

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Maa- ja kalliorakentaminen

Samu Simonen

POHJAVEDENSUOJAUS VT. 6:LLA AHVELAMPI- JÄNHIÄLÄ

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Samu Simonen

Pohjavedensuojaus Vt. 6:lla Ahvenlampi–Jänhiälä, 34 sivua, 4 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikan yksikkö, rakennustekniikka

Maa- ja kalliorakentaminen

Ohjaajat: Yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu Työ-
maapäällikkö Ilkka Laurila, Destia Oy

Opinnäytetyön aiheena on pohjavedensuojaus Valtatie 6:lla Ahvenlampi–Jänhiälä. Toteutan työn yhdessä Destia Oy:n kanssa. Työhön kuuluu pohjavedensuojauksen toteuttamisen kuvaaminen kaikkine vaiheineen sekä työkonetehtojen seuranta suojauksen aikana.

Työn tavoitteena on antaa kuva pohjavedensuojauksen toteuttamisen kaikista vaiheista ja sitä kautta opastaa tulevien pohjavesisuojausten tekijöitä. Teho seurantaa tullaan tulevaisuudessa käyttämään apuna Destia Oy:n tarjous- ja jälkilaskennassa.

Tehoseuranta on tarpeen, sillä projektilla käytetään työkoneissa niin kutsuttua työkoneautomaatiota. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, ettei projektilla ole korkekkepejä maastossa, vaan kaikki korkotieto tulee reaaliajassa työkoneisiin sijoitettuihin päätelaitteisiin, josta koneen kuljettaja saa tarvitsemansa tiedot työn toteuttamiseen. Onkin selvää, että Destia Oy tarvitsee mahdollisimman paljon tietoa automaation mukanaan tuomista hyödyistä/haitoista.

Seurannan aikana saatavaa tietoa käytetään myös automaatiotekniikan ja niin sanotun vanhan tekniikan vertailuun (korkomerkit työmaalla). Destia Oy toteutti vuonna 2003 Lappeenrannassa Muukonsuoran pohjavedensuojauksen, jonka seurauksena silloin saavutettujen työkoneiden tehojen vertaaminen automaatiotekniikkaan on mahdollista.

Seuranta tapahtui päivittäin ja tietojen keräämiseen käytin niin omaa kuin työkonekuljettajien tarkkavaisuutta ja arviointia. Seurantatiedot kasasin Microsoft Excel -taulukkoon, josta tein mahdollisimman helppokäyttöisen. Tehoseuranta kohdistui lähinnä bentoniittimatton päälle tehtävien suoja- ja salaojakerroksen sekä suojaverhouksen tekemiseen.

Keräämiäni tehotietoja en voi luovuttaa kokonaisuudessaan julkiseen käyttöön.

Avainsanat: pohjavesi, tehoseuranta, työkoneautomaatio

ABSTRACT

Samu Simonen

Groundwater Protection Project of Highway 6 between Ahvenlampi and Jänhiälä, 34 pages, 4 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology; Civil and Construction Engineering and Production

Specialization in Infrastructural Engineering and Production

Final Year Project 2010

Instructors: Senior lecturer Tuomo Tahvanainen, Saimaa University of Applied Sciences, Worksite manager Ilkka Laurila, Destia Oy

The subject of this thesis was a groundwater protection project of the highway 6 between Ahvenlampi and Jänhiälä. The thesis was composed in co-operation with the Destia Ltd. It describes the phases of implementing a highway groundwater protection and tracking the utilization level of construction machines.

In addition to describing all phases of implementing a groundwater protection, a goal of the thesis was to instruct the future groundwater protection projects. Tracking the utilization will benefit the offer and actual cost calculation in Destia Ltd.

It is important to track the utilization because the construction machines of the project use so called construction machine automation. In practice, the project does not utilize old style level markers in the work site. The level data is transferred to the construction machines real-time and the machine operator receives the data required for the task. For this reason, the Destia Ltd needs a lot of feedback for the benefits and drawbacks of the system.

The utilization data is also used to review the differences of the automation technology and the old approach with level markers in the work site. During 2003, Destia Ltd implemented a groundwater protection with the old approach at Muukko, Lappeenranta. The data from the project in 2003 is useful for comparing utilization levels of the old and the new approach.

Utilization was tracked on a daily basis by using perceptions of my own and the machine operators. The tracking data was gathered in an easy-to-use Microsoft Excel sheet. The tracking was mainly concentrated on machines that constructed protection and subsurface drain layers on top of a bentonite carpet.

The collected utilization data can not be published as a whole.

Keywords: Groundwater, utilization tracking, construction machine automation

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ ABSTRACT

1 JOHDANTO	5
2 YRITYS	6
3 VT. 6 -PROJEKTI.....	7
4 POHJAVEDENSUOJAUS.....	8
4.1 Yleistä.....	8
4.2 Suojauksen rakenne.....	8
4.2.1 Asennusalusta	8
4.2.2 Bentoniittimatto ja ohutmuovi.....	10
4.2.3 Suoja- ja salaojakerros	12
4.2.4 Suojaverhous.....	13
4.2.5 Läpiviennit.....	14
4.3 Resurssit	16
5 LAADUNSEURANTA.....	18
5.1 Yleistä.....	18
5.2 Asennusalusta.....	18
5.3 Bentoniittimatto ja ohutmuovi	19
5.4 Suoja- ja salaojakerros	20
5.5 Suojaverhous	21
5.6 Läpiviennit	21
6 ALIURAKOITSIJA POHJAVEDENSUOJAUKSESSA	22
6.1 Aliurakoitsijan toimenkuva.....	22
6.2 Kalusto	23
7 TYÖKONEAUTOMAATIO.....	24
7.1 Yleistä.....	24
7.2 Automaatio-operaattori.....	25
7.3 Automaatiolaitteet.....	26
7.4 Käyttökohteet	27
7.5 Hyödyt/haitat	27
8 TEHOSEURANTA POHJAVEDENSUOJAUKSESSA	29
8.1 Yleistä.....	29
8.2 Seurantamenetelmät	29
8.3 Tulosten analysointi.....	30
8.4 Vertailu	31
9 POHDINTA	32
KUVAT	33
LÄHTEET.....	34

LIITTEET

Liite 1 Suoja- ja salaojakerroksen materiaalin rakeisuuskäyrä

Liite 2 Suojaverhouskerroksen materiaalin rakeisuuskäyrä

Liite 3 Suoja- ja salaojakerroksen tehoseurannan Excel-taulukko

Liite 4 Suojaverhouskerroksen tehoseurannan Excel-taulukko

1 JOHDANTO

Puhdas vesi on tulevaisuudessa ylellisyystuote. Lisääntyneen vedenkäytön, tiekuljetusten ja suolauksen takia puhdas vesi ei ole enää itsestäänselvyys.

Suojaamalla teidemme varsilla sijaitsevat pohjavesialueet takaamme sen, että puhdas vesi on kaikkien tavoitettavissa jatkossakin.

Yhteistyöni Destia Oy:n kanssa alkoi vuonna 2009. Suoritin silloin pitkän, melkein 4 kk kestävä projektiharjoittelun Destia Oy:ssä. Harjoittelujakson päätyttyä sovimme työnantajani kanssa, että alkaisimme miettiä sopivaa opinnäytetyöaihetta, josta olisi hyötyä molemmille. Kevään 2010 kuluessa sovimme työn aiheeksi pohjavedensuojauksen.

Opinnäytetyö rajattiin antamaan tarkka kuvaus pohjavedensuojauksen toteuttamisesta, työkoneautomaatiotekniikan esittelyyn ja kesän aikana kerättyjen tehotietojen analysointiin. Esittelyn kohteeksi päätyi myös Länsirannikon Kaivuu Oy:n toteuttama tuotekehitys suojaukseen käytettävien levitinlaitteiden osalta. Tutkimusmenetelmänä tehoseurantaa varten, käytin päivittäistä tarkkailua, jonka pohjalta tein Microsoft Excel -taulukon.

Tehotietoja tullaan käyttämään hyväksi Destia Oy:n tarjous- ja jälkilaskennassa. Lisäksi saadaan konkreettista tietoa siitä, kuinka yritys hyötyy työkoneautomaatiosta pohjavedensuojauksessa.

Suojaus toteutettiin yhdessä Destia Oy:n (pääurakoitsija) sekä Länsirannikon Kaivuu Oy:n (aliurakoitsija) kanssa. Destialle kuului materiaalien hankinta ja toimittaminen, asennuspohjien, suoja- ja salaojakerroksen ja suojaverhouksen teko. Länsirannikon Kaivuu Oy toteutti bentoniittimaton ja ohutmuovin levityksen, jonka he tekivät urakalla.

