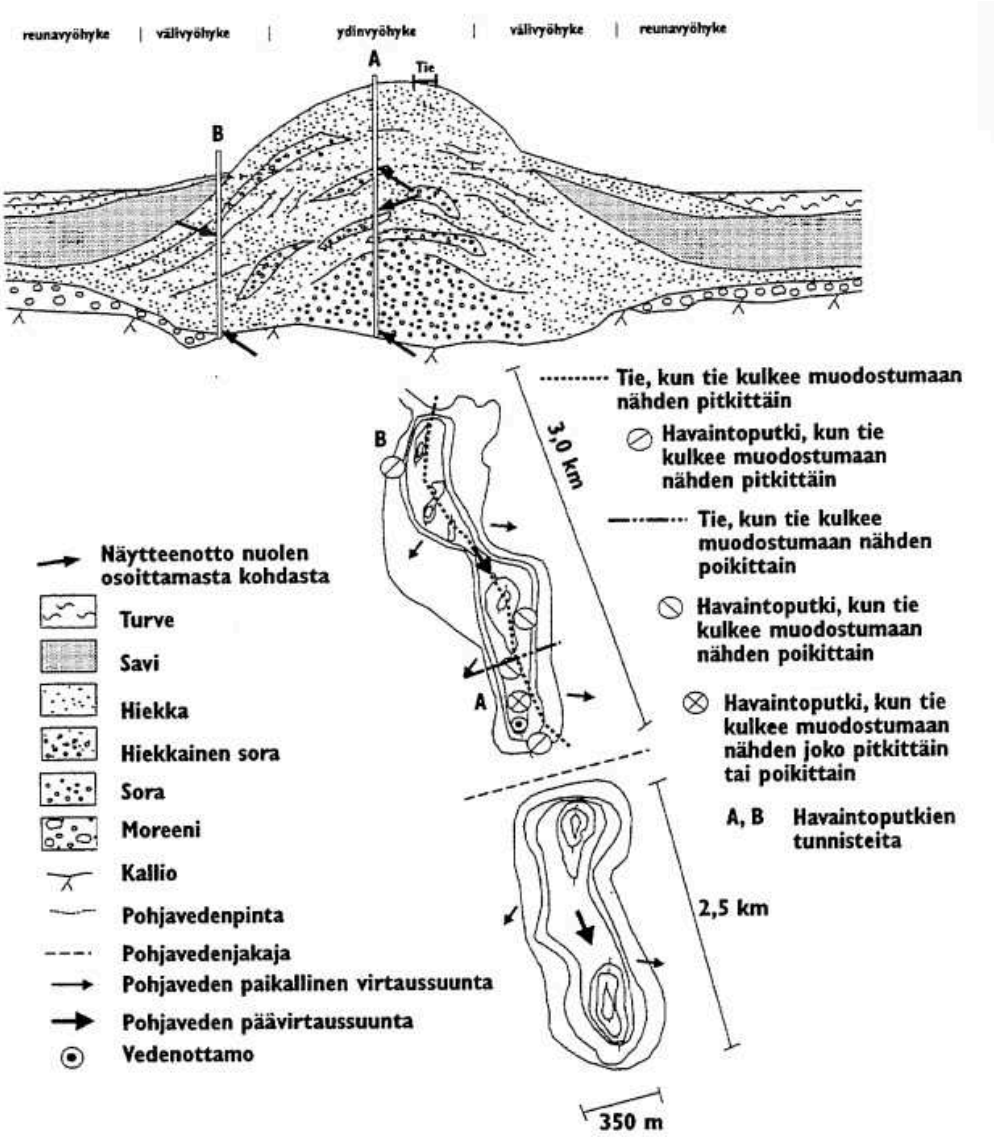
Havaintoputkien sijoittaminen kloridiseurantaa varten eri tyyppimuodostumissa

Kloridipitoisuuksien tarkkailuun käytettävien pohjaveden havaintoputkien sijoittelu ja ohjeelliset näytteenottosyvyydet eri tyyppimuodostumissa, kun tie kulkee muodostumaan nähden pitkittäin tai poikittain (Nystén ja Hänninen (1997): Tiesuolan pohjavesihaittojen vaikutuksista ja torjuntakeinoista, Suomen ympäristö 57).

