

Pyry Murto

Maansulatusmenetelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri AMK
Rakennustekniikka
Opinnäytetyö
17.4.2012

Tekijä(t) Otsikko	Pyry Murto Maan sulatusmenetelmät
Sivumäärä Aika	35 sivua 17.4.2012
Tutkinto	Insinööri AMK
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Ympäristörakentaminen
Ohjaaja(t)	Tuotantopäällikkö Veijo Hämäläinen Lehtori Jari Mustonen
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Staran toimeksiannon perusteella. Stara on Helsingin kaupungin oma rakentamispalvelu. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää millaisia roudansulatusmenetelmiä käytetään, sekä mitkä menetelmät ovat yleisimpiä ja kustannustehokkaimpia. Opinnäytetyössä käsiteltiin viittä eri menetelmää. Menetelmät olivat iskuvasara, jyrsin, routapiikki, paikallislämmitin sekä polttoöljyllä toimiva lämmitin.</p> <p>Roudansulatusmenetelmien tutkiminen koettiin tarpeelliseksi Staralla, eikä kyseisestä aiheesta ole aikaisemmin tehty selvitystä. Routa aiheuttaa vuosittain suuria lisäkustannuksia. Tiedot roudansulatusmenetelmistä kerättiin haastattelemalla kokeneita maanrakentajia, sekä roudansulatusmenetelmiä myyviä kauppiaita. Tietojen perusteella syntyi selvitys yleisimmistä ja kustannustehokkaimmista roudansulatusmenetelmistä.</p> <p>Työn tuloksena selvisi, että routapiikki on vähiten käytetty menetelmä. Yleisimmät menetelmät, joita käytetään, on iskuvasara ja polttoöljykäyttöinen lämmitin. Kustannustehokkaimman menetelmän valitseminen riippuu suuresti työmaan maaperästä, sekä maaperässä olevien putkien ja kaapeleiden määrästä. Maaperän ollessa koskematon, on iskuvasara kustannustehokkain menetelmä, mutta jos maaperässä on runsaasti kunnallistekniikka, on paikallislämmitin kaikista kustannustehokkain menetelmä roudan sulattamiseen.</p> <p>Tässä työssä saatujen tietojen ja kokemusten perusteella, oikean roudansulatusmenetelmän valinta on erittäin tärkeää. Oikein valittu menetelmä säästää työmaan kustannuksia, lyhentää sen kestoa ja parantaa turvallisuutta.</p>	
Avainsanat	Stara, Roudansulatusmenetelmät, kustannustehokkuus

Author(s) Title	Pyy Murto Frost melting techniques
Number of Pages Date	35 pages 17 Apr 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Infraconstruction
Instructor(s)	Veijo Hämäläinen, Project Manager Jari Mustonen, Senior Lecturer
<p>This graduate study was done for Stara, a construction company owned by city of Helsinki. The aim of this graduate study was to learn which kind of frost melting techniques are used and which techniques are most common and most cost effective. The graduate study dealt with five different melting techniques. Techniques were hydraulic hammer, grinder, frost spike, local heater and gasoline operated hot air blower</p> <p>This was the first graduate study done for Stara about melting techniques. Every year frost causes huge additional costs. The information was collected by interviewing experienced earthwork contractors and frost melting technique retail dealers. The report about the most common and cost effective frost melting techniques is based on this information.</p> <p>Based on feedback from the interviews the frost spike was the least used technique. The most used techniques are hydraulic hammer and gasoline operated hot air blower. What techniques are the most cost effective depends on the quality of ground on the site and if there are any pipes or cables in the ground. When there are no pipes and cables the hydraulic hammer is the most cost effective technique but if there are lots of pipes and cables on the ground the local header is the most cost effective to melt frost.</p> <p>Information and experience what from this graduate study prove that choosing the right frost melting technique is very important. Choosing the right technique saves money, cut down the working hours and improves safety.</p>	
Keywords	Stara, frost melting techniques, cost efficiency