Kesän 2010 aikana toteutettu pohjavedensuojaus Ahvenlampi–Jänhiälä oli haastava työvaihe, johon osallistuin toisena työnjohtajana. Työ satoi paljon projektin resursseja ja päivät venyivät pitkiksi. Tästä huolimatta suojaus oli toteutettava tarkasti annettujen ohjeiden mukaan.

2 YRITYS

Destia Oy on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyritys. Destia Oy suunnittelee, rakentaa ja ylläpitää liikenneväylien sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen lisäksi kokonaisia elinympäristöjä. Palvelut ulottuvat kattavasta maanpäällisestä toiminnasta myös maanalaiseen rakentamiseen (Destia Oy).

Destia Oy:n keskeisimpiä palveluja ovat

- rakentamispalvelut, johon sisältyy väylä-, silta-, ympäristö- ja ratarakentaminen, sekä energiainfra ja louhintatyöt
- hoito- ja kunnossapitopalvelut, johon sisältyy talvihoito, siltojen hoito liikenneympäristöjen hoito sekä sorateiden hoito ja kunnossapito
- päällystepalvelut
- kiviainespalvelut
- mittaus- ja tutkimuspalvelut
- suunnittelupalvelut, johon sisältyy tie-, katu-, rata-, ympäristö-, geo- ja siltasuunnittelu.

Destia Oy palvelee asiakkaitaan hankkeen esiselvityksestä ja suunnittelusta toteutukseen, kunnossapitoon ja seurantatutkimuksiin asti. Monipuolisen osaamisensa ansiosta Destia Oy voi vastata projektien osakokonaisuuksista tai laajoistakin hankkeista ”avaimet käteen” -periaatteella (Destia Oy).

Destia -konserni koostuu emoyhtiö Destia Oy:stä ja tytäryhtiöistä. Destia-konsernin liikevaihto vuonna 2009 oli noin 600 miljoonaa euroa ja henkilöstöä Destiassa oli noin 2 860. Se on infra- alan markkinajohtaja Suomessa (Destia Oy).

3 Vt. 6 -PROJEKTI

Valtatie 6 (Helsinki–Joensuu–Kajaani) on osa Suomen keskeisintä päätieverkkoa. Lähes 50 kilometriä pitkä tiejakso Lappeenrannasta Imatralle on yksi sen vilkkaimmin liikennöidyistä osista. Tie on osa Etelä–Karjalan maakunnan tärkeintä länsi–itä–suuntaista, maakunnan ydinalueen kaupungit yhdistävää työ- ja asiointimatkojen pääväylää (Valtatie 6 Lappeenranta–Imatra esite).

Alueella sijaitsee Suomen merkittävimmän metsäteollisuuskeskittymän lisäksi teräs- ja konepajateollisuutta. Tie toimii myös kansainvälisenä yhteytenä itärajan rajanylityspaikoille. Lisäksi tiejakso on osa yhtä Suomen vetovoimaisimmista matkailureiteistä (Valtatie 6 Lappeenranta–Imatra esite).

Valtatie 6:lla Lappeenrannan ja Imatran välillä rakennetaan kahdessa vaiheessa, joista ensimmäinen vaihe käynnistyi syksyllä 2007 käsittäen Kärki–Muukko välisen alueen. Toinen vaihe alkoi syksyllä 2009 käsittäen Ahvenlampi–Mansikkala välisen alueen. Ensimmäisen vaiheen toteuttaa Työyhteisliittymä TYL Vt. 6, jonka muodostavat Lemminkäinen Infra Oy ja Kesälahden Maansiirto Oy, jonka toteutusmuotona on suunnittele- ja toteuta-urakka. Toisen vaiheen toteuttaa Destia Oy kokonaisurakkana (Valtatie 6 Lappeenranta–Imatra esite).

Vt. 6 Lappeenranta-Imatra-hanke lukuina (suluissa Destia Oy:n osuus): (Valtatie 6 Lappeenranta–Imatra esite)

- valtateiden parannusta 48 km (20 km)
- uutta tielinjaa 2,5 km (0,5 km)
- uusia eritasoliittymiä 6 kpl (2 kpl)
- parannettavia eritasoliittymiä 9 kpl (5 kpl)
- uusia tai korjattavia siltoja 69 kpl (28 kpl)
- meluesteitä 22 km (5 km)
- pohjavesisuojausta 10 km (7 km)
- riistaesteitä 35 km (15 km)
- tievalaistus rakennetaan koko matkalle
- sopimusvaltuus 177 miljoonaa euroa

- hyöty- kustannussuhde 1,6
- liikenteelleotto:
 1. vaihe: syksy 2010
 2. vaihe: syksy 2011.

4 POHJAVEDENSUOJAUS

4.1 Yleistä

Pohjavesisuojauksen tarkoituksena on estää suolapitoisten vesien pääsy suuri-
na määrinä pohjavesiin sekä vahingollisten aineiden pääsy pohjaveteen esi-
merkiksi säiliöauto-onnettomuuksien yhteydessä.

Pohjavesialueita voidaan suojella usealla eri menetelmällä, joista tarkemmin
käsittelen bentoniittimaton ja ohutmuovin yhdistelmä rakennetta, koska tätä suo-
jaustapaa käytettiin välillä Ahvenlampi–Jänhiälä kesällä 2010.

Suojaaminen on työvaiheena haasteellinen toteuttaa, sillä se sitoo paljon re-
sursseja ja on väärin toteutettuna vaarallista työtä. Raskaiden bentoniittimatto-
rullien käsittely vaatii tarkkaavaisuutta ja työnsuunnitteluun tulee panostaa.

4.2 Suojauksen rakenne

4.2.1 Asennusalusta

Ahvenlammelle ja Mastonsuoralle toteutetulle pohjavesisuojaukselle piti tehdä
vastapengertä noin 9 kilometrin verran. Vastapenger on rakenne, jolla luiskan
vakavuutta voidaan parantaa esimerkiksi huonoissa pohjaolosuhteissa. Suojat-
tavissa kohteissa ei ollut tätä ongelmaa vaan vastapengertä käytettiin, jotta suo-
jaus saatiin ulotettua tarpeeksi kauas tien reunasta.

Alustana oleva rakennekerroksen luiska tiivistetään tärylevyllä (ks. kuva 1) taiseksi ja tarvittaessa pohjan tasaisuutta parannetaan hienolla murskeella tai ohuella hiekkakerroksella. Bentoniittimaton alusta rakennekerrosten osuudella kallistetaan kohti luiskaa 5–15 % (InfraRYL 2006, 225).



Kuva 1 Hydraulinen tärylevy

Asennusalustalta tulee poistaa kaikki orgaaninen aines esimerkiksi kaikkien helposti kasvuun pyrkivien kasvien juuret. Jos tämä ei ole mahdollista, juuret pitää peittää esiintymiskohdistaan niiden läpäisyn estävällä kankaalla tai muovilla (InfraRYL 2006, 225).

Suojattavissa kohteissa pohjaolosuhteet olivat erinomaiset ja korjaus toimenpiteitä tarvitsi tehdä erittäin vähän, johtuen tärylevy tiivistämisestä, jolla suurimmat epätasaisuudet saadaan häivytettyä (ks. kuva 2).