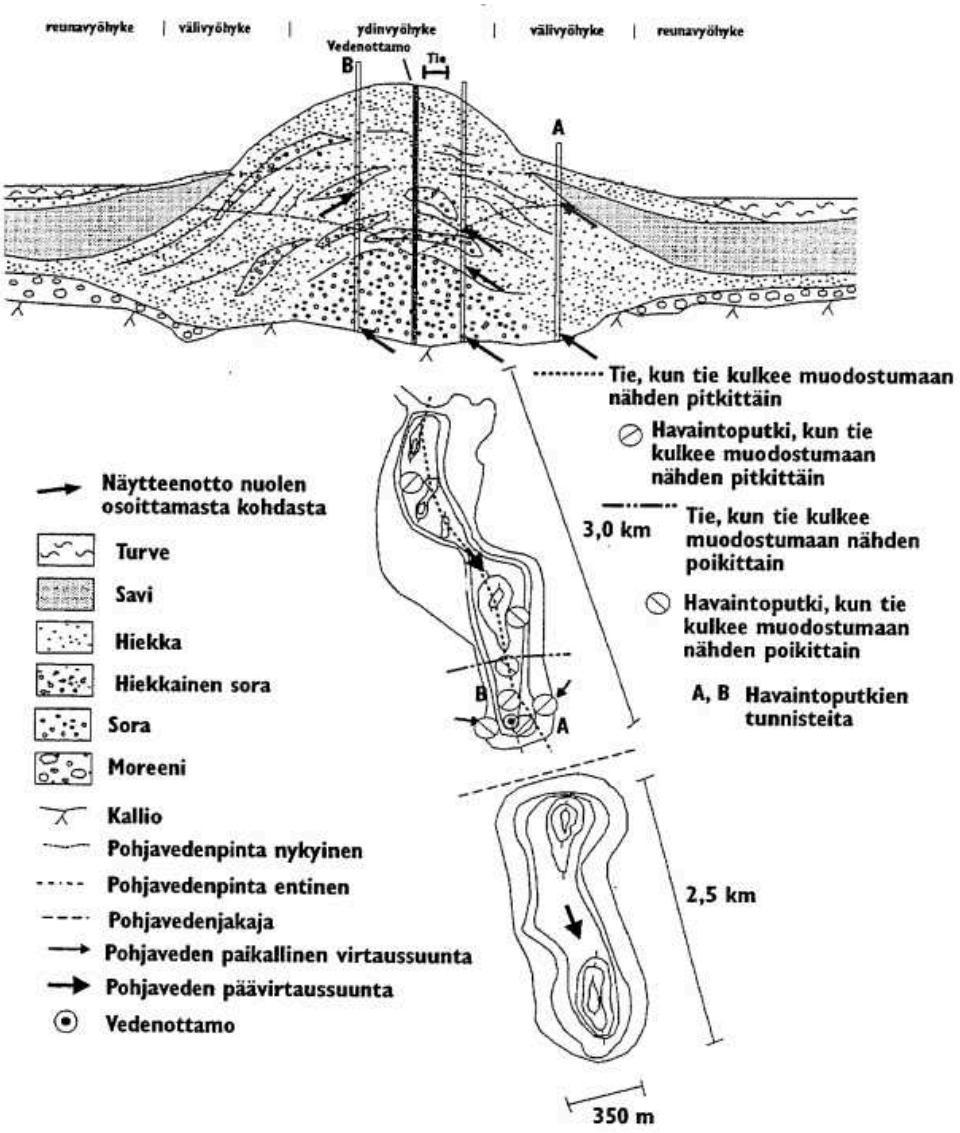
1) Pitkittäisharju, matalan veden tyyppi ympäristöön purkava