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Routa	2
2.1	Routalajit	2
2.2	Routivuusluokitus	4
2.3	Roudan muodostuminen	5
2.4	Roudan syvyys	7
2.5	Roudan sulaminen	10
3	Maalajien routaantuminen	12
3.1	Yleistä maalajien routaantumisesta	12
3.2	Eloperäiset maalajit	13
3.3	Moreeni	14
3.4	Hienorakeiset maalajit	16
3.5	Karkearakeiset maalajit	17
4	Roudansulatusmenetelmät	19
4.1	Jyrsin	19
4.2	Polttoöljykäyttöinen lämmitin	20
4.3	Iskuvasara	21
4.4	Paikallislämmitin	24
4.5	Routakoukku	27
5	Roudansulatusmenetelmien vertailu ja käyttäjäkokemukset	30
5.1	Roudansulatusmenetelmien vertailu	30
5.2	Käyttäjäkokemukset	32
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	36

1 Johdanto

Routa aiheuttaa Suomen maarakentajille monien miljoonien eurojen vuosittaiset lisäkustannukset. Jokatalvista routaongelmaa voidaan lievittää, ellei kokonaan poistaa useilla maan lämmitykseen tai mekaaniseen rikotukseen perustuvilla menetelmillä. Tämän opinnäytetyön keskeisin tavoite on löytää kustannustehokkaita menetelmiä routahaittojen eliminoimiseksi.

Työn tilaajana on Helsingin kaupungin rakentamispalvelu nykyiseltä nimeltään Stara. Staralle ei ole aikaisemmin tehty opinnäytetyötä kyseisestä aiheesta. Stara keskittyy pääsääntöisesti ympärivuotiseen uudisrakentamiseen. Koska talvella rakentaessa on routa usein hidastavana tekijänä, Staralla ollaan kiinnostuneita, mikä on tehokkain ja nopein menetelmä sulattamaan routaantunutta maaperää.

Tässä opinnäytetyössä pureudutaan, mitä routalajeja Suomessa on, miten routa syntyy, kuinka syväälle se voi ylettyä ja miten routa sulaa luonnollisesti. Sen jälkeen luvussa 3 kerrotaan, miten routa vaikuttaa Suomessa oleviin eri maalajeihin. Suomessa on monia erilaisia maalajeja ja routa vaikuttaa kaikkiin niihin eri tavalla. luvussa 4, tutkitaan roudan sulattamiseen ja rikkomiseen tarkoitettuja menetelmiä, sekä miten kyseiset menetelmät toimivat. Uusimpana ja tuntemattomimpana menetelmänä on paikallislämmitin, jossa käytetään hyväksi glykolia. luvussa 5, vertaillaan eri menetelmien soveltuvuutta, sekä kerrotaan menetelmien käyttäjäkokemuksia. Opinnäytetyön lopussa on yhteenveto.

2 Routa

2.1 Routalajit

Routa on kylmästä ilmastosta johtuva ilmiö, jonka kanssa lähes jokainen rakentaja joutuu tekemisiin jossain muodossa. Routa voi olla rakentamiselle tai rakenteille erittäin suuri haitta- tai jopa vaaratekijä, mutta toisaalta joskus routaa voidaan käyttää erityisesti maanrakentamisessa hyödyksi. ¹

Routa on maassa olevan veden jäätyminen johdosta kovettunut maakerros. Roudan muodostuminen alkaa, kun maan lämpötila laskee alle 0 °C:n. Tällöin maaperässä oleva vesi alkaa jäätyä. Jäätyneen maan paksuutta kutsutaan roudan syvyydeksi ja jäätyneen maan alarajaa kutsutaan puolestaan routarajaksi. Roudan syntymistä eli maassa olevan veden jäätymistä sanotaan maan routaantumiseksi. Maan routimisesta voidaan puhua silloin, kun maan pinta liikkuu niin, että siinä oleviin rakenteisiin syntyy vaurioita tai maaperän fysikaaliset ominaisuudet muuttuvat. Kovasta pakkasesta kaikki maalajit routaantuvat, mutta siltikään kaikkien maalajien ei tarvitse routia. ²



Kuvio 1. Ilman lämmetessä ilmenee routimisesta aiheutuneet vahingot.

Maalajeissa esiintyy useita erilaisia routalajeja. Tällaisia routalajeja on esimerkiksi pinta-
tarouta eli rouste, onkalorouta, massiivinen routa ja kerrosrouta. Varsinaisia routia ovat

¹Tiehallinnon kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 20.2.2012). Saatavissa

<http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/5-roudansyvyys.pdf>

²Geologian tutkimuskeskuksen aineisto (Verkkodokumentti, viitattu 20.2.2012). Saatavissa

http://arkisto.gsf.fi/p31/p31_4_052.pdf

massiivinen routa ja kerrosrouta. Pintarouta ja onkalorouta ovat oikeastaan ilmiöitä, joilla ei ole rakennusteknistä merkitystä.³



Kuvio 2. Pintarouta.