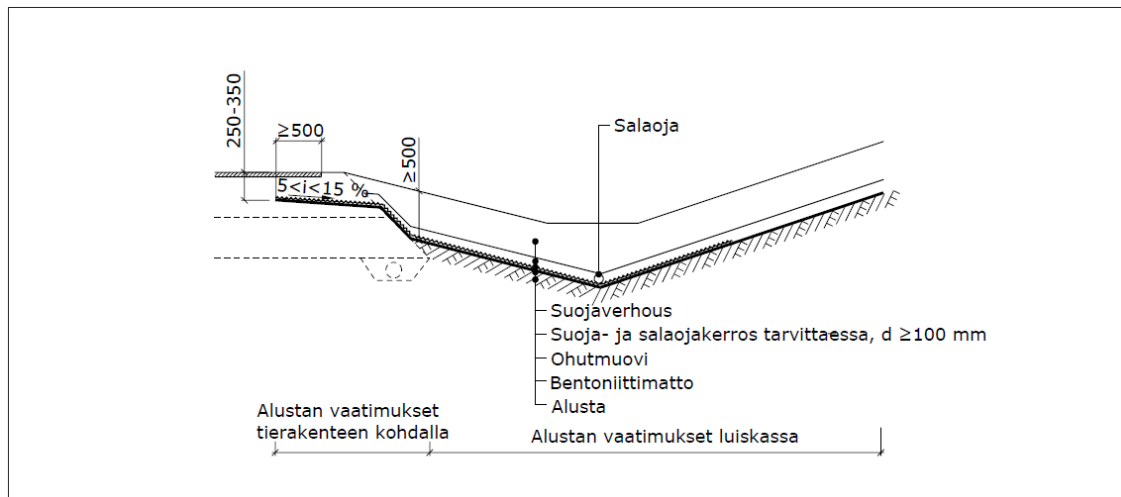


Kuva 2 Tasoitettu ja tiivistetty asennuspohja

4.2.2 Bentoniittimatto ja ohutmuovi

Valtatie 6 -projektissa pohjavesisuojaus toteutettiin käyttäen suojaavana materiaalina bentoniittimattoa itseliimautuvien saumoin (limitys 30 cm), joka koostuu kahdesta toisiinsa sidotusta kuitukankaasta, joiden välissä on bentoniittia. Bentoniitti on luonnon savea, jonka oleellisin osa on montmorilloniittisavi. Se pystyy absorboimaan suuria määriä vettä ja suotuisissa oloissa laajenemaan sen seurauksena tilavuudeltaan jopa kymmenkertaiseksi.

Bentoniittimattoa käytetään kun kloridisuojaus on vaativa. Kloridisuojuuksesta saadaan riittävän vesitiivis tekemällä tiiviste kaksikerroksisena yhdistelmä rakenteena (ks. kuvat 3–4), jossa sisäluiskassa ja ojan pohjalla bentoniittimaton päälle asennetaan limisaumattu ohutmuovi (InfraRYL 2006, 227).



Kuva 3 Poikkileikkaus toteutuneesta suojausrakenteesta (InfraRYL 2006, 225)

Muovin pääasiallinen tarkoitus on pitää bentoniittimatto kosteana, joka on olennaista maton tiivistymisen kannalta. Muovissa sallitaan pienet reiät, koska muovi ei toimi varsinaisena tiivisteenä.

Normaalisti muovi asennetaan ojan pohjalle tien pituussuuntaan nähden ja luiskassa joko pituus- tai poikkisuuntaan. Toteutus vaiheessa kävi ilmi, ettei tämä ollut aina mahdollista, niinpä toisinaan asennustapaa piti soveltaa.



Kuva 4 Bentoniittimaton ja ohutmuovin yhdistelmä rakenne

Bentoniittimatto tulee mahdollisuuksien mukaan asentaa sateettomana aikana. Kastuessaan matto alkaa tiivistyä väärin, jollei maton päällä ole riittävää painoa. Turpoaminen suuntautuu ylöspäin, eikä vaakasuuntaan kuten pitäisi. Siten maton saumat eivät tiivisty kunnolla eikä suojaus ole pitävä.

Projektilla käytettiin Viabent 4000 TYLT -bentoniittimattoa, joka toimitettiin Puolasta Suomeen. Ohutmuovia käytettiin kolmea eri leveyttä, 7 m ja 3,5 m joiden valmistaja on GSE ja taitettu 5 m muovin valmistaja on Ab Rani Plast Oy. Kaikkien leveyksien materiaalipaksuus on 0,5 mm. Maahantuojana ja toimittajana toimi Oy ViaPipe Ab.

4.2.3 Suoja- ja salaojakerros

Tiivisteiden (bentoniittimatto ja ohutmuovi) päälle tarvitaan suoja- ja salaojakerros (ks. kuva 5) suojaamaan tiivistettä, jos yläpuolinen verhouskerros on liian kivinen. Ja poistamaan tiivistettä kuormittava vedenpaine, jos tiivisteiden yläpuolinen verhousmateriaali on liian hienorakeista. Suoja- ja salaojakerros on paksuudeltaan vähintään 100 mm (InfraRYL 2006, 226).

Kuivatuksen toimivuus varmistetaan tarvittaessa salaojituksella, jossa putkena käytetään 110 mm salaojaputkea sekä tarkastuskaivoina toimivat 315 mm rumppuputkesta tehdyt kaivot. Salaojiin kertyneet vedet johdetaan purkuputkien ja sulkukaivojen kautta pohjavesialueen ulkopuolella. Sulkukaivojen avulla saastunut vesi saadaan onnettomuuden sattuessa pysäytettyä ja kerättyä talteen.

Jos rakennettavan tien rakennekerroksissa käytetään maksimirakokooltaan 55 mm murskettä, tulee bentoniittimatto ja ohutmuovi suojata käyttöluokan 4 suodatinkankaalla tai kaksinkertaisella käyttöluokan 3 suodatinkankaalla tai toisella bentoniittimattosuikaleella tai ohuella suojakerroksella (hiekkä) (InfraRYL 2006, 226).



Kuva 5 Suoja- ja salaojakerroksen tekoa

Tässä tapauksessa päätettiin tien ja luiskan kantti suojata käyttöluokan 4 suodatinkankaalla. Täten maton suojaaminen oli helpointa ja ylimääräisiltä työvaiheilta vältyttiin.

4.2.4 Suojaverhous

Suoja- ja salaojakerroksen päälle levitetään suojaverhous, joka suojaa rakennetta ulkopuolisilta kuormilta, eroosiolta, liialliselta kuivumiselta ja toimii nurmituksen alustana sekä pidättää osan vaarallisista aineista (InfraRYL 2006, 225).

Suojaverhouksen paksuus vaihtelee 300–500 mm välillä. Ohjeiden mukaan maton päällä ei saa liikkua työkoneella ennen kuin tiivisterakenteen päällä on vähintään 300 mm suojaavaa kerrosta (ks. kuva 6). Tästä jouduttiin poikkeamaan, jotta suoja- ja salaojakerros saatiin levitettyä kaikkialle luiskaan. Luiska oli pääsääntöisesti niin leveä, että pieni kaivukone (kkht 14) joutui työskentelemään tiivisterakenteen päällä. Työskennellessään tiivisterakenteen päällä kaivukone teki itselleen ”petiä”, jotta tiivisterakenne ei vaurioituisi.



Kuva 6 Suojaverhouksen tekoa suojausrakenteen päällä

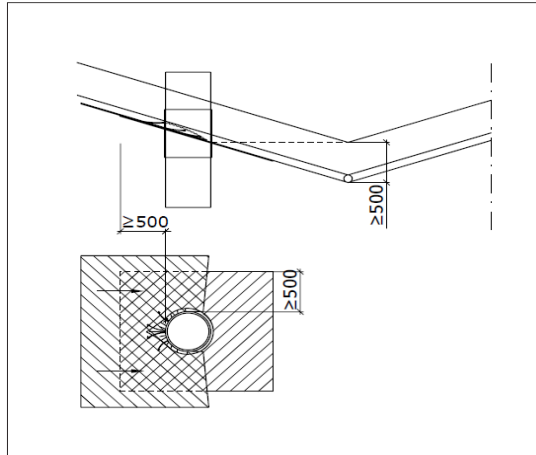
Kaikkein uloin kerros suojauksessa on nurmetus, joka suojaa luiskaa eroosiolta ja liialliselta kuivumiselta. Nurmetuksen mahdollistamiseksi suojaverhouksen päälle tuli noin 100 mm multausta.

4.2.5 Läpiviennit

Haasteellisimpia kohtia suojausta tehtäessä ja suojauksen tiiveyden takaamisessa on suojaukseen tehtävät läpiviennit rummuille, valopylvään ja liikenne-merkkien anturoille sekä sadevesi kaivoille (ks. kuvat 7–11).

Läpivientien tekoon tulee panostaa, sillä ne ovat suojauksen heikoin kohta tiiveyden ylläpitämisessä. Läpiviennit tulee sinetöidä bentoniittipastalla, joka valmistetaan luononbentoniittia ja vettä sekoittamalla. Lopputuotteena on erittäin nopeasti turpoava ja tiivistyvä ”tahna”, jolla läpiviennit tiivistetään.

Pelkkä bentoniittipasta ei yksinomaan riitä tekemään läpivienneistä riittävän tiiviitä, vaan läpiviennin teossa käytetään kaksinkertaista bentoniittimatto kerrosta, sitten että alin kerros tehdään ns. paikkapalalla ja päällimmäiseksi tulee suojaavakerros. Näiden kerrosten välit tiivistetään runsaalla bentoniittipastalla. Yhden läpiviennin teossa meni aikaa keskimäärin 20 minuuttia.



