



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jyri Turja

POHJAVEDENSUOJAUS
TIETYÖMAALLA

Tekniikka
2014

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jyri Turja
Opinnäytetyön nimi	Pohjavedensuojaus tietyömaalla
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	32
Ohjaaja	Minna Uimonen

Pohjavedensuojauksen rakentaminen tietyömaalla on haastava ja aikaa vievä työvaihe, jossa korostuu erityisesti aikataulun ja työn suoritustapojen suunnittelu. Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada selville kokemukset esimerkkikohteena käytetyn Valtatie 8 – Sepänkylän ohitustie -hankkeen pohjavesialueen suojaamistyöstä. Työn tavoitteena oli koota aineisto tietopakettiksi, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa vastaavissa työvaiheissa.

Opinnäytetyössä perehdyttiin pohjavesialueiden suojelua koskeviin asetuksiin, suojaustarpeen arviointiin, suojauksen suunnitteluprosessin eri vaiheisiin, eri suojausluokkiin ja -tapoihin, suojausluokkien rakennekerroksiin sekä suojausmateriaaleihin. Työssä keskitytään bentoniittimaton ja ohutmuovin yhdistelmä rakenteeseen, joka oli esimerkkikohteessa käytetty suojausmenetelmä. Työssä on esitelty pohjavedensuojauksen suunnitteluprosessin kulku, mutta siinä ei käsitellä pohjavesialueella tehtäviä rakentamista edeltäviä mittauksia eikä niiden analysointia. Pääpaino työssä on rakentamisvaiheessa ja rakentamisen jälkitarkastelussa. Työssä on käytetty esimerkkikohteen aineistoa ja aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

Tutkimustyön perusteella saatiin selville, miten pohjavedensuojauksen rakentamistyötä voidaan kehittää ja mitä tulee ottaa huomioon, jotta erilaisilta ongelmilta vältytään. Pohjavesialueen suojaus on työvaihe, jossa ennalta sovittujen työtapojen noudattamisella on keskeinen merkitys. Etukäteen määriteltyjen työtapojen laiminlyömisellä voidaan aiheuttaa pahimmassa tapauksessa pohjavesialueen turmeltuminen.

ABSTRACT

Author	Jyri Turja
Title	Groundwater Protection at a Highway Construction Site
Year	2014
Language	Finnish
Pages	32
Name of Supervisor	Minna Uimonen

As a phase of construction, building of the groundwater protection is challenging and time consuming, as it focuses heavily on planning the schedule and the proper working methods. The objective of this thesis was to gather information and experiences from the construction phase of groundwater protection at the Valtatie 8 – Sepänkylän bypass –project. This information was used to create a compact informative tool that could be used in the future in similar projects.

The thesis focuses on the regulations considering groundwater protection in general, estimation for the need of protection, different phases of the planning process, protection classes and methods, layers of different classes and their respective protection materials. The thesis focuses mainly on the combination of bentonite carpet and plastic film, which was used as the primary groundwater protection method in this project. The planning process of groundwater protection is presented in the thesis, but not the measurements and result analyzing done before the construction phase. The main focus of this thesis is on the construction phase of the groundwater protection and on the following inspections. The material used in this thesis is the documents of the project and literature of the topic.

The conducted research reveals how to develop the construction of groundwater protection as a process to avoid encountered problems in the future. Groundwater protection is a phase of construction which requires precise following of the plans and proper working methods to ensure that the groundwater site is not ruined in the process.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	POHJAVEDENSUOJAUS.....	7
	2.1 Pohjavedensuojauksen tarkoitus.....	7
	2.2 Pohjavedensuojauksen suunnittelu	7
	2.2.1 Rakennussuunnitelma ja rakentaminen	9
	2.2.2 Suojaustarpeen arviointi	9
	2.3 Rakentamisen jälkeinen seuranta	10
3	POHJAVEDENSUOJAUKSEN RAKENNE	12
	3.1 Suojausluokan valinta.....	12
	3.2 Suojauksen mitoitus.....	15
	3.3 Bentoniittimaton asennusalusta	15
	3.4 Ohutmuovi pohjavedensuojauksessa.....	16
	3.5 Bentoniittimatto ja bentoniittimaa	16
	3.6 Suoja- ja salaojakerros.....	18
	3.7 Läpiviennit.....	18
4	POHJAVEDENSUOJAUKSEN TOTEUTUS	
	ESIMERKKIKOHITESSA.....	21
	4.1 Esimerkkikohteen perustiedot	21
	4.2 Pohjavedensuojauksen toteutus	22
	4.3 Olosuhteet ja aikataulu	23
	4.4 Resurssit	23
	4.5 Seuranta ja laadunvarmistus	24
	4.6 Työvaiheen kehitysehdotukset.....	29
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	31
	LÄHTEET.....	32

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Proessin kulku suojaustarvetta arvioitaessa	s. 10
Kuvio 2.	Pohjavedensuojaus bentoniittimatolla	s. 14
Kuvio 3.	Pohjavedensuojaus bentoniittimaalla	s. 14
Kuvio 4.	Läpivienti bentoniittimatossa luiskan kohdalla	s. 18
Kuvio 5.	Suodatinkankaan levittämistä kaivinkoneella	s. 24
Kuvio 6.	Bentoniittimaton asennusalustan tekoa	s. 24
Kuvio 7.	Bentoniittimaton asennusalusta tiivistettiin hydraulisella tärylevyllä	s. 25
Kuvio 8.	Bentoniittimatot limitettynä tien suuntaisesti	s. 25
Kuvio 9.	Ohutmuovin levitystä	s. 26
Kuvio 10.	Mattojen levitystä korkean takaluiskan kohdalla	s. 26
Kuvio 11.	Suoja- ja salaojakerroksen tekoa	s. 27
Kuvio 12.	Suojaustyö kolmella työryhmällä samanaikaisesti toteutettuna	s. 29
Taulukko 1.	Rakennekerrokset eri suojausluokissa	s. 14

1 JOHDANTO

Pohjavedensuojaus on jokaisessa tiehankkeessa yksi vaativimmista ja resursseja kuluttavimmista työvaiheista. Jopa pienet laiminlyönnit työn aikana saattavat vaurioittaa vakavasti pohjavesialuetta tai pahimmassa tapauksessa tehdä siitä kokonaan käyttökelvottoman. Siksi on erityisen tärkeää suunnitella ja valvoa kyseinen työvaihe huolellisesti, jotta saavutetaan mahdollisimman toimiva ja virheetön lopputulos. Puhtaan veden saanti saattaa jopa Suomessa olla tulevaisuudessa uhattuna, joten onkin erittäin tärkeää varmistaa luonnonvarojemme säilyminen turmeltumattomina.

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota esimerkkikohteesta kerätystä aineistosta pohjavedensuojaukseen koskeva tietopaketti, jonka tarkoitus on antaa tietoa pohjavedensuojauksen suunnittelusta ja toteuttamisesta. Työssä käytettiin esimerkkikohteena Skanska Infra Oy:n Valtatie 8 – Sepänkylän ohitustie - hanketta, jossa toteutettiin pohjavedensuojaukseen käyttämällä bentoniittimattoja. Työssä käsitellään rakentamista edeltävä suunnitteluvaihe lyhyesti, suojausluokat, rakennekerrokset, suojausmateriaalit, toimintatavat sekä rakentamisen aikainen ja jälkeinen seuranta. Työssä ei käsitellä rakentamista edeltänyttä suunnittelutyötä eikä rakentamisen jälkeisen seurannan tuloksia. Tutkimusmenetelminä työssä on käytetty aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, esimerkkikohteen aineistoa sekä kirjoittajan omia kokemuksia pohjavedensuojauksen toteuttamisesta.