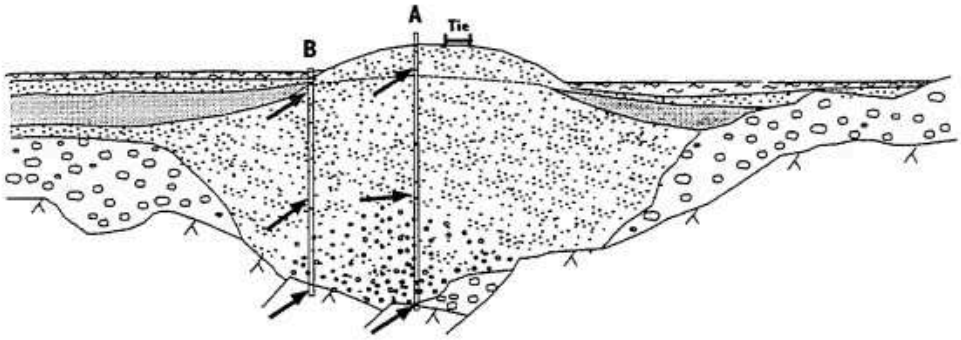
2A) Pitkittäisharju, syvän veden tyyppi ympäristöön purkava

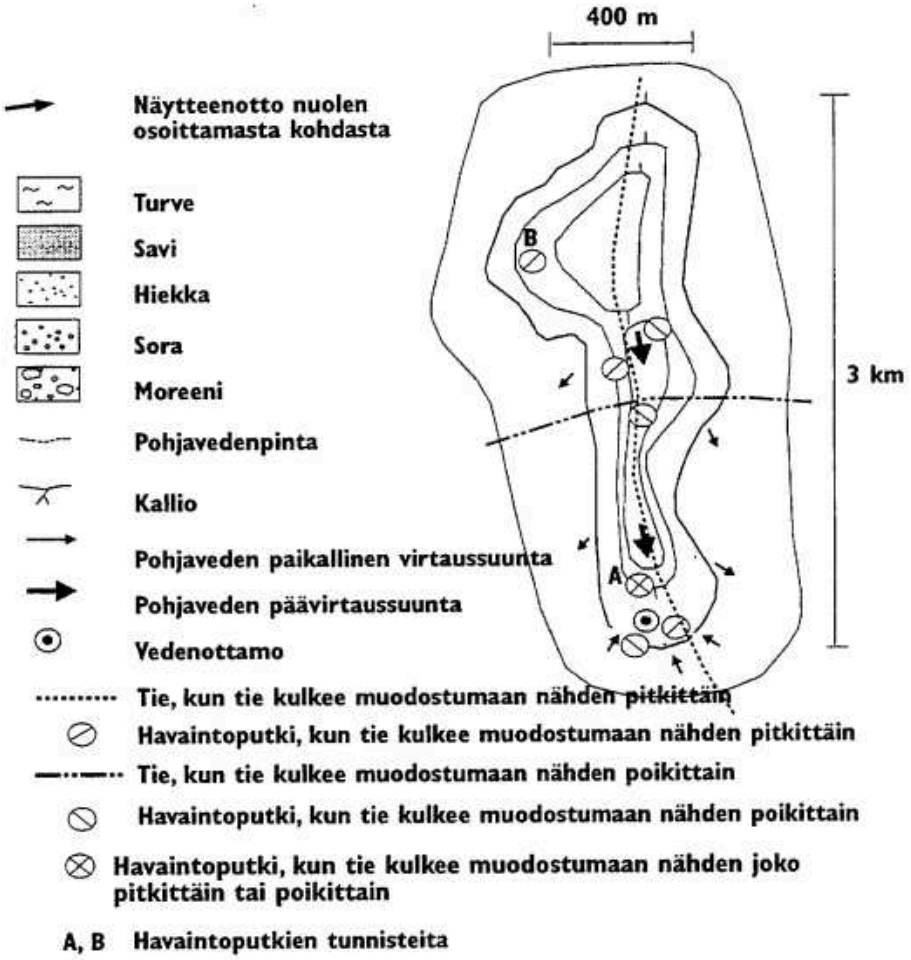


2B) Pitkittäisharju, syvän veden tyyppi ympäristöstään keräävä

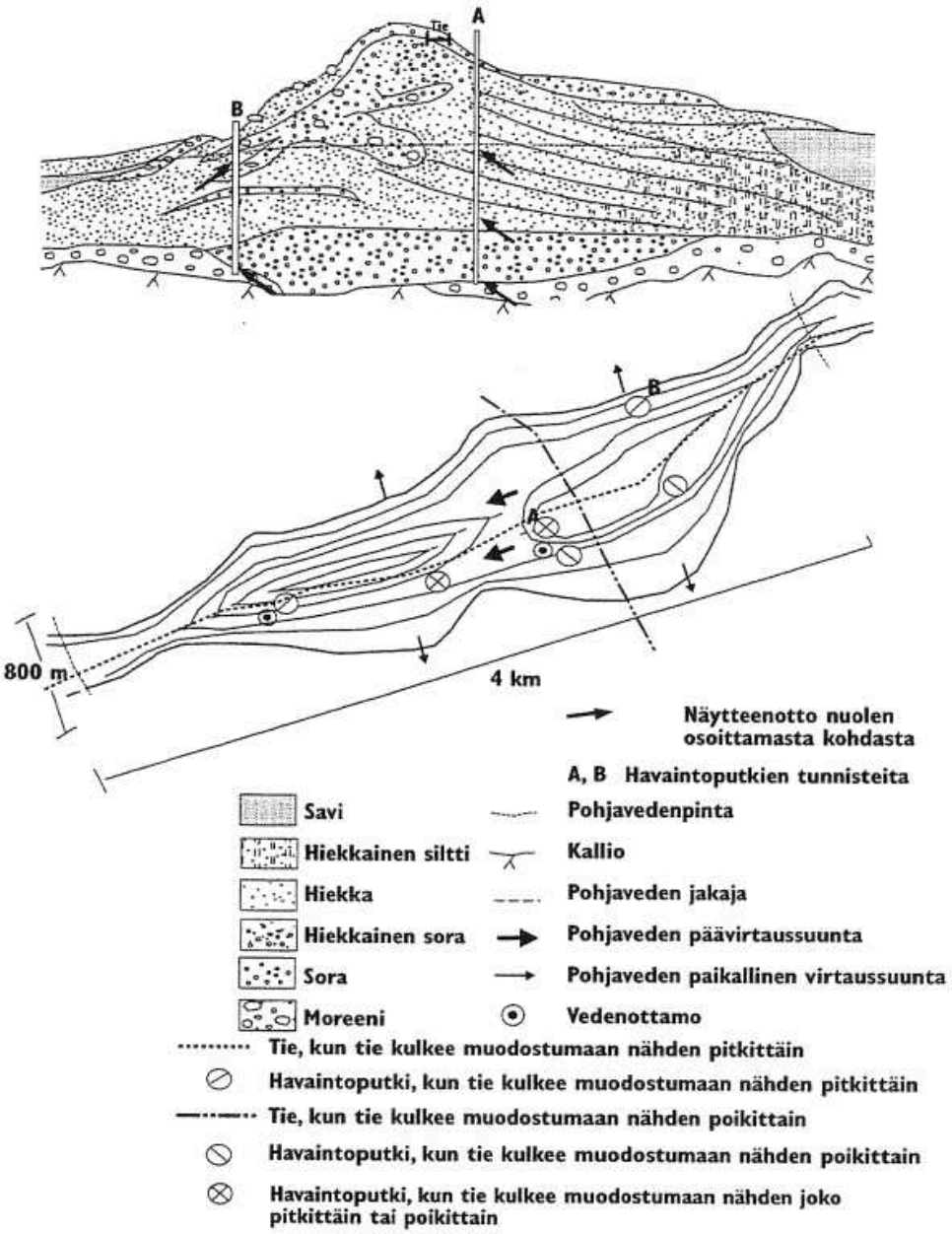


3) Pitkittäisharju, Pohjanmaan tyyppi





4) Reunamuodostuma, Salpausselkätyyppinen



Geofysikaalisten tutkimusten lyhyet menetelmäkuvaukset

Maatutkaluotaus on parhaimmillaan harjualueilla, joissa sillä saadaan tietoa maakerroksista jopa yli 30 metrin syvyydeltä. Tulosten tulkinnan tarkkuuden parantamiseksi maatutkauslinjat tulee aloittaa ja lopettaa pisteeseen, jossa kallionpinnan korkeusasema on tiedossa (avokallio tai porakonekairauspiste). Sitomalla tutkamittaukset esimerkiksi mitattuihin pohjavesipintoihin voidaan tulkinnassa päästä jopa 10 – 30 cm:n tarkkuuteen. Maatutkaluotaus antaa onnistuessaan jatkuvaa profiilitietoa kalliopinnan korkokuvasta, pohjaveden pinnan tasosta, maalajeista, maaperän rakenteesta, kallioperän ruhjeista sekä kallion rakoilusta. Maatutkan käyttökelpoisuutta haittaavat mahdolliset savi- ja silttikerrokset, joita tutka-aalto ei pysty läpäisemään. Myös suolainen maa- ja pohjavesi vaikeuttaa tulkintaa, joten tien välittömässä läheisyydessä menetelmä ei aina ole käyttökelpoinen.