Kuva 7 Läpivienti bentoniittimatossa luiskassa, periaatekuva (InfraRYL 2006, 226)



Kuva 8 Valopylvään anturan läpivienti



Kuva 10 Rummun läpiviennin tiivistäminen bentoniittipastalla



Kuva 9 Rummun läpiviennin tekoa



Kuva 11 Valmis valopylvään anturan läpivienti

4.3 Resurssit

Ennen suojauksen tekoa oli päätettävä, millä ja miten suojaus käytännössä toteutetaan. Näitä kysymyksiä miettiessä apuna voitiin käyttää aiempaa kokemusta vastaavanlaisesta pohjavedensuojaamisesta Muukonsuoralla vuonna 2003. Silloin toteutettu suojaus vastasi laajuudeltaan ja rakenteeltaan Ahvenlampi-Jänhiälä suojausta.

Muukonsuoran pohjavesisuojausta oli ollut toteuttamassa muutama nykyiselläänkin Vt. 6 -projektilla työskentelevä työnjohtaja, joiden tietojen perusteella tarvittavat resurssit alustavasti varattiin. Käytettävien koneiden määrän ja koon sane li suojauksen laajuus, joka oli noin 120000 m² vuonna 2010 (vuodelle 2011 suojausta jäi toteutettavaksi noin 30000 m²).

Suojausta tehtäessä oli varottava rikkomasta valmista suojausta. Päivän aikana levitetyn bentoniittimaton päälle piti saada vähintään suoja- ja salaojakerros, jotta matto pääsi tiivistymään oikein ja alkaisi toimia yhtenäisenä rakenteena. Lisäksi suojaverhous piti olla rakenteen päällä vuorokauden kuluessa bentoniittimaton asennuksesta.

Suojaus toteutettiin seuraavalla kalustolla:

- 7 x RAM, joista viisi oli aliurakoitsijan (Länsirannikon Kaivuu Oy)
- 6-8 x KA
- 2 x KUP 25, kuormasivat suoja- ja salaojakerrokseen sekä suojaverhokseen tarvittavaa materiaalia (ks. kuva 13.)
- 1 x kkht 20 levitti bentoniittimattoa (Länsirannikon Kaivuu Oy)
- 1 x kkhp 14 painotti ohutmuovin ja levitti sisäluiskan kanttiin murskeen
- 1 x reunantäyttölaitte, joka sisältää KUP 15 ja itse levittimen (ks. kuva 12.) Tätä laitetta käytettiin myös levittämään mursketta sisäluiskan kanttiin. Osallistui suojaukseen 3 viikon ajan.
- 1 x kkht 25 levitti suoja- ja salaojakerrosta (ks. kuva 14) (varustettu automaatiolla, Moniurakointi Heikkilä Oy)

- 1x kkht 14 levitti suoja- ja salaojakerrosta (varustettu automaatiolla, Mo-niurakointi Heikkilä Oy)
- 1 x "hiekkalaatikko" jolla vähennettiin materiaalimenekkiä suoja- ja sala-ojakerrosta tehtäessä. Lisäksi pystyttiin varmistumaan, ettei kerrokseen käytetty hiekka sotke valmista murske pintaa.
- 1 x kkht 30 levitti suojaverhouskerrosta (varustettu automaatiolla)



Kuva 12 Reunantäyttölaite



Kuva 13 KUP 25 kuormaa suojaver-houkseen käytettävää "kitkamaata"



Kuva 14 Kkht 25 ja 14 tekemässä suoja- ja salaojakerrosta

Näiden edellä mainittujen koneiden ja miesten lisäksi resursseja kulutti vastapenkereiden teko sekä asennuspohjien tiivistäminen ja tasoittaminen. Toisinaan suoja- ja salaojakerros materiaalin kuormauksessa piti käyttää tela-alustaista kaivukonetta.

5 LAADUNSEURANTA

5.1 Yleistä

Pohjavedensuojauksen laadunseuranta on tarkkaa ja käsittää kaikki suojauksen vaiheet. Seurannan kohteena on niin asennuspohja, bentoniittimaton sijainti, bentoniittimaton ja ohutmuovin laatu (näytepalat), suoja- ja salaojakerrokseen sekä suojaverhoukseen käytettävän materiaalin rakeisuudet kuin myös suoja- ja salaojakerroksen paksuus.

Rakenteen eheys tulee olla todistettavissa vielä pitkän aikaan siitä, kun suojaus on tehty. Esimerkiksi bentoniittimatosta ja ohutmuovista otetut näytepalat tulee säilyttää takuuajan eli tässä tapauksessa viiden vuoden ajan suojauksen toteuttamisesta. Jokainen maahan asti asennettu bentoniittimattorulla tulee olla paikannettavissa, jonka mahdollistaa levitysvaiheessa tehty tarkka levityskaavio, johon on merkitty mattojen asennusjärjestys, paaluluku 20 m välein ja näytepalojen ottokohdat sekä tehtyjen läpivientien sijainti.

Bentoniittimaton levittäjä (Länsirannikon Kaivuu Oy) oli urakkasopimuksen velvoittama pitämään työmaapäiväkirjaa maton levityksestä, johon tuli merkata sääolosuhteet, päivän aikana levitetyn bentoniittimaton määrä, käytetyt resurssit ja sovitut asiat pääurakoitsijan kanssa sekä levitykseen liittyvät poikkeamat.

5.2 Asennusalusta

Asennusalustan (ks. kuvat 15–16) sijainti ja tasaisuus tarkistetaan ja ojan pohjalla alustan korkeusasema mitataan 20 m välein. Alustan laatu valokuvataan

työn alussa sekä alustan tyyppin ja olosuhteiden muuttuessa. (InfraRYL 2006, 228).



Kuva 15 Asennusalusta



Kuva 16 Asennusalusta

5.3 Bentoniittimatto ja ohutmuovi

Työkohteelle toimitetuista bentoniittimatoista ja ohutmuovista tarkistetaan, että matto ja muovi ovat tarjotun mukaisia, sekä V- ja J- testausten tulokset täyttävät asetetut vaatimukset. V- ja J- testaus käsittää muun muassa vedenläpäisevyyden, paisutetun paksuuden, vetolujuuden, staattisen puhkaisulujuuden.

V- testaus tarkoittaa tuotannon aikaista testausta kun taas J- testaus tarkoittaa toimituserän testausta. Tarvittaessa voidaan tehdä vielä T- testaus, jolloin testaus suoritetaan työmaalla otetuista näytepaloista.

Mattojen asennus aloitetaan koeasennuksella, jossa testataan käytettävien työmenetelmien ja laitteiden soveltuvuus kyseiseen työhön. Koeasennuksen perusteella laaditaan työ- ja laadunvarmistussuunnitelma. Koeasennus valokuvataan. (InfraRYL 2006, 227.)

Bentoniittimatosta ja ohutmuovista tulee ottaa yksi A4-näyte (ks. kuva 17) jokaisesta työmaalle toimitetusta kuormasta. Bentoniittimatosta ja ohutmuovista otetaan lisäksi vähintään 0,5 m pitkä ja koko rullan levyinen näyte (ks. kuva 18), jokaista asennettua 5000 m² kohti (tarkemmat ohjeet InfraRYL 2006).

Näytteisiin tulee merkitä rullan numero, paaluluku josta näyte on otettu ja asennuspäivämäärä. Nämä näytteet tulee säilyttää oikein pakattuna suojauksen teko hetkestä, työmaata koskevan takuuajan ajan.



Kuva 17 Bentoniittimaton A4-näytepaloja



Kuva 18 Varastointia varten pakattuja bentoniittimatonnäytteitä

Mattoja käsitellään ja ne asennetaan suunnitelma-asiakirjojen ja mattovalmistajan ohjeiden mukaisesti käyttäen kyseiseen työhön tarkoitettuja työvälineitä.

Mattoja käsitellään seuraavasti: (infraRYL 2006, 227)

- Rullia ei nosteta ilman sisäputkia.
- Rullia ei pudoteta maahan tai vedetä maata pitkin.
- Rullat eivät saa kastua kuljetuksen tai käsittelyn yhteydessä.
- Rullat varastoidaan kuivalle ja tasaiselle alustalle irti maasta ja suojataan suojapeittein tuuleuksesta huolehtien.