Pohjavedensuojauksen rakentaminen eri rakennekerroksineen ja bentoniittimattojen levittämisineen osoittautui raskaaksi ja aikaa vieväksi työksi. Suojattava tieosuus oli vain noin kilometrin mittainen, mutta vaadittavat kalliioleikkaukset, massanvaihdot ja vanhojen teiden purkutyt hidastivat suojaustyön etenemistä, jota tehtiin heinä-syyskuun aikana 2013. Myös syksyllä alkaneet sateet haittasivat työtä jatkuvasti, sillä bentoniittimattoja ei saa asentaa sateen aikana.

2 POHJAVEDENSUOJAUS

2.1 Pohjavedensuojauksen tarkoitus

Pohjavedensuojauksen keskeisin tarkoitus on estää tiesuolan, haitallisten aineiden ja polttoaineen päätyminen esimerkiksi onnettomuustapauksissa maakerrosten läpi pohjaveteen. Eri pohjavedensuojauksen keinoja ovat mm. pintavesien tehokas johtaminen pohjavesialueelta, suojakaide, tieympäristön pehmentäminen sekä pohjavesisuojauksen rakentaminen. Pohjavedensuojauksen lähtökohtana on pohjaveden pilaamiskielto, joka on määritetty ympäristönsuojelulaissa. /1, 6/

Rakennettaessa uutta tai vanhaa tietä, sovelletaan Tiehallinnon (nyk. Liikennevirasto) ohjetta Pohjaveden suojaus tien kohdalla (2004). Liikennevirasto selvittää ympäristöviranomaisten kanssa Liikenneviraston ympäristöpolitiikan mukaisesti teiden suolaamisen vaikutuspiirissä olevien pohjavesialueiden suojaustarpeen. Teiden suolauksessa käytettävät natriumkloridi ja kalsiumkloridi voivat suurina määrinä maahan päästessään tehdä pohjavedestä käyttökelvotonta. /1, 6/

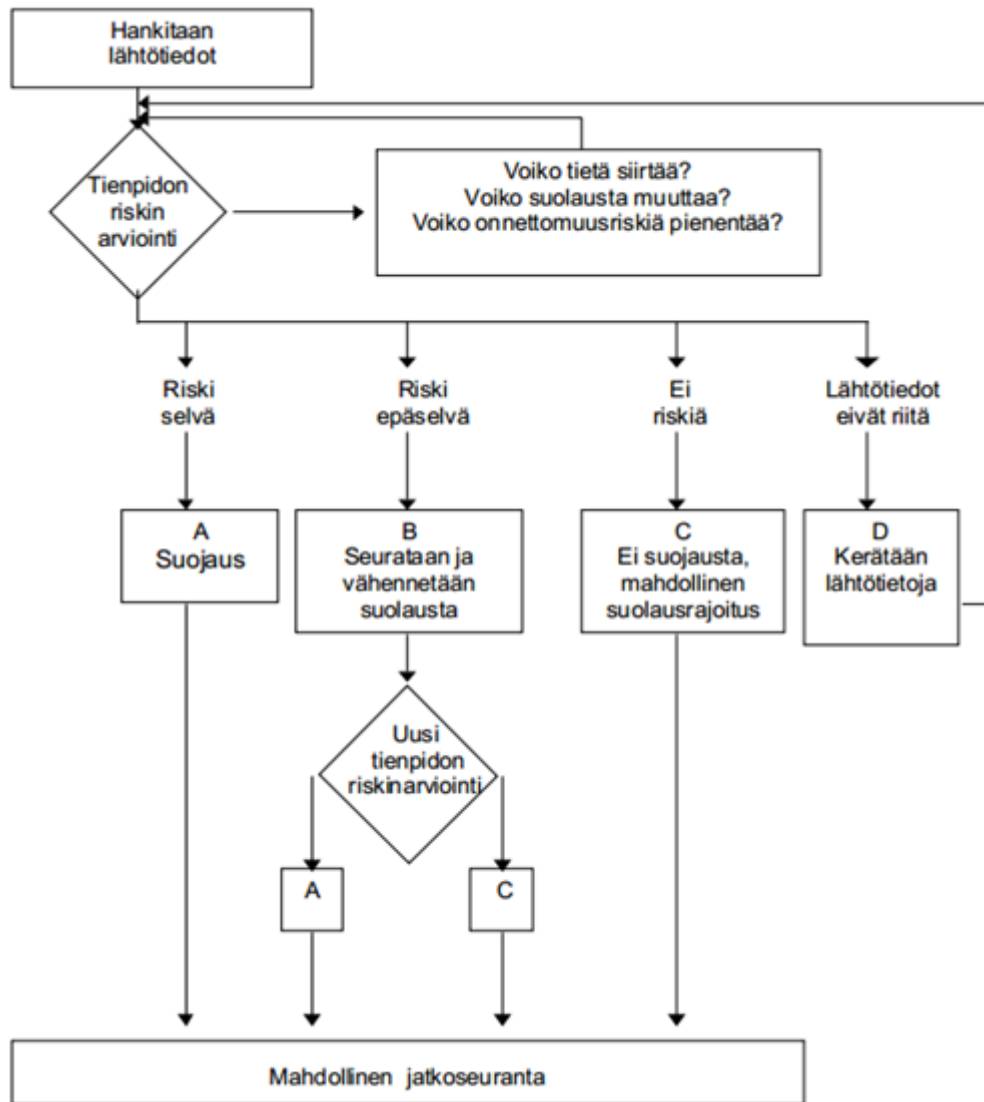
Lähtökohtaisesti uusien vilkkaasti liikennöityjen teiden rakentamista pohjavesialueille vältetään. Jos pohjavesialueelle rakentaminen osoittautuu mahdottomaksi välttää, tulee suojaustoimet toteuttaa niiden vaatimassa laajuudessa. Alueelliset ympäristökeskukset toimivat Ympäristöministeriön asettamien yleisten suositusten pohjalta, jotka koskevat tien rakentamisen ja tienpidon aiheuttamien pohjaveteen liittyvien vaikutusten valvontaa. /1, 8/

2.2 Pohjavedensuojauksen suunnittelu

Esi- ja kehittämisselvityksiin kuuluvat tienpidon aiheuttaman riskin arviointi tien vaikutusalueella oleville pohjavesialueille sekä arviointi suojaustarpeelle ja sen laajuudelle. Riskiarvio käsittää pohjavesialueella tehtävät mittaukset, joista selvitetään mm. maaperän ja pohjaveden laatu, sen virtaussuunta sekä alueen mahdolliset kloridilähteet. Suunnittelutyössä hyödynnetään alueellisen ympäristökeskuksen sekä kuntien tietotaitoa. Suunnittelun aikana laadittava

esisuunnitelma sisältää suunnitelmat pohjavesialueen maastotutkimuksista ja pohjaveden laadun seurannasta. Saatuja tuloksia hyödynnetään laadittaessa hankkeen yleissuunnitelmaa. /1, 8/