Pintaroutaa eli roustetta muodostuu pystysuorista jääneulasista ja -säloistä, joiden yläpäässä on ohut maakerros. Pintarouta esiintyy yleisesti ensimmäisillä syyspakkasilla ennen lumentuloa, sekä keväällä yöpakkasten aikaan.⁴

Onkalorouta on hieman syvemmällä maaperässä olevaa routaa kuin pintarouta. Onkalorouta syntyy löyhän ja muokatun maan pintakerroksen onkaloiden seinämiin. Vesi jäätyy onkaloihin ohuina neulasina.⁵

Routakerrosta, joka on syntynyt koko talvikauden aikana eikä sen kokonaistilavuudessa ole tapahtunut muutoksia, kutsutaan massiiviseksi roudaksi. Massiivinen routa on yhte-

³ Hydrologia Timo Huttusen kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012). Saatavissa http://users.jyu.fi/~thuttula/WETA150/WETA150_9.pdf

⁴ Hydrologia Timo Huttusen kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012). Saatavissa http://users.jyu.fi/~thuttula/WETA150/WETA150_9.pdf

⁵ Hydrologia Timo Huttusen kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012). Saatavissa http://users.jyu.fi/~thuttula/WETA150/WETA150_9.pdf

näistä ja paljaalla silmällä sen näkeminen on vaikeaa. Massiivisessa roudassa maara-
keet jäätyvät toisiinsa kiinni muodostamatta selvästi näkyvää jääkerrosta.⁶

Kerrosrouta on eräänlainen routamuodostuma, jossa pääosin eri paksuiset jääkerrokset
vaihtelevat sulan maan tai massiivisesti routaantuneiden maakerrosten kanssa. Kerros-
roudassa tapahtuu aina laajentumisia ja syntyy epätasaisia routimismousuja.

7

2.2 Routivuusluokitus

Se, kuinka paljon maaperän pintakerros jäätyksen yhteydessä laajenee ja kohoaa,
riippuu maan laadusta, maaperän raakoostumuksesta, pohjaveden syvyydestä sekä
veden kapillaarinen nousukorkeus. Maalajit jaetaan normaalisti routivuutensa perus-
teella kahteen tai kolmeen eri luokkaan. Luokat ovat routimattomat maalajit, lievästi
routivat maalajit ja erittäin routivat maalajit. Luokitukset on jaettu raakoostumuksen ja
kapillaarisuuden perusteella. Tarkkoja rajoja eri maalajien välille on vaikea asettaa,
koska myös kerrostumis- ja pohjavesiolosuhteet vaikuttavat asiaan.⁸

Routimattomia maalajeja ovat ennen kaikkea sora ja hiekka. Jos kyseiset maalajit ovat
puhtaina niin, että seassa ei ole muita maalajeja, kyseiset maalajit eivät aiheuta routi-
mismousua vaikka pohjaveden pinta olisi hyvinkin korkealla. Samaan ryhmään voi myös
lukea karkean hiedan ja karkearakeisen moreenin, mikäli niiden kapillaarisuus on alle 1
m, sekä turpeen.

Lievästi routivia maalajeja ovat savi ja sellaiset moreenit ja sedimentit, joiden kapillaa-
rinen nousu on noin yhdestä kahteen metriin. Tähän ryhmään voidaan myös lisätä lie-
ju, mutta liejun routivuus riippuu sen sisältämän hiedan runsaudesta sekä hiesulajit-
teen runsaudesta.