5.4 Suoja- ja salaojakerros

Jos suoja- ja salaojakerros tarvitaan, on siihen käytettävän materiaalin 0,063 mm seulan läpäisy oltava enintään 4 %. Ohutmuovin kohdalla enimmäisraekoko saa olla enintään 22 mm, kun 2 mm seulan läpäisy on vähintään 70 %. Paljaan bentoniittimaton kohdalla sallitaan puolitoistakertainen enimmäisraekoko (Infra RYL 2006, 224).

Rakeisuutta tulee seurata ennakkokokein sekä suojauksen teon aikana siten, että rakeisuusnäyte otetaan jokaista kulunutta 600 m³ kohti (ks. liite 1). Lisäksi kerrospaksuutta tulee seurata 50 m tai 500 m välein. Kerroksenpaksuuden voi mitata varovasti koetintangolla tai koekuopasta (InfraRYL 2006, 224 ja 228).

5.5 Suojaverhous

Suojaverhouksen materiaalina käytetään ”kitkamaata”, jonka enimmäisraekoko on enintään 100 mm ja kuitenkin enintään 1/3 suojaverhouksen paksuudesta. Materiaali sisältää enintään 50 % seulan 0,063 mm läpäisevää ainesta. Rakeisuutta tulee seurata suojauksen aikana siten, että rakeisuusnäyte otetaan ker-
ran jokaista tehtyä 10000 m² kohti (ks. liite 2) (InfraRYL 2006, 224).

Rakentamisvaiheessa suojaverhousmateriaali oli suurimmalta osiltaan ohjeiden mukainen, mutta yksittäistapauksissa materiaali oli hienorakeisempaa eli 0,063 mm seulanläpäisy oli sallittua suurempi. Edellä mainittuja tilanteita syntyi, kun jyrkissä luiskissa materiaalin piti olla tiiviimpää valumisen estämiseksi. Näistä tapauksista tehtiin tilaajalle poikkeamaraportti.

5.6 Läpiviennit

Läpivientien toteutus varmistetaan koeasennuksella, jonka perusteella laadittavassa laatusuunnitelmassa esitetään käytettävät materiaalit ja työmenetelmät. Koeasennus valokuvataan (InfraRYL 2006, 227).

6 ALIURAKOITSIJA POHJAVEDENSUOJAUKSESSA

6.1 Aliurakoitsijan toimenkuva

Pohjavedensuojauksen tehtäväjako oli seuraava. Destia Oy toteuttaa kaikki muut vaiheet paitsi tiivisterakenteen levittämisen. Aliurakoitsija tiivisterakenteen toteutukseen valittiin aikaisempien kokemusten perusteella ja lopullinen valinta olikin jo aikaisemmin yhteistyötä tehdyin Länsirannikon Kaivuu Oy.

Länsirannikon Kaivuu Oy on pieni yritys, jonka erikoisosaaminen on pohjavedensuojaus. Yrityksen ensimmäinen suojaus kohde oli ollut Helsinki–Vantaan lentokenttä, josta paljon oppineena yrittäjä oli kehitellyt bentoniittimaton ja ohutmuovin levittämisen helpottamiseksi apulaitteita.

Näiden laitteiden ja tehokkaan asennusryhmän (5 miestä) kanssa tiivisterakennetta syntyi päivässä uskomattomia määriä. Tästä oltiin entuudestaan tietoisia, joten urakkasopimukseen laadittiin kohta, jonka mukaan aliurakoitsija ei saanut levittää päivässä yli 4000 m² tiivisterakennetta, ellei työjohdon kanssa toisin sovitettu. Tällä rajoituksella pyrittiin varmistamaan, että Destia Oy pystyi hoitamaan tiivisterakenteen suojaamisen sallitussa ajassa.

Aliurakoitsijan kalustoa oli lisäksi käytössä suoja- ja salaojakerroksen tekemisessä. Tätä työvaihetta teki Moniurakointi Heikkilä Oy. Heidän erikoisuutena olivat kaivukoneissa käytettävät kauhat, jotka oli leveydeltään optimoitu suoja- ja salaojakerroksen tekemiseen.

Kun suojaus oli vuoden 2010 osalta tehty, heräsi mieleen kysymys: Oltaisiinko suojauksesta suoriuduttu näin nopeasti, ilman asiansa osaavia tiivisterakenteen tekijöitä?

6.2 Kalusto

Länsirannikon Kaivuu Oy:llä oli levitys kalustona kkht 20 kaivukone, kuorma-auto bentoniittimattojen kuljetukseen ja kkhp 14 kaivukone bentoniittimattojen kuormaukseen mattojen varastointialueella.

Länsirannikon Kaivuu Oy:n omistaja on suunnitellut ja tehnyt bentoniittimatto- ja ohutmuovirullia varten niin sanotut henkarit (ks. kuva 20), joiden avulla levitys onnistui vaivatta ja työ oli turvallista.

Henkareita oli useampia kokoja. Esimerkiksi ohutmuovia varten henkareita oli kolmea eri kokoa, koska ohutmuovia oli kolmea eri leveyttä. Lisäksi levitykseen käytetyssä kaivukoneessa oli hydraulisesti jatkuva puomi (ks. kuva 19,) jonka avulla koneen ulottuvuus parani olennaisesti. Aliurakoitsija levitti tiivisterakennetta XXX m²/h.



Kuva 19 Bentoniittimaton levittäminen on helppoa kun on oikeanlaiset työvälineet



Kuva 20 Henkari ohutmuovin levitykseen

Moniurakointi Heikkilä Oy:n kaivukoneet levittivät suoja- ja salaojakerroksen. Molempiin kaivukoneisiin kauhat oli valikoitu juuri tätä työtä varten. Kauhat olivat leveitä, mutta silti niiden paino oli pyritty minimoimaan. Isomman kkht 25 kaivukoneen kauha oli leveydeltään 2,8 m, joka juuri mahtui ”hiekkalaatikkoon”,

johon suoja- ja salaojahiekka kipattiin (ks. kuva 21) Kauhat toimivat todella hyvin levitys työssä.



Kuva 21 "Hiekkalaatikon" täyttö ja tyhjennys

7 TYÖKONEAUTOMAATIO

7.1 Yleistä

Yleisesti automaatiosta puhuttaessa viitataan työkoneautomaatioon eli työkoneneiden varustamiseen paikannuslaitteilla ja ohjausjärjestelmällä, johon suunnitelmätieto tuodaan digitaalisesti kolmiulotteisena mallina. Useimmissa maa- ja väylärakentamisen työkohteissa maastoon merkintää ei tällöin juurikaan tarvita, vaan työkoneneiden ohjaamiseen tarvittava tieto näkyy kuljettajan näyttöruudulta (ks. kuva 22, s.26) (Destia Oy).

Työkoneautomaatio on ollut maailmalla käytössä jo 1990-luvun alkupuolelta asti. Suomeen tekniikka on rantautunut viimeisen viiden vuoden aikana. Norjassa ja Ruotsissa työkoneautomaatio on ollut käytössä pisimpään. Naapurimaamme ovatkin meitä paljon edellä tekniikan käytössä.

Destia Oy aloitti tekniikan hyödyntämisen neljä vuotta sitten. Ensiksi kohteena oli pieniä pilottityömaita, joissa laitteisiin päästiin tutustumaan. Sitten tekniikka on otettu käyttöön yhä suuremmilla projekteilla.

Työkoneautomaation käytön myötä työn suoritus tehostuu, ja työn tarkkuuden parantuessa materiaaleja säästetään. Mittausosaamisen tarve ei lopu, mutta sen luonne muuttuu (Destia Oy).

Vt. 6 -projektilla työkoneisiin vaadittiin Destia Oy:n osuudella käytettäväksi työkoneautomaatiolaitteet. Suurin osa urakoitsijoista otti laitteet vastaan positiivisin mielin, vaikka alkuinvestointi oli pienimmille yrityksille suuri. Näenkin asian niin, että urakoitsijat katsovat asioita pitemmälle tulevaisuuteen ja ymmärtävät sen, että työkoneautomaatio lyö itsensä läpi maarakentamisessa seuraavien vuosien aikana.

Haastattelin työkonekuljettajia sekä Vt. 6 automaatio-operaattoreita, jotta saan kerrottua työkoneautomaatiosta eri näkökulmista, mahdollisimman laajasti.