Painovoimamittauksilla voidaan tutkia tiheydeltään ympäristöstä poikkeavien muodostumien paksuutta ja tilavuutta. Mittauslinjat aloitetaan ja lopetetaan kalliopaljastumilla tai pisteissä, joissa kallionpinnan tarkka korkeustaso tunnetaan. Pohjavesialueilla painovoimamittauksia voidaan käyttää maapeitteen paksuuden arviointiin. Menetelmää ei voida käyttää maaperän kerrosrajojen tai pohjaveden pinnan tason selvittämiseen. Menetelmää käytetään yleensä harjujen ja reunamuodostumien geologisten rakenneselvitysten yhteydessä.

Sähköinen vastusluotaus on käyttökelpoinen menetelmä maaperän kerrosrajojen selvittämiseen, kun kallion ja pohjaveden pinnat ovat 10 – 30 m syvyydellä maanpinnasta. Menetelmä soveltuu erityisesti alueille, joilla maatutkan läpäisykyky on heikko savikerrosten takia. Luotaukset tehdään joko pisteluotauksena tai linjaluotauksena. Syvyystulkinnan tarkkuus on noin 5 – 10 %.

Seisminen taittumisluotaus (eli refraktioluotaus) soveltuu maakerrosten paksuuden ja laadun sekä pohjavesi- ja kalliopinnan syvyyksien määrittämiseen. Menetelmää voidaan käyttää myös alueilla, joilla on savikerroksia. Menetelmä