Pohjavedensuojauksen yleissuunnitelmassa määritetään pohjavedensuojauksen laajuus, rakentamiskustannukset, alustava kuivatussuunnitelma sekä suunnitelma riskitekijöiden minimoimiseksi pohjavesialueella. Yleissuunnitelmaa varten pyydetään tarvittaessa lausunto alueelliselta ympäristökeskukselta. Pohjavedensuojauksen suojaustarpeen arviointiprosessin kulku on esitetty kuviossa 1. /1, 8/



Kuvio 1. Prosessin kulku suojaustarvetta arvioitaessa. /1, 11/

2.2.1 Rakennussuunnitelma ja rakentaminen

Kun pohjavesialueen suojauksen vaatimukset on selvitetty ja niiden edellyttämät materiaalit valittu, urakoitsija tai Liikennevirasto teettää pohjavesialueen rakennussuunnitelmat. Rakennussuunnitelma käsittää pohjavesialueen suojaamiseen liittyvät rakennekuvat ja työselitykset. /1, 9/

Rakennussuunnitelmia voidaan joutua muuttamaan tai täydentämään, jos rakentamisen aikana pohjamaassa havaitaan poikkeamia. Tässä tapauksessa suunnitelmien muutokset tulee neuvotella suojausalueen luokan ja laajuuden osalta päteviksi sekä tilaajan että alueellisen ympäristökeskuksen kanssa. Rakentamisen aikana urakoitsijan tulee tehdä tarvittavat mittaukset ja kirjata ne raporttiin, sekä laatia toteumapiirustukset, jotka toimitetaan kunnossapitäjälle ja pelastusviranomaisille. Raportoinnin oikeellisuus ja piirustuksien pätevyys on mahdollista selvittää tekemällä pistokokeita. /1, 9/

2.2.2 Suojaustarpeen arviointi

Pohjavesialueen suojaustarpeen arviointi perustuu käytettävissä oleviin hydrogeologisiin lähtötietoihin, joita ovat: /1, 10/

- veden virtaussuunnat pohjavesialueella
- hienoaineskerrosten ja kalliokynnysten vaikutus virtauksiin tien ja vedenottoalueen välillä
- vedenottamolta ja pohjavesiputkista saadut vedenlaadun seurantatiedot
- tieosuuden suolausmäärät

Pohjavesialueen luiskasuojauksen tarvetta arvioidaan mm. tien aiheuttaman riskin, pohjavesialueen merkityksen sekä pohjavesialueen herkkyyden kannalta. Pohjavedensuojaus ei ole välttämätöntä jos pintakerros läpäisee vettä vain heikosti. Tällöin pintakerrokselta vaaditaan, että se täyttää suojauksen vaatimukset ja että sen rakenne ei muutu rakentamisen seurauksena siten, että yhteys alempiin vettä johtaviin kerroksiin pääsee syntymään. /1, 10/

Arvioitaessa suojaustarvetta tulee valumavesien purkupaikat suunnitella siten, että valumavedet eivät kulkeudu sellaiselle alueelle, jossa ne saattaisivat olla vaaraksi pohjavesialueelle. Tieosuuden kulkiessa pohjavesialueen läpi, on vedet johtava laskuoja suojattava tai johdettava vedet putkia pitkin pohjavesialueen ulkopuolelle. /1, 11/

Pohjaveden suojelutarvetta tarkastellaan koko sillä alueella, jonka läpi rakennettava tie kulkee. Pohjavedensuojauksen rakentamisen perusedellytyksiä ovat: /1, 10–12/

- pohjavesialueella on tai on suunniteltu vedenottamo tai vedenottoalue
- pohjaveden virtaus suuntautuu tieltä kohti vedenottamoita tai suunniteltua vedenottoaluetta
- tiesuolan käyttö tieosuudella ylittää 8 tonnia/km vuosittaisella tasolla, tai vaarallisten aineiden tiekuljetuksien määrä vuosittain ylittää 100 000 tonnia

Pohjaveden suojauksen rakentaminen ei ole välttämätöntä, jos joku edellä mainituista perusedellytyksistä ei toteudu. Tällöin voidaan harkita kloridipitoisuuden seuranta, suolauksen vähentämistä tai ojien rakentamista tai kunnostamista siten, että pintavesien poisjohtuminen on mahdollisimman nopeaa. Suojausta ei tarvitse myöskään rakentaa, jos pohjavesi ei täytä sille asetettuja laatuvaatimuksia, veden virtaaminen tieltä vedenottamolle on mahdollista, mutta epävarmaa, käytettävän tiesuolan määrä on alempi kuin sen ohjeellinen arvo (8 tn/km/v) tai pohjavesialueella on tien lisäksi jokin muu veden kloridipitoisuuteen vaikuttava tekijä. /1, 12/

2.3 Rakentamisen jälkeinen seuranta

Suojatulla tieosuudella tulee pohjaveden kloridipitoisuutta seurata, jotta saadaan selvitettyä pohjavedensuojauksen toimivuus tai siinä ilmenevät ongelmat. Jos luiskasuojaus on rakennettu jo olemassa olevalle pohjavesialueen kautta kulkevalle tieosuudelle jälkikäteen, saadaan suojauksen vaikutus veden kloridipitoisuuteen selville vasta muutaman vuoden viiveellä. /1, 17/

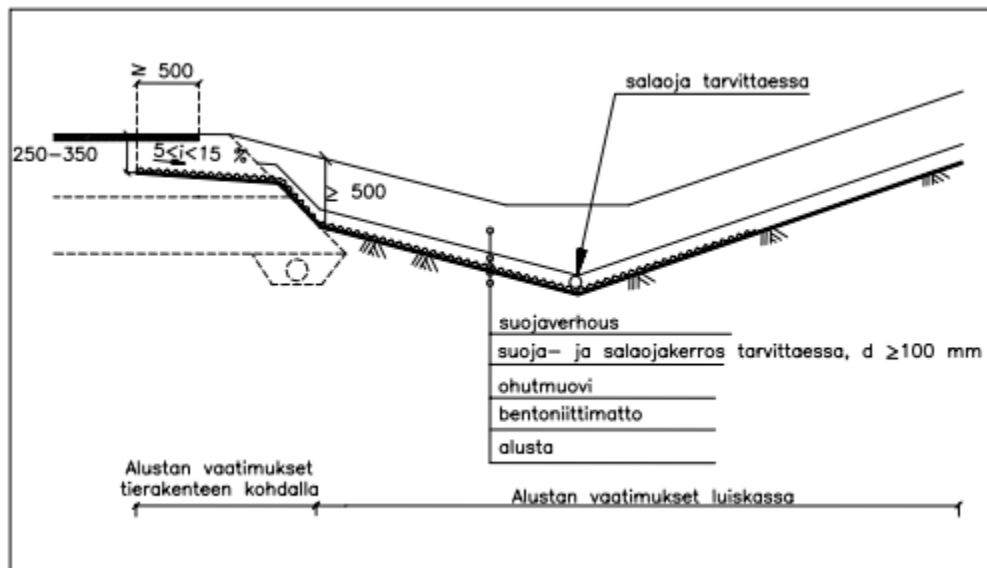
Pohjavesialueen veden kloridipitoisuutta seurataan alueelle asennettujen havaintoputkien avulla. Kun veden kloridipitoisuuden seuranta on säännöllistä, pystytään sen kehitystä ennakoimaan ja valmistautumaan toimenpiteisiin. Suojatulla tieosuudella ensimmäinen vaihtoehto on vähentää tiesuolausta. Pohjavedensuojauksen jälkiseuranta mahdollistaa myös vertailun ja kehittämisen erilaisten pohjavesialueen suojaustekniikoiden välillä. /1, 16–17/