⁶Hydrologia Timo Huttusen kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012). Saatavissa
http://users.jyu.fi/~thuttula/WETA150/WETA150_9.pdf

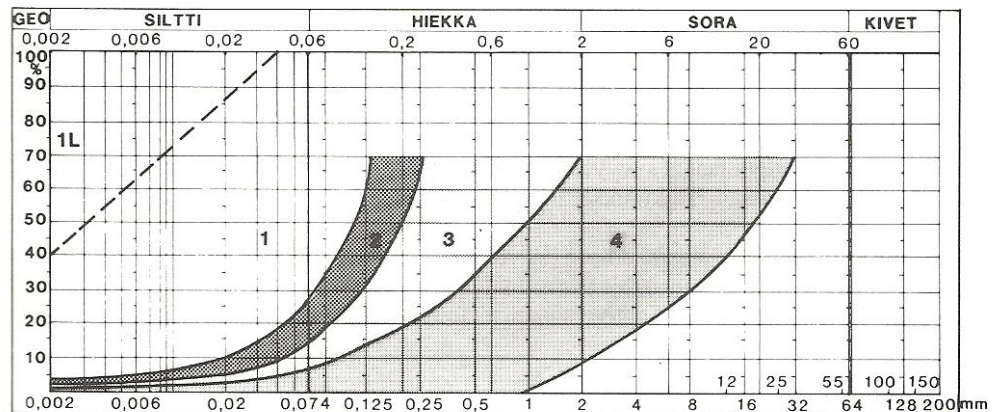
⁷Vesientutkimuslaitoksen julkaisu (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012). Saatavissa
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/27963/Vesientutkimuslaitoksen%20julkaisuja%202020.pdf?sequence=1>

⁸ Matti Nisukankaan opinnäytetyö (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012) Saatavissa
<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9562/Nisukangas.Matti.pdf?sequence=2>

9

Erittäin routivia maalajeja ovat hienohieta ja hiesu. Hienohieta pitää sisältää runsaasti alle 0,06 mm lajitetta. Myös moreenit, jotka sisältävät runsaasti hietaa ja hiesua, sekä joiden kapillaarisuus on yli kaksi metriä, luetaan erittäin routiviksi.¹⁰

Taulukko 1. Maalajien routivuustaulukko.



Kaikki maalajit, joiden rakeisuuskäyrät osuvat kohtaan 1, ovat routivia, alueella 1L maalajit ovat lievästi routivia. Ne maalajit, jotka sijoittuvat rakeisuuskäyrien suhteen alueille 2, 3 tai 4, ovat routimattomia maalajeja. Pitää myös huomioida, että käyrien alapäävät eivät pääty kyseisen alueen vasemmanpuoleisen rajakäyrän yläpuolelle.

Erilaisissa rajatapauksissa maalaji on routiva, jos pohjavesi on korkealla ja sääolosuhteet ovat sellaiset, että jäälinssejä ehtii muodostua, tällöin routa kasvaa maaperässä hitaasti.¹¹

2.3 Roudan muodostuminen

Rakennustoiminnassa käytännössä vain massiivisen roudan ja kerrosroudan muodostumisella on merkitystä. Massiivista routaa muodostuu lähes pelkästään karkearakeisissa maalajeissa sekä turpeessa. Kun massiivista routaa muodostuu, niin karkearakeinen maalaji ei useinkaan ole veden kyllästämää eikä muodostunutta jäätä havaitse helposti

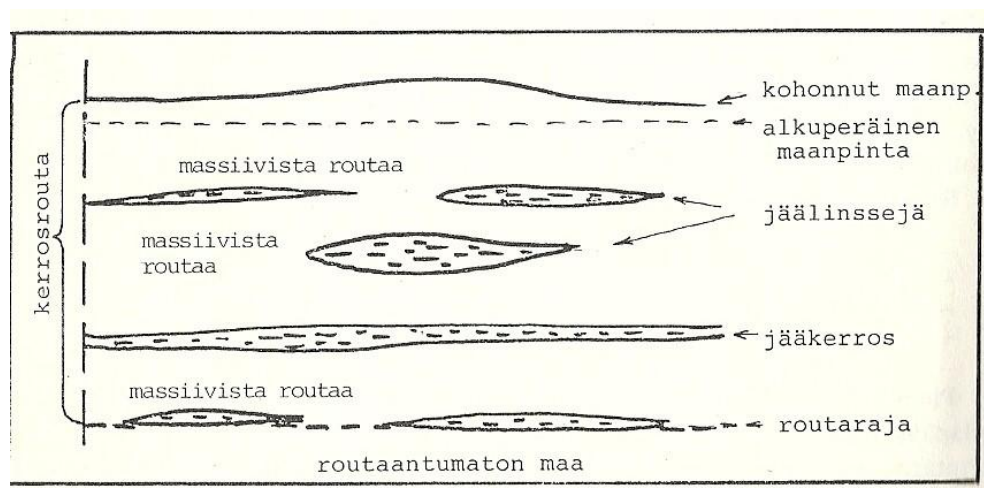
⁹ Helene, Lund. 1981. Maarakennusmekaniikka. s. 65-67. Espoo: Otakustantamo.