7.2 Automaatio-operaattori

Automaatio-operaattorin tehtävä on uusi toimenkuva ja rooli, joka varmistaa työkoneautomaation toimivuuden projekteilla teknisesti ja toiminnallisesti. Automaatio-operaattori huolehtii digitaalisen suunnitelma-aineiston muokkauksista ja sen toimittamisesta työkoneisiin. Operaattori opastaa koneenkuljettajia, varmistaa paikannustarkkuuden sekä organisoii yleisesti mittaus toimintaa projektilla. Destia Oy:ssä on kymmenkunta operaattoriksi nimettyä henkilöä (Destia Oy).

Operaattoreiksi on koulutettu henkilöitä, joilla on vankka kokemus mittaustekniikasta. Operaattorin tehtävä on monipuolinen ja antaa haasteita kokeneellekin mittamiehelle.

7.3 Automaatiolaitteet

Projektilla oli käytössä kahden eri valmistajan laitteita. Eniten projektilla käytettiin Novatronin laitteita, jotka toimivat pääsääntöisesti yhden antennin varassa (antennia tarvitaan koska, suurin osa rakennemalleista on tallennettu suoraan laitteisiin, mutta toisinaan laitteita päivitetään etänä, jolloin niihin voidaan ladata uusia malleja tai korjata vanhoja). Lisäksi laiteissa oleva gps-järjestelmä pitää konekuskin ajan tasalla sijainnistaan vaikeimmassakin maastossa.



Kuva 22 Novatronin päätelaite, josta selviää missä ja mitä tehdään

Scanlaser on toinen työmaalla käytetty automaatiolaitteiden valmistaja. Scanlaserin laitteet eroaa Novatronista siinä, että niissä käytetään usein kahta antennia (ks. kuvat 23–24). Tällä saavutetaan se etu, että työkoneen työskennellessä ei tule niin pitkiä viiveitä paikannusjärjestelmän kanssa kuin vastaavissa Novatronin laitteissa. Lisäksi Scanlaseria varten rakennemallit pitää kääntää eri formaatille kuin Novatronin laitteissa, joka lisää operaattoreiden työsarkaa. Useimmat rakennemallit on tehty Novatronia varten, koska laite on yleisempi kuin Scanlaser.



Kuva 23 Scanlaserin antenni



Kuva 24 Novatronin antenni

7.4 Käyttökohteet

Työkoneautomaatiota voidaan käyttää kaivinkoneissa, puskukoneissa, pyöräkuormaajissa ja tiehöylissä (höylässä gps-järjestelmän tarkkuus ei vielä riitä, vaan joudutaan käyttämään täkymetriä).

Alun perin työkoneautomaatio on suunniteltu käytettäväksi kaivukoneissa. Laitteita muuntamalla ja antureiden määrää lisäämällä/vähentämällä on automaatio pystytty valjastamaan useimpiin työkoneisiin.

Parhaimmat käyttökokemukset on saatu suuria pinta-aloja ja muotoja sisältävistä kohteista esimerkkinä mainittakoon parkkipaikkojen pohjat, meluvallit, rakennekerrokset ja luiskat.

7.5 Hyödyt/haitat

Työkoneautomaation käytön hyöty on näkynyt käyttökohteissa työkoneiden tehon lisääntymisenä, yleisesti ajan säästönä sekä siinä että materiaalimenekit ovat pienentyneet osittain huomattavasti.

Materiaaleja säästetään, kun leikkaukset eivät ole liian syviä ja pengerrykset liian korkeita. Aikaa säästetään, kun työkoneesta ei tarvitse nousta mittaamaan korkoja, näin ollen tehollinen työaika lisääntyy ja työt etenee rivakammin.

Työn tarkkuus paranee kaikilla osa-alueilla. Korkomerkkejä käytettäessä normaalisti 20 m paaluvälein saattaa tapahtua suuriakin muutoksia koroissa tai rakenteen lopullisessa sijainnissa. Työkoneissa käytettävät rakennemallit ovat yhtenäisiä, eikä rakenteeseen jää niin sanottuja ”pimeitä” kohtia. Työkoneen käyttäjä tietää jatkuvasti, missä mennään.

Työkoneautomaatiota varten käytettävät elektroniset laitteet (anturit, antennit jne.) olivat aluksi hyvinkin haavoittuvaisia. Sittemmin laitteiden kestävyys on parantunut. Operaattorit joutuvat laitteiden kestävyydestä huolimatta vaihtamaan antureita ja muita osia koneisiin vielä turhankin usein.

Eräs merkittävin hyöty työkoneautomaatiosta on haastatteluiden perusteella työskentely pimeässä. Vanhalla korkokeppi menetelmällä pimeässä tai tiheässä sumussa työskentely oli lähes mahdotonta ja tehot laskivat huomattavasti. Automaation avulla työskentely pimeässä onnistuu siinä, missä päivälläkin.

Laitteiden luotettavuus käytön suhteen pitää vielä parantua. Pahimmassa tapauksessa koko työmaan toiminta pysähtyy, jos esimerkiksi niin sanottu ”linkkiasema” menee epäkuuntoon. Linkkiasemalla varmistetaan laitteiden toiminta linjalla luomalla niiden avulla työmaalle kattava verkosto, joka tukee gps-järjestelmää. Uhkana ovat varsinkin luonnonvoimat, esimerkkinä ukkonen.

Toisinaan automaation käyttö aiheuttaa päänvaivaa työnjohtajille. Mahdollisten korko- tai sijaintivirheiden havaitseminen on vaikeaa ilman maastossa olevia korkomerkkejä ja tapahtuneet virheet huomataan usein liian myöhään. Työnjohtajat kaipaavatkin tähän jonkinlaista apuvälinettä, jonka avulla he pysyvät paremmin ”kartalla”.

8 TEHOSEURANTA POHJAVEDENSUOJAUKSESSA

8.1 Yleistä

Yksi tärkeimmistä syistä tämän lopputyön aiheen valitsemiselle oli Destia Oy:n tarvitsema tehotieto tämän kaltaisesta työvaiheesta (pohjavedensuojaus). Työkoneiden tehoja on tarkkailtu entuudestaan. Tarkkailulla pyritään selvittämään, paljonko työkone tekee tehokasta työtä tietyssä määräajassa. Usein käytetty aikamääre on tunti. Määräyksikkönä voidaan käyttää neliö- tai kuutiometriä riippuen suoritettavan työn luonteesta, esimerkiksi poistetaanko asfalttia vai leikataanko maapengertä. Tietoja voidaan käyttää apuna tarjous- ja jälkilaskennassa.

Lupauduin seuraamaan suoja- ja salaojakerroksen, sekä suojaverhouksen toteuttamisen tehoja. Tiesin jo etukäteen, ettei seurannasta tule helppoa, eikä tietojen analysointi tule olemaan vaivatonta.

8.2 Seurantamenetelmät

Seurasin tehoja päivittäin. Pyysin koneenkuljettajia arvioimaan päivän aikana kulkemaa pitkämatkaa sekä suojattavan luiskan leveyttä. Tiedossa oli lisäksi teoreettiset kerrospaksuudet, sekä koneiden tuntilapuista sain koneiden työhön käyttämän tuntimäärän. Näiden ja oman tarkkailun perusteella kokosin helppokäyttöisen Excel-taulukon (ks. liite 3–4), jonka avulla saa tiedon, kuinka paljon suojakerroksia tehtiin tunnissa. Taulukossa käytetty tehollinen tunti tarkoittaa, kaivukoneen käyttämää työskentely aikaa, josta on vähennetty kaikki tauot.

Seurattavina työkoneina olivat suoja- ja salaojakerroksen teossa Moniurakointi Heikkilä Oy:n kkht 25 kaivukone sekä suojaverhouksen teossa yhtenä koneena käytetty KKN Oy:n kkht 30 kaivukone. Suojaverhousta teki kesän aikana muutama muukin kaivukone, mutta KKN Oy:n kkht 30 teki sitä kaikkein eniten.

Näissä molemmissa koneissa on työkoneautomaatio. Sattui jopa niin, että Mo-niurakoinin kaivukoneessa on Novatronin laitteisto ja KKN:n kaivukoneessa Scnalaserin laitteisto. Pystyin samalla tarkkailemaan eri valmistajien laitteiden toimivuutta.

8.3 Tulosten analysointi

Parin kuukauden pituisen seurantajakson aikana, tehoseuranta antoi runsaasti tietoa. Tämän tiedon analysointi on vaikeaa, sillä pohjavedensuojaus on työvaihe, jossa työkoneiden tehot määräytyvät hyvin pitkälti levitetyn tiivisterakenteen määrän perusteella.