perustuu akustisen aallon etenemisnopeuteen ja taittumiseen maa- ja kallioperässä. Menetelmän syvyysulottuvuus on jopa 50 – 100 m. Luotaus on tehtävä sulan maan aikaan, sillä routa haittaa tulosten tulkintaa. Ohuet välikerrokset (eli esimerkiksi pohjavesikerros) ja hitaat kerrokset (eli hienorakeisempi maakerros karkearakeisemman maakerroksen alapuolella) haittaavat tulosten tulkintaa. Seismisten aaltojen etenemisnopeus maaperässä riippuu maalajista sekä maalajin tiiveydestä ja kosteuspitoisuudesta. Kalliossa täryaallon nopeuden määrää ensisijaisesti sen kallion rikkonaisuus. Kuten muissakin geofysikaalisissa menetelmissä myös seismisen luotauksen tukena on syytä olla referenssitutkimuksia, esim. kairauksia.

Muistilista kaliumformiaatin käyttöön

Suomen ympäristökeskuksen muistilista kaliumformiaatin käyttöön. Julkaistu 16.4.2013, päivitetty 26.11.2013.

Liukkaudentorjunta-aineiden käyttömäärät

- Perinteisen liukkaudentorjunta-aineen käyttömäärät
- Kaliumformiaatin käyttömäärä on vaihdellut välillä noin 1000 – noin 6000 kg/km vuodessa käyttökohteissa (ks. Salminen ym. 2010).

Pohjavesimuodostuman virtausolosuhteet

- Tien tai lentoaseman sijainti pohjavesimuodostumaan nähden.