¹⁰ Helene, Lund. 1981. Maarakennusmekaniikka. s. 65-67. Espoo: Otakustantamo.

¹¹ Jääskeläinen, Raimo – Rantamäki, Martti – Tammirinne, Markku. 1990. Geotekniikka. s.118. Vaasa: Otakustantamo.

paljain silmin. Maarakeet ovat rakeiden ympärillä olevan veden yhteen liimaamia. Tällöin ei tapahdu laisinkaan maaperän turpoamista eli tilavuuden kasvua.¹²

Kerrosroudan muodostumisessa keskeisin ja vaikeimmin selitettävä ilmiö on routakerrostuman jääkerroksen tai -linssien muodostuminen. Eniten kerrosroudan syntyyn ja rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat maaperän rakeisuus ja vedenläpäisevyys, pohjaveden sijainti, maaperän luonnollinen vesipitoisuus sekä routaantumisnopeus.



Kuvio 3. Kerrosroudan rakenne.

Jotta routimisilmiö toteutuisi, täytyy kyseessä olla vedellä kyllästynyt maa. Ilman lämpötilan pitää olla alle 0 °C. Toisaalta vedenläpäisevyyden tulee olla niin huono, että kun huokosessa oleva vesi alkaa jäätyä ja pullistua, ei vesi kykene tuona aikana poistumaan kyseisestä huokosesta niin paljoa, ettei huokonen joutuisi pullistumaan. Huokosen pullistuessa vieressä olevien rakeiden täytyy taas siirtyä hieman irti toisistaan, jolloin niiden väliin imeytyy uutta vettä jäätymään alipaineen auttamana maanperän kapillaarikäytävien kautta. Tämän ilmiön toistuessa usein, kehittyy pikku hiljaa suurempia ja laajempia jäälinssejä. Tärkeintä ilmiössä on, että vesi pääsee imeytymään eri pisteisiin kapillaarikäytävien kautta. Lisävesi muuttaa maaperän vesipitoisuuden suuremmaksi verrattuna syksyllä olleeseen vesipitoisuuteen ja siten paisuttaa jäätyneen kerroksen paksuutta.¹³

¹² Jääskeläinen, Raimo – Rantamäki, Martti – Tamminne, Markku. 1990. Geotekniikka. s.116-117. Vaasa: Otakustantamo.

¹³ Jääskeläinen, Raimo – Rantamäki, Martti – Tamminne, Markku. 1990. Geotekniikka. s.116-117. Vaasa: Otakustantamo.

Roudan syvyys ja syvenemisnopeus voidaan arvioida tutkimalla maaperän lämpömääriä ja niiden siirtymisiä. Asia, joka pitää ymmärtää, on että jäätyvän maakerroksen lämpökapasiteetti muodostuu suurimmaksi osaksi routarajalla vapautuvasta veden jäätymlämmöstä ja pieneksi osaksi maan ja veden ominaislämmöstä. Tämä lämpö poistuu jäätyneen maan läpi yläpuolella olevaan kylmään ilmaan. Lämpö siirtyy aina lämpimämmästä paikasta kylmempään paikkaan. Routarajan alapuolella oleva sula maa siis luovuttaa lämpöään ylöspäin jäätyneen maakerroksen läpi. Tätä nousevaa lämpöä kutsutaan maalämmöksi ja sekin aiheuttaa yhden vastuksen roudan syntymiselle.¹⁵

Yhdessä maalämpö ja jäätyvästä maakerroksesta poistuva lämpö aiheuttavat roudalle roudanvastuksen. Se, kuinka paljon maaperä kestää ennen kuin routaantuu, riippuu maan lämmönjohtavuudesta sekä lämpökapasiteetista. Maan vesipitoisuus vaikuttaa myös roudan syvyyteen. Jos maassa on paljon vettä, niin maa sisältää myös paljon veden jäätymlämpöä. Routivaan maahan imeytyy jäätyneen yhteydessä lisää vettä, jolloin maassa oleva lämpömäärä kasvaa entisestään. Samalla roudan syvenemisnopeus hidastuu.¹⁶