3 POHJAVEDENSUOJAUKSEN RAKENNE

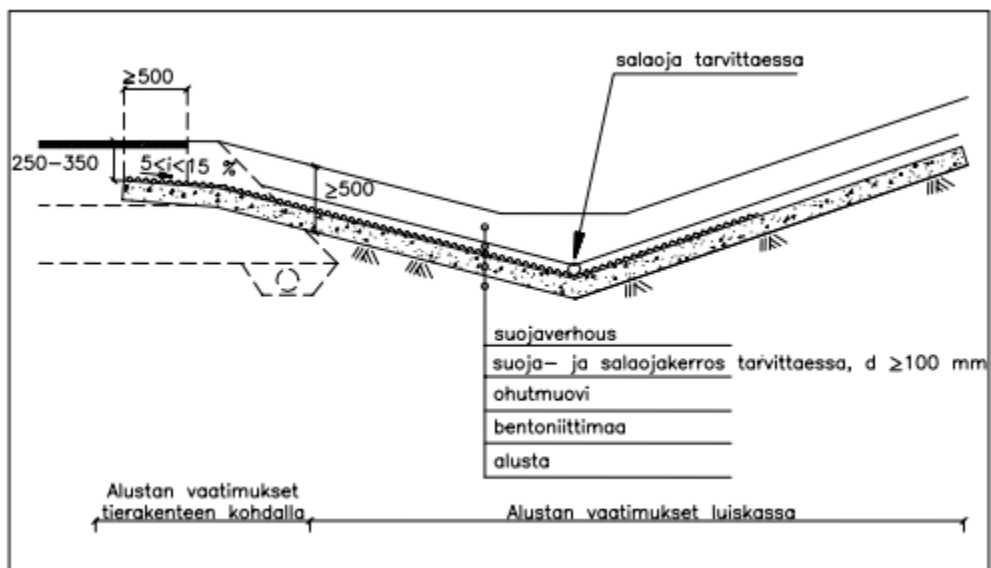
3.1 Suojausluokan valinta

Kun suojauksen tarkoitus on estää kloridipitoisten vesien kulkeutuminen maakerrosten läpi pohjaveteen, rakennetaan kloridisuojaus. Kloridisuojaus on riittävän tehokas vaihtoehto suojaamaan pohjavettä myös onnettomuustapauksissa. Jos tiesuolan käyttö tieosuudella on vähäistä, voidaan rakentaa yksinkertainen onnettomuussuojaus. /1, 23/

Vaativa kloridisuojaus on suojausluokista kaikkein tehokkain. Se on yleisin käytetty vaihtoehto, kun tien läheisyydessä on tärkeä vedenottoalue. Bentoniittimatolla toteutettu vaativa kloridisuojaus koostuu bentoniittimaton asennusalustasta, bentoniittimatosta, ohutmuovista, suoja- ja salaojakerroksesta sekä suojaverhouksesta. Vaativa kloridisuojaus bentoniittimaalla toteutettuna koostuu alustasta, bentoniittimaasta, ohutmuovista, suoja- ja salaojakerroksesta sekä suojaverhouksesta. Vaativan kloridisuojauksen rakennekerrokset bentoniittimatolla ja bentoniittimaalla toteutettuna on esitetty kuvioissa 2 ja 3. Muiden suojausluokkien rakenteet on esitetty taulukossa 1. /1, 23/



Kuvio 2. Pohjavedensuojaus bentoniittimatolla. /1, 30/



Kuvio 3. Pohjavedensuojaus bentoniittimaalla. /1, 30/

Taulukko 1. Rakennekerrokset eri suojausluokissa. /1, 24/

Vaativa kloridisuojaus

Bentoniittimaa + muovi

suojaverhous 250 mm
hiekkä tai suojaverhous 100 mm
ohutmuovi luiskaan ja pohjalle 0,50 mm
bentoniittimaa 150 mm

Bentoniittimatto + muovi

suojaverhous 400 mm
hiekkä tai suojaverhous 100 mm
ohutmuovi luiskaan ja pohjalle 0,50 mm
bentoniittimatto

Kloridisuojaus

Bentoniittimaa + muovi

suojaverhous 250–320 mm
hiekkä tai suojaverhous 100 mm
ohutmuovi luiskaan ja pohjalle 0,50 mm
bentoniittimaa 80–150 mm

Bentoniittimatto + muovi

suojaverhous 400 mm
hiekkä tai suojaverhous 100 mm
ohutmuovi luiskaan ja pohjalle 0,50 mm
bentoniittimatto

Maatiiviste + muovi

suojaverhous 300 mm
hiekkä tai suojaverhous 100 mm
ohutmuovi luiskassa 0,50 mm
maatiiviste 300 mm

Kloridisuojaus (vaatii erillisen hyväksynnän)

Asfaltti + muovi

mahdollinen verhous
ohutmuovi pohjalle 0,50 mm
tiivis asfaltti 50 mm
mahdollinen tukikerros

Muovi ulkoluiskassa

suojaverhous 400 mm
hiekkä 100 mm
ohutmuovi 0,70 mm
hiekkä 100 mm (tarvittaessa)

Onnettomuussuojaus

Joku edellä mainituista bentoniittimatto tai -maarakenteista. Ei vaadita ohutmuovia tai kuivatusrakenteita, tai

Maatiiviste

suojaverhous 100–300 mm
maatiiviste 500–700 mm

3.2 Suojauksen mitoitus

Kloridisuojauksen lähtökohtana on läpäisevä vesimäärä, jonka laskennassa oletetaan, että tiiviste- ja suojakerroksen päällä on keväällä vettä enimmillään 300 mm noin viikon ajan. Suojauksen muilla osilla voi vettä olla salaojakerroksessa keväällä enintään 100 mm. Uusien rakenteiden tulee olla 10–100 kertaa tiiviimpiä kuin laskennallisen mitoituksen antama arvo on, sillä routiminen ja muut muuttuvat olosuhteet saattavat heikentää rakenteen tiiveyttä. Kriittisin osa rakennetta on ojan pohjalla, jossa käytetään tavallisesti normaalia varmempaa rakennetta. /1, 23/

Kloridisuojauksessa ajoradan kohdalla käytetään vesitiivistä asfalttia, jos bentoniittimattoa ei uloteta koko ajoradan tai saarekkeiden ja välikaistojen alle. Bentoniittimaton tulee ulottua vähintään 0,5 m tiepäälysteen alle. /1, 24/

Onnettomuustapauksissa vaarallisten aineiden ei saa kyetä tunkeutumaan alle 12 tunnissa suojauksen läpi. Useimmissa tapauksissa ympäristölle vaaralliset aineet imeytyvät tiivisteitä peittävään suoja-akerrokseen. Suojarakenteen tulee kestää tiivisteiden vahingoittumatta raskaan ajoneuvon paino. /1, 23/

Tiivisterakenteiden jäätyminen sallitaan, mutta routimisen estämiseksi on pyrittävä rajoittamaan veden kapillaarista nousua pohjamaasta. Routimisen aiheuttamaa rakenteen löyhtymistä rajoitetaan tekemällä suoja-akerroksesta mahdollisimman tiivis. /1, 23/