Havaintoputkien ja –kaivojen määrä sekä sijainti pohjavesialueella

- Pohjaveden havaintoputkien sijainnin tulee olla sellainen, että liukkaudentorjunnan vaikutus voidaan havaita. Havaintoputkia on asennettava tarvittaessa lisää.
- Kaliumformiaattia käytettäessä liukkaudentorjunta-aineen tulisi hajota pohjaveden yläpuolisissa maakerroksissa K-ioneiksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi ennen pohjaveteen kulkeutumista.

Pohjaveden laatu

- Perinteisen liukkaudentorjunta-aineiden aiheuttamat pohjaveden laadunmuutokset, esimerkiksi kloridipitoisuus ja sen vaihtelu pohjavedessä.
- Pohjaveden laadun seurannassa tulisi olla ainakin kalium, TOC, happipitoisuus, alkaliteetti, pH, sähköjohtavuus ja kloridi. Formiaattimääritys voidaan tehdä tarvittaessa, jos muut parametrit, kuten TOC-pitoisuuden nousu ja happipitoisuuden lasku antavat aihetta epäillä formiaattia kulkeutuneen pohjaveteen saakka.

Maalajit, kerrospaksuudet ja –järjestys

- Pohjaveden yläpuolisen soran kerrospaksuus tulisi olla mieluiten >4 m.
- Maaperän runsaasti orgaanista ainesta ja ravinteita sisältävä maaperän pintakerros on ensiarvoisen tärkeä formiaatin nopean biohajoamisen kannalta. Mikäli alueella, johon formiaattipitoisia vesiä päätyy (esimerkiksi tien piennar), on tällainen orgaanista ainesta sisältävä pintakerros, riittää pohjaveden yläpuolisten hiekkakerrosten paksuudeksi 1-2 m.

Pohjaveden luiskasuojaukset

- Bentoniittisuojauksissa kaliumin ioninvaihdon vaikutusta ei tunneta suojausten pitkäaikaiskestävyyteen. Natrium-ionin vaihtuminen Kalium-ioniksi voi teoriassa vähentää bentoniitin paisumiskykyä. Alueilla, joissa on toimiva kloridisuojaus, ei suositella kaliumformiaatin käyttöä. Alueilla, joissa kloridisuojaus on rakennettu, mutta se ei toimi tai toimii puutteellisesti, voidaan käyttää kaliumformiaattia.

Sulamisvesien vietto tieltä tai lentoasemilta järviin, jokiin ja ohjiin

- Formiaatti hajoaa nopeasti pintavesissä alhaisissakin lämpötiloissa. Mikäli valuma- tai sulamisvesiä päätyy runsaasti vesistöön suhteessa vesimassan tilavuuteen, tulee formiaatin vaikutusta esimerkiksi hapen kulumiseen selvittää tarkemmin.

Suojeltu tai muutoin harvinainen kasvillisuus

- Todennäköisesti kaliumformiaatin pitkäaikainen käyttö nostaa maaperän pH-arvoa K-ioni pidättyessä maaperään. Kaliumformiaatin käytön pitkäaikaisvaikutuksia ei tunneta kasvilajien esiintymisen määrään ja lajien kuntoon.

Myyntituotteet

- Myyntituotteiden käyttöä harkittaessa olisi etukäteen syytä selvittää kaupallisen tuotteen mahdollisesti sisältävien inhibiittorien ympäristölle haitalliset vaikutukset.
- MIDAS- ja MIDAS2-projekteissa on tutkittu puhtaita liukkaudentorjuntaaineita ilman inhibiittoreita.

Väylävirasto
Trafikledsverket

www.vayla.fi

Väylävirasto

ASIAKIRJA

Tämä asiakirja on allekirjoitettu Väyläviraston sähköisen allekirjoituksen palvelussa. Voit varmistaa Adobe Acrobatilla sähköisen allekirjoituksen eheyden.

ALLEKIRJOITUKSET

Allekirjoittaja	**Laura Valokoski**
Allekirjoitusaika	03.12.2020 15:25
Allekirjoittaja	**Minna Torkkeli**
Allekirjoitusaika	03.12.2020 19:36
Allekirjoittaja	**Pekka Rajala**
Allekirjoitusaika	15.12.2020 09:45

ASIAKIRJAT

Asiakirja	vo_19-2020_Pohjaveden suojelu maanteillä_3.12.2020.pdf