On olemassa monia laskentatapoja, joilla voidaan arvioida roudan syvyyttä. Ratkaisevinta on, onko tarkasteltavalla alueella maakerrosten suojana lumipeitettä vai ei. Rakentamisen kannalta tärkeintä on tuntea roudan syvyys lumesta raivatulta alueelta, jonka pintaa eivät eloperäiset, lämpöä eristävät maalajit peitä. Kaava 1 on erittäin yksinkertainen ja helppo laskukaava, jossa ei ole otettu huomioon kaikkia muuttujia esimerkiksi sivuilta tulevia vaikutuksia. Kaava antaa kuitenkin karkean arvion roudan syvyydestä silloin, kun pohjavedenpinta on lasketun roudan syvyyden alapuolella.¹⁷

¹⁵ Hartikainen, Olli-Pekka. 2000. Maarakennustekniikka. s. 21. Helsinki: Hakapaino Oy.

¹⁶ Hartikainen, Olli-Pekka. 2000. Maarakennustekniikka. s. 21. Helsinki: Hakapaino Oy.

¹⁷ Jääskeläinen, Raimo – Rantamäki, Martti – Tammirinne, Markku. 1990. Geotekniikka. s.119-120. Vaasa: Otakustantamo.

$$h = C\sqrt{F}$$

h = roudan syvyys (m)

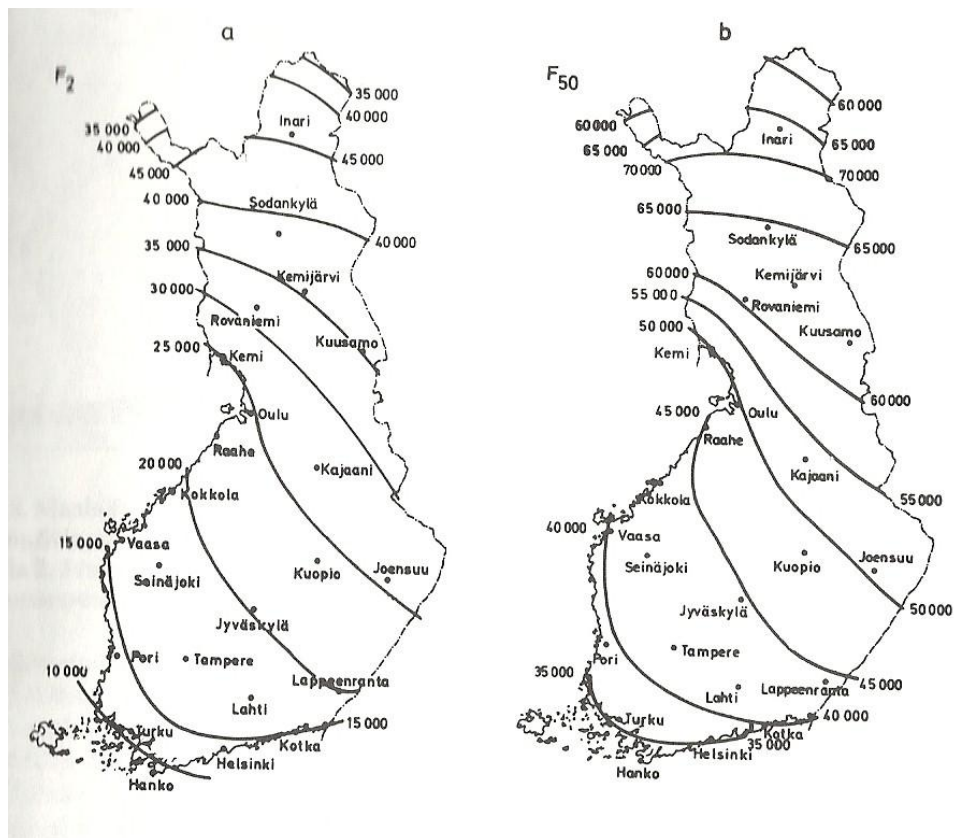
F = pakkasmäärä ($h^{\circ}\text{C}$)

(1)

C = kerroin = 0,0090...0,0115

Yhtälössä F on pakkasmäärä, joka tarkoittaa pakkasasteiden ja pakkasen kestoajan tuloa koko talvikauden ajalta yhteenlaskettuna. Yksikkönä käytetään vuorokausiastetta ($d \times ^{\circ}\text{C}$) tai tuntiastetta ($h \times ^{\circ}\text{C}$). C on kerroin, jossa on otettu huomioon jäätymisessä vapautuva lämpömäärä, jäätyneen maan lämmönjohtavuus ja maan lämpökapasiteetti.