3.3 Bentoniittimaton asennusalusta

Suojattavalla pohjavesialueella tehdään pohjamaan kantavuuden parantamiseksi ja veden kapillaarisen nousun estämiseksi tiivisteiden alle routimaton rakenne, jos: /1, 25/

- pohjamaa koostuu märästä siltistä
- pehmeästä savesta
- humusmaasta

Tällöin asennusalusta koostuu suodatinkankaasta ja 200 mm kerroksesta soraa tai 300 mm kerroksesta routimatonta hiekkaa. Pohjamaan koostuessa tasaisesta hiekasta, riittää sen kantavuuden varmistamiseksi 100 mm kerros soraa tai mursketta. /1, 25/

Bentoniittimaton alustassa ei saa olla kasvien tai puiden juuria eikä suuria kiviä. Kasvillisuuden leviäminen rakennekerrokseen estetään suodatinkankailla tai muoveilla. Asennusalusta tiivistetään kaivinkoneeseen asennettavalla tärylevyllä ja kuopat ja painaumat tasoitetaan tarvittaessa hiekalla tai hienolla murskeella. Alustan sallitut poikkeamat korkeuden osalta ovat maksimissaan +/- 50 mm ja kaltevuuden osalta -0,5 - +2,0 prosenttiyksikköä. /3, 10/

3.4 Ohutmuovi pohjavedensuojauksessa

Ohutmuovi, joka on paksuudeltaan 0,5–0,7 mm, asennetaan tiivistekerroksen päälle siten, että se ylittää 0,5 m korkeammalle tiivisteeseen vesijuoksuun nähden. Muovin levitys täytyy suorittaa niin, että saumoja tulisi mahdollisimman vähän, ja että saumat limitetään vähintään 2 m päällekkäin. Asennettaessa muovia luiskaan tulee huomioida, että vesi ei pääse virtaamaan saumoista muovin alle. 100–160 mm salaojaputki asennetaan luiskan pohjaan muovin päälle. /1, 25/

Jos tien tai pohjavedensuojauksen rakennekerroksissa käytetään raekooltaan 32–45 mm mursketta, on ohutmuovi suojattava yhdellä käyttöluokan N4 tai kaksinkertaisella käyttöluokan N3 suodatinkankaalla. Ohutmuovi voidaan myös suojata käyttämällä hienoa mursketta, jonka suurin raekoko on 22 mm 2 mm seulan läpäisyn ollessa vähintään 70%, ja 12 mm läpäisyn ollessa 30–70%. Asennusvaiheessa on varmistettava, että ohutmuovin pinnassa ei ole sitä vahingoittavia kiviä. /3, 11/

3.5 Bentoniittimatto ja bentoniittimaa

Tienrakennustöiden yleisissä laatuvaatimuksissa ja työselityksissä (TYLT) on määritelty bentoniittimaton ja -maan, tiivistemaakerrosten ja muovien laatuvaatimukset. Bentoniittimatto koostuu kahdesta yhteen sidotusta suodatinkankaasta, joiden välissä on 0,5–0,7 mm paksuinen bentoniittisavikerros.

Bentoniittimaton toimintaperiaate perustuu bentoniittisaven paisuntaan. Bentoniittisavi paisuu voimakkaasti kostuessaan, jolloin se muodostaa tiiviin läpitunkemattoman pinnan suodatinkankaiden väliin. Bentoniittimatto tulee peittää vähintään 500 mm:n maakerroksella, mutta luiskan yläosassa 300 mm paksuisella maakerroksella, jotta bentoniittisaven paisuminen ei suuntaudu ylöspäin. Ilman päällä olevaa painoa matto ei kostuessaan tiivisty oikein. /1, 28/

Bentoniittimaa on keinotekoinen maa-aines, joka koostuu pienirakeisesta, vähävisisestä runkoaineesta ja bentoniittisavesta, jonka osuus on 3–10 painoprosenttia. Bentoniittimaan routimiskyky on alhainen, mutta kosteissa olosuhteissa tulee veden kapillaarinen nousu estää. Pohjavedensuojauksessa käytettävän bentoniittimaakerroksen paksuus määräytyy k-arvon ja rakennuspaikan olosuhteiden perusteella. /1, 28/

Bentoniittimattojen käsittely ja asennustapa on määritelty mattovalmistajan laatimissa ohjeissa. Matot tulee varastoida sateelta ja kosteudelta suojattuna tasaiselle alustalle irti maasta. Mattorullia ei saa nostaa ilman sisäputkia, eikä niitä saa pudottaa maahan tai vetää maata pitkin. /3, 13/

Bentoniittimattoja ei saa asentaa tai käsitellä sateisen sään aikana. Asennuksen jälkeen matot tulee peittää välittömästi, ettei mahdollisen sateen sattuessa matto pääse paisumaan ylöspäin. Bentoniittimattojen asennusalustan vaatimukset on määritelty kunkin työmaan pohjavedensuojauksen suunnitelmissa. Mattoja ei tule asentaa sellaiselle alustalle, joka ei täytä sille asetettuja vaatimuksia. Matot voidaan asentaa poikki- tai pituussuuntaisesti tiehen nähden. Pituussuuntaisesti asennettaessa mattojen pysyminen paikallaan tulee varmistaa esimerkiksi ankkuroinnilla. Mattojen limityksessä on otettava huomioon veden virtaussuunta. Bentoniittimaton päälle levitettävä suoja- ja salaojakerros tulee aloittaa ojan pohjalta. Levitettäessä suojaverhousta tulee huolehtia, että bentoniittimatto pysyy paikoillaan. Maton päälle tulee asentaa vähintään 300 mm paksuinen suojaverhous ennen kuin sen päällä liikutaan työkoneilla. /3, 12–13/