Rakenne tulee suojata vähintään suoja- ja salaojakerroksella vuoron aikana, joten näin tuli myös tapahtua. Hetkittäisiä tehomuutoksia syntyi luiskan leveyden muutosten takia, muuten melkein aina tehot pysyivät suunnilleen samana. Varsinkin suoja- ja salaojakerroksen teossa tehot olivat suoraan verrannollisia levitetyn tiivisterakenteen, kuorma-autojen määrään ja kuljetusmatkaan.

Sääolosuhteet vaikuttivat suojaavien kerrosten tekemiseen vähäisesti. Vaikka tiivisterakenteen teko keskeytyi kesän aikana muutamana päivänä, niin suojaavien kerrosten tekoa piti jatkaa säästä huolimatta. Suoja- ja salaojakerroksen ja suojaverhouksen tekoon eivät sääolosuhteet vaikuta, lukuun ottamatta lastauspäättä, jossa alkaa esiintyä ongelmia esimerkiksi sateiden pehmentämien työmaateiden vuoksi.

Suojaverhouksen teossa tehot vaihtelivat enemmän, sillä suojaverhouskerros tuli tehdä melkein lopulliseen korkoonsa (suojaverhouksen päälle tulee enää vain multa kerros, jolloin rakenne on valmis). Työ vaatii enemmän materiaalia (kerrospaksuus on suurempi, kuin suoja- ja salaojakerroksessa) ja tarkkuutta kuin suoja- ja salaojakerroksen teko.

Tulosten analysoinnissa tuli selvästi ilmi se, että suoja- ja salaojakerros on puolitolta kertaa nopeampaa tehdä kuin suojaverhous. Suoja- ja salaojakerrosta

tehtiin keskimäärin $XX,X \text{ m}^3/\text{h}$ tai $XXX,X \text{ m}^2/\text{h}$ (tehot sisältää kkht 25 ja kkht 14 työskentelyn), kun taas suojaverhouksen teon vastaavat luvut ovat $XX,X \text{ m}^2/\text{h}$ tai $XXX \text{ m}^2/\text{h}$.

Tuloksista mainittakoon vielä se, että rakenteiden seurantataulukossa käytetyt rakennepaksuudet ovat teoreettiset. Lisäksi suoja- ja salaojakerrosta oli levittämässä suurimman osan ajasta kaksi kaivukonetta. Moniurakointi Heikkilä Oy:n kkht 14 työskenteli isomman kaivukoneen apuna luiskan pohjalla, joka osaltaan vähentää saatua tehokeskiarvoa noin 20 %:lla.

8.4 Vertailu

Muukonsuoralla vuonna 2003 toteutettu pohjavedensuojaus tehtiin käyttäen lähes samanlaisia menetelmiä kuin osuudella Ahvenlampi–Jänhiälä käytettiin. Suurin muutos oli kuitenkin työkoneautomaation rantautuminen projekteille. Lopputyön yhtenä tarkoituksena oli vertailla Muukonsuoralla ja Ahvenlampi–Jänhiälä saavutettuja työkone-tehoja.

Kesän aikana kerätyn tehotiedon ja Muukonsuoralla työskennelleiden työnjohtajien haastatteluiden perusteella lopputulos on yllättävä. Tämän kaltaisessa työssä niin suoja- ja salaojakerroksen kuin suojaverhouksen levittämisessä ei työkoneautomaatiosta ole suurta etua perinteiseen korkokeppimenetelmään verrattuna.

Työkoneautomaation edut tulevat paremmin näkyviin esimerkiksi asennuspohjien teossa. Tätä työvaihetta en kuitenkaan pystynyt seuraamaan, koska karkeat asennuspohjat oli tehty hyvin pitkälti ennakkoon valmiiksi syksyn 2009 ja kevään 2010 aikana.

9 POHDINTA

Pohjavesisuojaus on vuoden 2010 osalta tehty. Pääsin seuraamaan suojauksen tekoa kahden vauhdikkaan kuukauden ajan. Ennen kuin suojausta alettiin tehdä, ihmettelin hieman, minkä takia sitä pidettiin niin tärkeänä projektin muiden töiden kannalta katsoen. Vastaus tähän selvisi hyvinkin nopeasti.

Pohjavedensuojauksen teko vei paljon projektin resursseja, ja työn toteutuksen suunnittelu paljon aikaa. Suojauksen teon kannalta on hyvin tärkeää miettiä, missä järjestyksessä työ tehdään. Lisäksi mahdolliset sadepäivät voivat pysäyttää suojaustyöt useiksi päiviksi, jolloin työkoneille ja miehille pitää olla siksi aikaa muuta järkevää tekemistä.

Oli ilahduttavaa nähdä aliurakoitsijan (Länsirannikon Kaivuu Oy) erikoistumisen hyödyt suojauksen tekemisessä. Bentoniittimaton ja ohutmuovin levitykseen tehdyt henkarit olivat korvaamaton apu tehdessä tiivisterakennetta parhaimmillaan päivän aikana jopa 7000 m². Tiivisterakenteessa käytettävien materiaalien toimittaja Oy ViaPipe Ab kävi projektilla kuvaamassa Länsirannikon Kaivuu Oy:n työskentelyä. He olivat haltioissaan siitä, kuinka työtä tehtiin niin nopeasti, tinkimättä tarkkuudesta tai turvallisuudesta.

Tulevia suojauksia tehdessä olisi syytä korjata seuraavat seikat:

- Aliurakoitsijan tehdessä tiivisterakenteen levittämistä urakalla, tulisi asennuspohjien olla hyvin pitkälti ennakkoon valmiina.
- Suoja- ja salaojakerroksessa käytettävää hiekkaa kannattaa seuloa teoreettista tarvetta enemmän, ettei työ hiekan loppuessa pysähdy. Tämän kaltainen hiekka ei mene hukkaan, vaikka sitä kaikkea ei käytettäisi pohjavesisuojuksessa.

Pohjavesisuojauksen tekeminen ei ole helppoa, vaikka se siltä ulkopuolisen silmään näyttääkin. Vastuu suojauksen onnistumisesta on suuri. Toisaalta työ on erittäin palkitsevaa, koska päivän aikana saadaan paljon näkyvää jälkeä aikaiseksi. Olen tyytyväinen kuluneen kesän aikana saamaani kokemukseen.

Varsinkin työkoneautomaation toiminnan näkeminen ja seuraaminen oli palkitsevaa.

Tehoseuranta antoi Destia Oy:lle tarpeellista tietoa, jonka avulla yritys pärjää tulevaisuudessa paremmin tarjouskilpailuissa. Jälkilaskennan kannalta tehoseurannan avulla yritys pääsee paremmin kiinni pohjavesisuojausten todellisiin kustannuksiin.

Työkoneautomaatio on tekemässä läpimurtoa, eikä siltä voida välttyä. Virheistä opitaan ja tekniikka kehittyy kaiken aikaa toimivammaksi. Yrityksille investoinnit voivat aluksi tuntua suurilta, mutta ei mene kauan, kun hankinnasta saatu hyöty alkaa tuottamaan tulosta. Nykyaikana ihminen on riippuvainen tekniikasta. Pitää vain muistaa, kumpi vie kumpaa: ihminen vai tekniikka?

KUVAT

Kuva 1 Hydraulinen tärylevy	9
Kuva 2 Tasoitettu ja tiivistetty asennuspohja.....	10
Kuva 3 Poikkileikkaus toteutuneesta suojausrakenteesta (InfraRYL 2006, 225)	11
Kuva 4 Bentoniittimaton ja ohutmuovin yhdistelmä rakenne.....	11
Kuva 5 Suoja- ja salaojakerroksen tekoa	13
Kuva 6 Suojaverhouksen tekoa suojausrakenteen päällä.....	14
Kuva 7 Läpivienti bentoniittimatossa luiskassa, periaatekuva (InfraRYL 2006, 226).....	15
Kuva 8 Valopylvään anturan läpivienti	15
Kuva 9 Rummun läpiviennin tekoa	15
Kuva 10 Rummun läpiviennin tiivistäminen bentoniittipastalla.....	15
Kuva 11 Valmis valopylvään anturan läpivienti	15
Kuva 12 Reunantäyttölaite	17
Kuva 13 KUP 25 kuormaa suojaverhoukseen käytettävää ”kitkamaata”	17
Kuva 14 Kkht 25 ja 14 tekemässä suoja- ja salaojakerrosta.....	17
Kuva 15 Ihanteellinen asennusalusta	19
Kuva 16 Asennusalusta.....	19
Kuva 17 Bentoniittimaton A4-näyte paloja	20
Kuva 18 Varastointia varten pakattuja bentoniittimatto näytteitä.....	20
Kuva 19 Bentoniittimaton levittäminen on helppoa kun on oikeanlaiset työvälineet.....	23
Kuva 20 Henkari ohutmuovin levitykseen	23
Kuva 21 ”Hiekkalaatikon” täyttö ja tyhjennys	24
Kuva 22 Novatronin päätelaite, josta selviää missä ja mitä tehdään.....	26

Kuva 23 Scanlaserin antenni.....	27
Kuva 24 Novatronin antenni	27

LÄHTEET

Liikennevirasto. Valtatie 6 Lappeenranta-Imatra esite

InfraRYL. 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustietosäätiö RTS. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Intranet. Destia Oy.