18



Kuvio 5. Kerran kahdessa vuodessa ja kerran 50 vuodessa toistuva pakkasmäärä tuntiasteina.

¹⁸ Jääskeläinen, Raimo – Rantamäki, Martti – Tammirinne, Markku. 1990. Geotekniikka. s.119-120. Vaasa: Otakustantamo.

2.5 Roudan sulaminen

Roudan paksuus kasvaa kasvamistaan niin pitkään, kun ilman lämpötila on alle 0 °C. Heti kun ilman lämpötila kohoaa yli 0 °C alkaa roudan luonnollinen sulaminen. Roudan sulaminen tapahtuu pääasiassa pinnalta käsin, mutta vähäistä sulamista tapahtuu myös routarajalla. Kerrosroudan sulaessa roudan jäässä oleva vesi sulaa juoksevaksi vedeksi. Sulaneen veden alapuolella on vielä sulamatonta ja vettä läpäisemätöntä routakerros. Tästä syystä sulanut vesi ei pääse poistumaan alaspäin ja sulanut maakerros muuttuu ylikosteaksi ja erittäin pehmeäksi. Tällaista ilmiötä kutsutaan routapehmenemiseksi.¹⁹



Kuvio 6. Kuvassa roudan pehmenemistä.

¹⁹ Hydrologia Timo Huttusen kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 25.2.2012). Saatavissa http://users.jyu.fi/~thuttula/WETA150/WETA150_9.pdf

Roudan sulamista hidastaa maaperän päällä oleva lumikerros. Lumikerros toimii eristeinä, jolloin lämmin ilma ei pääse niin nopeasti sulattamaan roudassa olevaa maaperää. Lumikerros hidastaa myös roudan syntyä ja sen paksunemista.²⁰

²⁰ Hydrologia Timo Huttusen kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012). Saatavissa http://users.jyu.fi/~thuttula/WETA150/WETA150_9.pdf

3 Maalajien routaantuminen

3.1 Yleistä maalajien routaantumisesta

Maan routimista tapahtuu vain routivissa maalajeissa. Maan routiminen on siis veden kapillaarista imeytymistä kerrosroudan jäämuodostumiin. Kaikilla routivilla maalajeilla on siis korkea kapillaarinen nousukorkeus. Normaalisti kaikkia maalajeja pidetään routivina, jos niiden kapillaarinen nousukorkeus on yli yhden metrin. Tästä syystä seuraa se, että routiva maa on myös hienorakeinen tai ainakin sisältää runsaasti hienoainesta. Toisaalta maan hienoaines saattaa tehdä maasta niin huonosti vettä läpäisevää, että vesi ei kunnolla kykene imeytymään routarajalle jäämuodostumiin. Tästä syystä siis erittäin lihavassa savessa kerrosroudan jääkerrokset jäävät hyvin ohuiksi ja routimisuus muodostuu pieneksi.²¹

Maalajin routivuus siis määräytyy pääasiassa maan rakeisuuden perusteella. Maalajin routivuuden arvostelu pelkästään rakeisuuskäyrän avulla ei ole tarkka. Monia muitakin asioita vaikuttaa asiaan, kuten esimerkiksi materiaalin tiiveys luonnossa, jäätymisvyöhykkeeseen kohdistuvat puristukset ja pohjaveden taso.

Nykyään on mahdollista saada routiva maalaji käyttäytymään kuin routimaton maalaji. Maalajin routivuushan edellyttää, että maalajilla on kapillaarinen yhteys pohjaveteen. Jos tämän yhteyden katkaisee esimerkiksi jollakin eristyskerroksella, muuttuu eristyskerroksen päällä oleva maalaji routimattomaksi. Normaalisti eristyskerros tehdään karkearakeisesta maalajista, jotta vesi ei pääse kapillaarisesti imeytymään eristysmateriaalin läpi. Tällaista periaatetta käytetään paljon maanrakentamisessa, silloin kun halutaan tehdä esimerkiksi työaikaisia teitä.