3.6 Suoja- ja salaojakerros

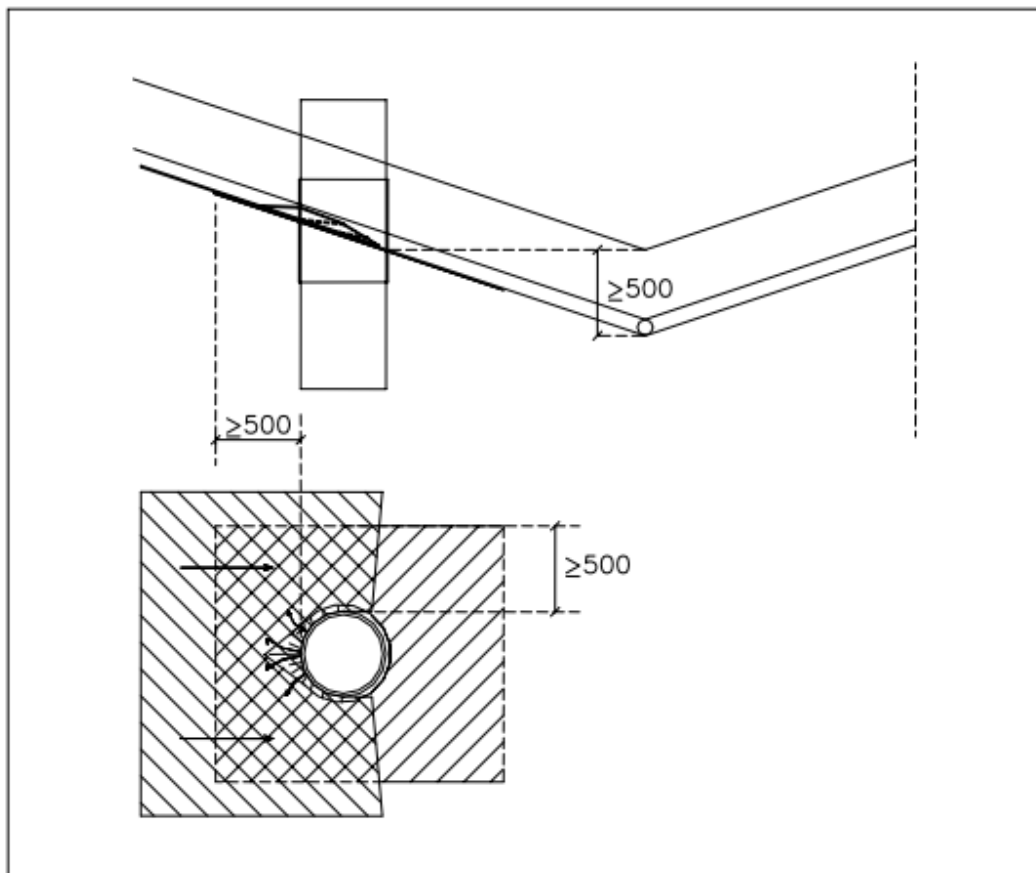
Bentoniittimaton päällä olevan suoja- ja salaojakerroksen tehtävä on johtaa vettä ohutmuovin päältä sekä suojata muovia ja bentoniittimattoa kiviltä ja kolhuilta. Suoja- ja salaojakerroksen paksuus on vähintään 100 mm. /3, 11/

Suojaverhous koostuu kitkamaasta, jonka suurin sallittu raekoko on enintään 100 mm. Suojaverhouksen ja sen alapuolisen suoja- ja salaojakerroksen tulee olla yhteispaksuudeltaan vähintään 500 mm sekä luiskissa että ojassa. Suojaverhous tulee tiivistää ja tasata esimerkiksi hydraulisella tärylevyllä luiskien mukaisesti, eikä sen paksuus saa olla miltään osin vähemmän kuin 30 prosenttia suojaverhouksen paksuudesta. /3, 11/

3.7 Läpiviennit

Läpiviennit tulee tehdä luiskaan vähintään 500 mm korkeammalle kuin ojan pohjan yläpinta. Läpiviennin kohdalla bentoniittimattoon leikataan läpiviennin, esimerkiksi valaisinpylvään jalan, vaatima aukko. Läpiviennin kohdalle luiskan yläosaan asennetaan toinen matto, joka saumataan alempaan mattoon kiinni bentoniittisavella. Läpiviennin ja maton väliin jäävä rako on enintään 5 mm. /3, 12/

Läpiviennit ovat pohjavedensuojauksen tiiveyden kannalta kriittisimpiä alueita ja niiden asennuksessa tulee noudattaa huolellisuutta. Läpivientien toteutustapa varmistetaan suorittamalla koeasennus, josta laaditaan laatusuunnitelma. Suunnitelmassa on esitettävä käytettävä materiaali sekä valittu toteutustapa. Lisäksi koeasennus on valokuvattava. Läpiviennin toteutus bentoniittimattoon on esitetty kuviossa 4. /3, 12–14/



Kuvio 4. Läpivienti bentoniittimatossa luiskan kohdalla. /3, 12/

3.8 Pohjavedensuojauksen kuvaus

Pohjavedensuojauksen kuvauksessa laaditaan toteutuneesta suojausrakenteesta sekä sen vaatimista seuranta- ja kunnossapito-ohjeista kansio, joka luovutetaan tien kunnossapitäjälle, tiesuunnittelijoille sekä pelastusviranomaisille. Kansiota hyödynnetään esimerkiksi silloin, kun tieosuudelle suunnitellaan rakennettavaksi uutta valaistusta, kevyen liikenteen väylää tai suojauksen laajentamista. Rakentaminen ja huoltotoimenpiteiden suorittaminen pohjavedensuojausalueella ilman suunnitelmiin perehtymistä voi pahimmassa tapauksessa tuhota suojauksen.

/2, 5/

Pohjavedensuojausta kuvaavassa kansiossa esitetään:

- kartta, jossa on merkittynä pohjavedensuojauksen tarkka sijainti alueella
- pohjavesialueen ja vedenottamoiden nimi, numero ja tunnus
- pohjavedensuojauksen rakentaja ja rakentamisvuosi
- sanallinen kuvaus toteutuneesta rakenteesta sekä leikkauskuvat rakennekerroksista
- tiedot pumppaamoista ja pohjaveden tarkastusputkista
- suojaussuunnitelma, työselitykset, käytetyt materiaalit ja koetulokset
- ohjeistus rakentamista varten pohjavedensuojausalueella
- seuranta- ja kunnossapitoa koskevat tiedot
- paikallisten pelastusviranomaisten yhteystiedot /2, 6–7/

4 POHJAVEDENSUOJAUKSEN TOTEUTUS ESIMERKKIKOHOITESSA

4.1 Esimerkkikohteen perustiedot

Valtatie 8 on Turusta Vaasan kautta Liminkaan viiden maakunnan läpi johtava valtatie. Tien pituus on 626 kilometriä ja se on osa Eurooppatie E8:aa. Opinnäytetyössä esimerkkikohteenä käytetty Sepänkylän ohitustie välillä Kotiranta-Stormossen on osa Vaasan ja Mustasaaren kautta kulkevaa valtatieä. Ohitustien pituus on noin 8 kilometriä. /6/

Hankkeen tilaaja Liikennevirasto on tilannut Vaasan Kotirannan ja Mustasaaren Stormossenin välillä sijaitsevan Sepänkylän ohikulkutien suunnittelu- ja rakentamistyöt Skanska Infra Oy:ltä, joka on yksi Suomen suurimmista ja kokeneimmista väylärakentajista /4/. Urakkasumma on 40,6 miljoonaa euroa. Urakka on toteutettu suunnittele ja toteuta -mallilla, jonka mukaisesti Skanska Infra Oy on kehittänyt Liikenneviraston laatimaa rakennussuunnitelmaa. Hanke aloitettiin syyskuussa 2011 ja se valmistuu marraskuussa 2014. /5/

Alkuperäinen Valtatie 8 sijaitsee Mustasaaren kohdalla Sepänkylän taajamassa. Tie on Vaasan kaupunkiseudun merkittävämpiä liikenneyhteyksiä, ja se palvelee pitkämatkaista ohikulkuliikennettä, kaupunkiseudun maankäyttöä sekä elinkeinoelämää. Valtatien alkuperäinen sijainti keskellä Sepänkylän taajama- aluetta on aiheuttanut ongelmia liikenneturvallisuudelle sekä maisema- ja taajamakuvalle. /5/

Uusi, Sepänkylän taajaman pohjoispuolelta kiertävä nelikaistainen ja useilla eritasoliittymillä varustettu ohitustie parantaa merkittävästi liikenneturvallisuutta ja lisää liikenteen sujuvuutta. Ohitustie mahdollistaa raskaan liikenteen siirtymisen pois alkuperäiseltä Sepänkylän läpi kulkevalta Kokkolantieltä. Lisäksi ympäristöhaittojen kuten pohjaveden pilaantumisriski pienenee. /5/

Sepänkylän ohitustien rakentaminen käsittää:

- Päätieta 7,7 km
- Rampeja 3,3 km
- Maantietä 0,8 km
- Katuja ja yksityistietä 6,8 km
- Yksityistietä 3,6 km
- 4 eritasoliittymää
- 10 siltaa
- 7 km melusuojausta /5/.