Destia Oy. Yritys.

<http://www.destia.fi/apunavigaatio/yritys.html> (luettu 19.8.2010)

Liite 1 Suoja- ja salaojakerroksen materiaalin rakeisuuskäyrä



Solutions
Geopalvelut

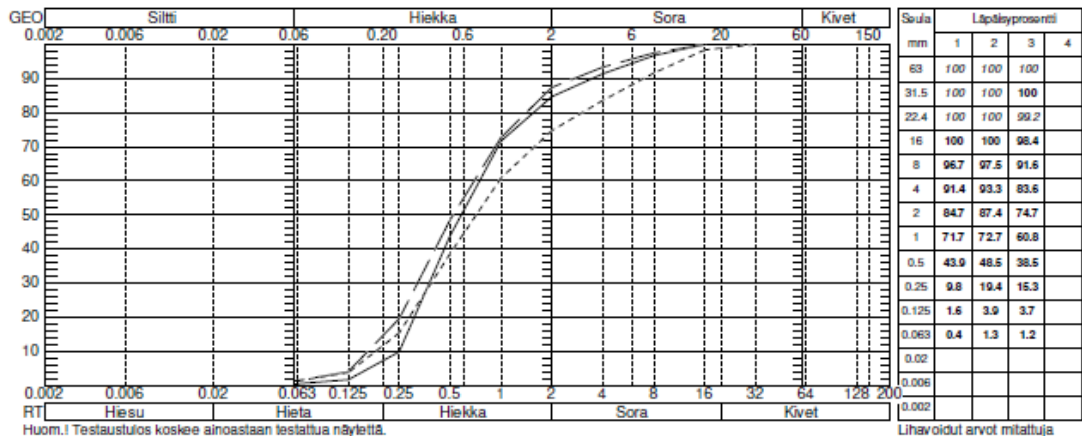
Arinakatu 6-8
50170 Mli
Puhelin 0204 4411
etunimi.sukunimi@destia.fi

TUTKIMUSSELOSTE

Projekti	Vt6 Ahvenlampi-Mansikkala	Työnumero	2009
Projektinumero		Piste	Penger
Tilaaaja		Paalu	
Yhteyshenkilö		X	
Tielinja/Ohjelma		Y	
Näytteenotin	Lapio	Z	

Kuvaajatunnus	————— 1	— — — — — 2	----- 3
Tunnus	148	149	150
Paalu	Ahvenlampi	Ahvenlampi	Ahvenlampi
Syvyys			
Häiriintyneisyys			
Lisätiedot			
Menetelmät	2, 4 (*)	2 (*)	2, 4 (*)
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	Routimaton
Vesipitoisuus %	2.22		1.90
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	D	D	D
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	0.4	1.3	1.2
E-moduli MPa	70	70	70
Maalaji	keHk	keHk	kaHk

(*) [1] SFS-EN 933-1 (kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (pesuseulonta) [3] PANK-2103 (hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (humuspitoisuus)



148	SUOJAHIEKKA
149	SUOJAHIEKKA
150	SUOJAHIEKKA

Liite 2 Suojaverhouskerroksen materiaalin rakeisuuskäyrä



Solutions
Geopalvelut

Arinakatu 6-8
50170 MII

Puhelin 0204 4411

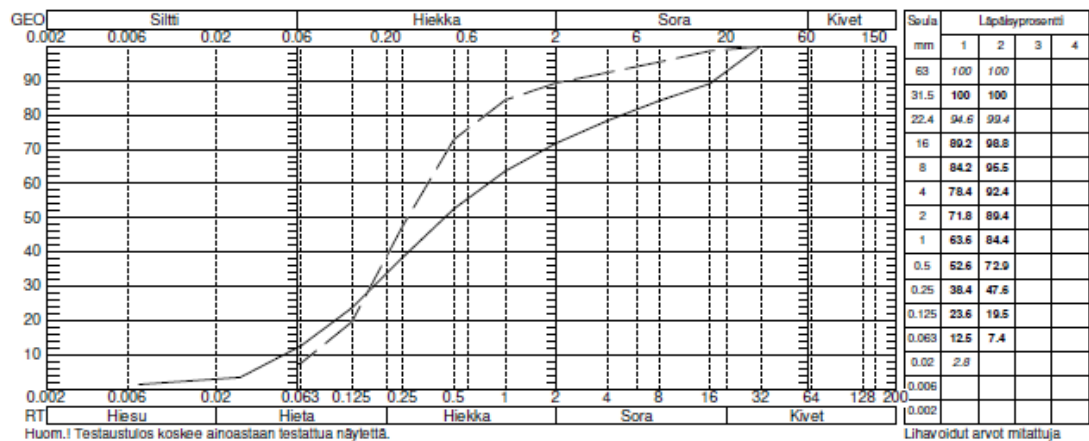
etunimi.sukunimi@destia.fi

TUTKIMUSSELOSTE

Projekti	Vt6 Ahvenlampi-Mansikkala	Työnumero	2009
Projektinnumero		Piste	Penger
Tilaaaja		Paalu	
Yhteyshenkilö		X	
Tielinja/Ohjelma		Y	
Näytteenotin	Lapio	Z	

Kuvaajatunnus	_____ 1	_____ 2	
Tunnus	135	136	
Paalu	33500 oik	33980	
Syvyys			
Häiriintyneisyys			
Lisätiedot			
Menetelmät	2, 3, 4 (*)	2, 4 (*)	
Routivuus GEO	Routimaton	Routimaton	
Vesipitoisuus %	5.34	5.87	
Humuspitoisuus %			
Kantavuusluokka	D	D	
Kivisyys > 200 mm			
Kivisyys 63-200 mm			
0.063mm läp-%	12.5	7.4	
E-moduli MPa	35-70	35-70	
Maalaji	HkMr	HkMr	

(*) [1] SFS-EN 933-1 (kuivaseulonta) [2] SFS-EN 933-1 (pesuseulonta) [3] PANK-2103 (hydrometri) [4] SFS-EN 1097-5 (vesipitoisuus) [5] SFS-EN 1744-1 (humuspitoisuus)



135	KITKAMAA
136	KITKAMAA

Päiväys 13.07.2010 Arto Aspinen

Liite 3 Suoja- ja salaojakerroksen tehoseurannan Excel-taulukko



KKHt 25 (Automaatio)

PVM				Tehdyt tunnit			
	m3/päivä	m2/päivä	m/päivä	(teholliset)	m/tunti	m2/tunti	m3/tunti
1.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
2.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
3.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
7.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
8.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
9.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
10.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
14.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
15.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
16.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
17.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
22.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
23.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
28.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
29.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
30.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
1.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
5.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
6.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
7.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
19.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
20.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
21.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
22.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
26.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
27.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
28.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
12.8.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
24.8.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
Keskiarvo:	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX

Liite 4 Suojaverhouskerroksen tehoseurannan Excel-taulukko



KKHt 30 (Automaatio)

PVM				Tehdyt tunnit			
	m3/päivä	m2/päivä	m/päivä	(tehoilliset)	m/tunti	m2/tunti	m3/tunti
2.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
3.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
4.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
7.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
8.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
9.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
10.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
11.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
14.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
15.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
16.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
17.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
18.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
21.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
22.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
23.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
28.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
29.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
30.6.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
1.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
2.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
5.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
7.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
8.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
9.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
12.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
20.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
21.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
22.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
23.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX

Liite 4 Suojaverhouskerroksen tehoseurannan Excel-taulukko

26.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
27.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
28.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
29.7.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
2.8.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
3.8.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
12.8.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
13.8.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
25.8.2010	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX
Keskiarvo:	XXX	XXXX	XXX	XX	XX	XXX	XX