4.2 Pohjavedensuojauksen toteutus

Pohjavesialueen suojaustyöt aloitettiin esimerkkikohteena käytetyssä Skanska Infra Oy:n Valtatie 8 - Sepänkylän ohitustie -hankkeessa heinäkuun loppupuolella kesällä 2013. Pohjavedensuojaus toteutettiin vastapenkereellisenä bentoniittimatto-solumuovi yhdistelmä rakenteena. Pohjavesialue sijoittuu peltoaukealle, ja paikalle rakennettava nelikaistainen moottoritie kulkee pohjavesialueen läpi 800 metrin matkan.

Bentoniittimaton asennusalusta toteutettiin käyttämällä raekooltaan 0–32 mm mursketta, joka muotoiltiin luiskassa 300 mm paksuiseksi kerrokseksi. Murskekerroksen alle asennettiin koko matkalle suodatinkangas estämään hienon maa-aineksen kulkeutuminen sadevesien mukana pois. Murskekerros tasattiin ja tiivistettiin käyttämällä kaivinkoneeseen asennettavaa hydraulista tärylevyä.

Bentoniittimatot levitettiin kaivinkoneella matalan takaluiskan alueella tien suuntaisesti ja korkean takaluiskan kohdalla poikkisuuntaisesti tiehen nähden. Mattojen limitys oli kaksi metriä. Ohutmuovi levitettiin pääosin käsin pyörittämällä bentoniittimattojen päälle maton suuntaisesti. Ohutmuovin päälle rakennettava suoja- ja salaojakerros koostui ojan pohjalle muovin päälle asennettavasta halkaisijaltaan 110 mm paksuisesta salaojaputkesta ja paksuudeltaan 200 mm kerroksesta kivituhkaa. Salaojaputkelle asennettiin 50 m välein tarkastuskaivot. Rakenteen täydensi kivituhkakerroksen päälle levitetty 300

mm paksuinen raekooltaan 0–32 mm suojaverhous, joka myös tiivistettiin tärylevyä käyttämällä. Nurmetuksen kasvualustoja ei tehty valmiiksi myöhäisen vuodenajan ja talven tulon takia.

4.3 Olosuhteet ja aikataulu

Koska bentoniittimattojen asennustyö tulee suorittaa sateettomana aikana, aloitettiin pohjavesialueen suojaustyöt heinäkuun lopulla, jotta työvaihe tulisi valmiiksi ennen syksyn sateita. Työolosuhteet olivat heinäkuun loppupuolella ja elokuun alussa erinomaiset, sillä sää oli enimmäkseen poutainen ja sadetta ilmeni vain lyhyinä paikallisina kuuroina.

Bentoniittimattojen asennusalustan teon, valaisinpylväiden jalkojen ja salaojien asennuksen aikana kuitenkin alkuperäisiä suunnitelmia täydennettiin suunnittelijan toimesta useampaan kertaan, jolloin jo valmiiksi tehty työ jouduttiin joko purkamaan tai tekemään uudelleen. Tämä johti siihen, että bentoniittimattojen asennustyön aloitus siirtyi koko ajan enemmän lähemmäs syksyä ja sateiden todennäköisyys kasvoi.

Pohjavesialueen suojaustyöt venyivät lopulta pitkälle syksyyn, jolloin työt jouduttiin välillä keskeyttämään sateisen päivän osuessa kohdalle. Sade ja kosteus tekivät esimerkiksi bentoniittimattojen käsittelystä haasteellisempaa, sillä ne oli pidettävä jatkuvasti peiteltynä sateen varalta, mutta kuitenkin saatavilla nopeasti käytettäväksi. Myöhäinen lumentulo ja kevyt pakkanen kuitenkin mahdollistivat sen, että bentoniittimattojen asennustyö saatiin suoritettua ilman suurempia kosteusongelmia.

4.4 Resurssit

Pohjavesialueen suojaustyöt aloitettiin heinäkuussa yhdellä kaivinkoneella, jonka käytettävissä oli yksi hydraulinen tärylevy sekä yksi bentoniittimattojen ja suodatinkankaiden levitykseen tarkoitettu puomi. Työryhmän koostumus oli yksi kaivinkoneenkuljettaja sekä 1–2 rakennusmiestä. Rakennusaineiden kuljetus alueelle hoidettiin käyttämällä kaivinkoneurakoitsijan maansiirtokalustoa sekä tilaamalla rakennusainetta kuten kivituhkaa ja mursketta paikalliselta

murskatuotetoimittajalta. Muun rakennusmateriaalin kuten bentoniittimattojen, suodatinkangasrullien ja salaojaputkien kuljetus varastolta alueelle järjestettiin hyödyntämällä aliurakoitsijan traktoria ja peräkärriä.

Kun kävi selväksi, että suojauksen saaminen valmiiksi tulee venymään pitkälle syksyyn, oli resursseja siirrettävä muista työkohteista pohjavesialueelle. Työn nopeuttamiseksi työryhmiä suurennettiin syys- ja lokakuun aikana pohjavesialueella 3–4 kaivinkoneeseen, 2–3 rakennusmieheen sekä useisiin maansiirtokoneisiin. Jotta asennetut bentoniittimatot tulisivat peitellyiksi mahdollisimman nopeasti, jouduttiin murskatuotetoimittajalta varaamaan useita kuorma-autoja toimittamaan rakennusainetta työryhmän käyttöön. Tämä vaikeutti osaksi muualla työmaalla toimivien työryhmien töitä, sillä ne joutuivat odottamaan kauemmin rakennusaineita omia töitään varten. Lisäksi tien reunoille läjitetyt kivituhka- ja murskekuormat ruuhkauttivat jonkin verran ahdasta ja kapeaa tieosuutta, jonka kautta koko työmaan yleinen liikenne kulki.

4.5 Seuranta ja laadunvarmistus

Bentoniittimaton asennusalustan tasaisuus, sijainti ja ojanpohjan korko tulee tarkistaa vähintään 20 metrin välein. Työmaalla on tarkistettava, että bentoniittimattojen vastaanottoraportti sisältää tiedot mattojen laatuvaatimusten täyttämistä. Ennen varsinaisen asennustyön aloittamista on bentoniittimatoilla suoritettava koeasennus. Koeasennuksessa todetaan asennustyöhön soveltuvat menetelmät ja välineet. Koeasennus on perustana työ- ja laadunvarmistussuunnitelmalle, johon varsinaisen mattojen asennustyön aikana suoritettava valvonta perustuu. /2, 13/

Pohjavesialueen suojaustyön seuranta oli päivittäistä toimintaa, jossa kirjattiin ylös millaisissa sääolosuhteissa työtä tehtiin, havaitut poikkeamat rakennekerrosten paksuudessa ja luiskien kallistuksessa, käytettyjen suojausmateriaalien määrä juoksumetreissä ja päivittäisten suojaustyöhön käytettyjen työtuntien määrä. Lisäksi suojaustyön eri vaiheita tuli valokuvata 50 m välein. Valokuvista piti olla todettavissa, että asennusalusta, bentoniittimatto ja ohutmuovi täyttivät niille asetetut laatuvaatimukset. Asennustyötä ja esimerkkejä

työvaiheiden dokumentoinnista on esitetty kuvioissa 5–11. Seurannassa kerätty materiaali dokumentoitiin ja käytettiin laadittaessa pohjavedensuojauksen kuvausta käsittelevää aineistoa tien kunnossapitäjää ja viranomaisia varten.



Kuvio 5. Suodatinkankaan levittämistä kaivinkoneella.



Kuvio 6. Bentoniittimaton asennusalustan tekoa.



Kuvio 7. Bentoniittimaton asennusalusta tiivistettiin hydraulisella tärjelyvyllä.



Kuvio 8. Bentoniittimatot limitettynä tien suuntaisesti.



Kuvio 9. Ohutmuovin levitystä.



Kuvio 10. Mattojen levitystä korkean takaluiskan kohdalla.



Kuvio 11. Suoja- ja salaojakerroksen tekoa.

4.6 Työvaiheen kehitysehdotukset

Työvaiheena pohjavesialueen suojaus on organisaatiolle raskas. Se sitoo runsaasti aikaa ja resursseja monikerroksisuutensa takia. Työ voidaan tehdä pienellä työryhmällä esimerkiksi vaiheittain, jolloin yksi kaivinkone ja 1–2 rakennusmiestä tekevät lyhyen matkan valmista asennusalustaa, levittävät bentoniittimaton, solumuovin ja niiden päälle tehtävät rakennekerrokset. Työvuoro tulisi kuitenkin aina päättää siten, että bentoniittimatto on peitettynä riittävällä määrällä maata sateen varalta, jotta bentoniittimatto ei pääsisi kastuessaan tiivistymään väärin.

Tehokkaampi, mutta enemmän resursseja vaativa tapa on tehdä työ 2–3 työryhmällä, johon kuuluu 2–3 kaivinkonetta ja 2–3 rakennusmiestä. Edellä kulkeva kaivinkone valmistelee bentoniittimaton asennusalustan. Asennusalustan tiivistämisen suorittaa joko kaivinkone käyttämällä hydraulista tärylevyä tai kaivinkoneen perässä tuleva rakennusmies käsikäyttöisellä maantiivistäjällä. Toinen kaivinkone levittää bentoniittimattoa sitä mukaan, kun valmista asennusalustaa syntyy. Tämän perässä tulee 1–2 rakennusmiestä, jotka levittävät ohutmuovia bentoniittimaton päälle käsin. Kolmannen työryhmän muodostaa yksi kaivinkone ja yksi rakennusmies, jotka rakentavat ohutmuovin päälle suoja- ja salaojakerrosta. Kolmannen työryhmän voi muodostaa myös käyttämällä ensimmäisen työryhmän kaivinkonetta ja rakennusmiestä, kun asennusalustan levitys ja tiivistys on tehty. Työvaiheen kulku käyttämällä kolmea työryhmää on esitetty kuviossa 12.



Kuvio 12. Suojaustyö kolmella työryhmällä samanaikaisesti toteutettuna.

Pohjavedensuojauksessa rakennekerrosten teko vaatii huomattavan määrän maainesta. Rakennusaineen varastointi tieosuudelle vaikeuttaa tiellä liikkumista ja työntekoa, toisaalta jatkuvat kuljetukset lisäävät työturvallisuusriskejä. Tehokas ja turvallinen tapa on rauhoittaa toinen puoli tieosuudesta täysin pohjavedensuojaustyölle ja rakennusmateriaalin säilytykselle. Suojaustyön ollessa käynnissä rakennusaineen kulutus on nopeaa ja sen riittävyys ja toimitus rakennusalueelle tulee varmistaa, jotta tarpeettomia viivytyksiä ei pääse syntymään. On myös varmistettava, että aikaa ja rakennusaineita on riittävästi bentoniittimattojen peittämiseen. Rakennusvaiheessa tulee jatkuvasti tarkkailla sääolosuhteita, jotta sateen sattuessa olisi mahdollisimman paljon jo levitettyä bentoniittimattoa peiteltynä. Edellä esitetyllä kolmen työryhmän mallilla toimittaessa pystytään sateen uhkaan reagoimaan paremmin, sillä bentoniittimattoa peitetään koko ajan sitä mukaan kun sitä levitetään.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Pohjavesialueen suojaustyö on yksi vaativimmista ja riskialttiimmista tietyömaalla tehtävistä työvaiheista. Se vaatii tekijöiltään huolellisuutta ja suunnitelmien ehdotonta noudattamista ympäristölle turvallisen lopputuloksen aikaansaamiseksi. Pohjavesialueet ovat yksi luonnonvaroistamme, joiden hyödyntäminen saattaa olla tulevaisuudessa erittäin suuressa roolissa esimerkiksi ympäristökatastrofin sattuessa. Siksi onkin erityisen tärkeää, että pohjavedensuojauksessa työn suorittamiseen ja oikeellisuuteen paneudutaan tulevaisuutta silmällä pitäen.

Työnjohdon vastuulla pohjavedensuojausta tehtäessä on työn laadunvalvonta ja suunnitelmien noudattaminen. Jotta virheisiin ja poikkeamiin ehditään reagoida ajoissa, tulee valvonnan olla päivittäistä. Pohjavedensuojaus on työvaihe, jossa yksi rakennekerros peittää toisen alleen hyvin nopeasti. Väärä toteutustapa esimerkiksi bentoniittimaton saumauksessa tai läpivientä tehtäessä jää nopeasti huomaamatta, jos valvonta ei ole jatkuvaa työn edetessä vauhdikkaasti. Työvaiheen etenemisen valokuvaaminen on erinomainen tapa pitää päiväkirjaa, jota voidaan hyödyntää mahdollisten virheiden sattuessa.

Pohjavedensuojaus työvaiheena oli erilaisuutensa ansiosta mielenkiintoinen kokemus. Työpäivät olivat pitkiä ja työn eteneminen hidasta, mutta kokemus oli nähdyn vaivan arvoinen ja se antaa kirjoittajalle varmasti paljon tietotaitoa tulevaisuuden varalle.

LÄHTEET

- /1/ Pohjaveden suojaus tien kohdalla. 2004. Liikenneviraston verkkoarkisto. Viitattu 3.6.2014. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100028-v-04pohjavsuojtienkohd.pd.pdf>
- /2/ Pohjavesisuojausten kuvaus - ohje toteutetun suojausten kuvaamiseksi. 1996. Liikenneviraston verkkoarkisto. Viitattu 3.6.2014. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2270008-pohjavkuvausohje1.pdf>
- /3/ Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset. Pohjaveden suojausrakenteet 4840. 2004. Liikenneviraston verkkoarkisto. Viitattu 3.6.2014. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200029-v-04pohjavsuojrak.pdf>
- /4/ Infrarakentaminen. Skanskan verkkosivut. Viitattu 3.6.2014 <http://www.skanska.fi/fi/Tietoa-Skanskasta/Palvelut/Infrarakentaminen/Vayla--ja-siltarakentaminen/>
- /5/ Vt 8, Sepänkylän ohikulkutie. Liikenneviraston verkkosivut. Viitattu 3.6.2014. http://www.portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/kaynnissa/sepankylan_ohikulkutie
- /6/ Valtatie 8. Wikipedia-sivusto. Viitattu 3.6.2014. http://fi.wikipedia.org/wiki/Valtatie_8