22

²¹ Jääskeläinen, Raimo – Rantamäki, Martti – Tammirinne, Markku. 1990. Geotekniikka. s.117. Vaasa: Otakustantamo.

²² Jääskeläinen, Raimo – Rantamäki, Martti – Tammirinne, Markku. 1990. Geotekniikka. s.117-119. Vaasa: Otakustantamo.

3.2 Eloperäiset maalajit

Eloperäisinä eli orgaanisina maalajeina pidetään niitä maalajeja, joissa on orgaanista ainetta vähintään kuusi painoprosenttia. Ne luokitellaan eliöjäänteiden laadun ja orgaanisten ainesten koostumuksen mukaan. Kaikista tärkeimpiin eloperäisiin maalajeihin kuuluvat turve, lieju ja muta. Kaikki kyseiset maalajit ovat pehmeytensä ja vetisyytensä johdosta rakentamisen ja monien ihmisen ympäristötoimintojen kannalta ongelmallisia. Yleisin ja tärkein on turve, eli kasvien maatumisjäännös. Hieman harvinaisempi on lieju. Lieju on veteen kerrostunutta kasvi- ja eläinjätteiden, sekä hienorakeisten mineraalimaalajien sekoitusta. Lieju on tuoreena hieman vihertävää eikä se ole muovailtavaa, vaan murtuu ja kuivuuessaan kutistuu ja kovettuu sekä kevenee erittäin paljon, mutta uudelleen kostutettuna se ei turpoa. Liejua esiintyy ohuina kerroksina järvien ja merien rannoilla sekä soiden pohjakerroksissa.²³



Kuvio 7. Märkää turvemaata.

Muta on puolestaan veden mukana kulkeutunutta, tummien vesien pohjalle kerrostunutta ja saostunutta humusta. Muta sisältää vähemmän mineraalainesta kuin lieju ja säilyttää tumman värinsä kuivuuessaankin. Muta esiintyy laajojen suoalueiden vesistöissä, sekä soistuneiden lampien turve- ja liejukerroksen välissä. Hieman harvinaisempia eloperäisiä maalajeja ovat piilevälieju sekä simpukanjäänteistä koostuva kuorisora ja simpukkamaa.²⁴

²³ Niini, Heikki - Uusinoka, Raimo – Niinimäki, Risto. 2007. Geologia ympäristötoiminnassa. s. 22. Helsinki: Multiprint.

²⁴ Helene, Lund. 1981. Maarakennusmekaniikka. s. 21. Espoo: Otakustantamo.

Tyypillinen piirre eloperäisille kerrostumille on niiden tavattoman suuri vesipitoisuus. Vesipitoisuus voi olla jopa 300-1500%. Tämä seikka selittää osaksi eloperäisten maala-
jien suuren kokoonpuristuvuuden, joka turpeella tapahtuu nopeasti kuormituksen alku-
hetkinä. Turpeen leikkauslujuus on pieni noin 20 kN/m². Liejun leikkauslujuus on paljon
pienempi kuin turpeen.²⁵

3.3 Moreeni

Moreeni on Suomen yleisin maalaji. Se peittää kallioperäämme lähes kauttaaltaan lu-
kuunottamatta yksittäisiä kalliopaljastumia, joita on maanpinta-alastamme noin 3 %.
Moreeniksi kutsutaan mannerjäätikön kalliosta irroittamaa, kuluttamaa, kuljettamaa ja
lopulta takaisin kallioperän päälle kerrostamaa ainesta.²⁶



Kuvio 8. Moreenikerros kallioperän päällä.

Maan eteläosissa moreenikerrostumien paksuus on keskimäärin noin 2-3 m, rannikoilla
joskus alle metrin, mutta sisämaassa paksuus voi olla jopa 4-5 m. Paksuimmalti mo-
reenia esiintyy usein laaksoissa sekä jäätikön liikesuuntaan nähden mäkien suojapuolil-
la. Pinnaltaan moreeni maasto on lohkareista tai kivistä. Puusto on puolestaan kuusi-
tai sekametsää, mikä johtuu moreeniaineksen huonosta vedenjohtavuudesta ja pohja-
vedenpinnan läheisyydestä. Karkearakeisemmillä moreenimailla mänty saattaa olla
kuusta yleisempi. Moreenin tärkein piirre on lajite- eli raekoostumus. Se vaihtelee usein

²⁵ Helene, Lund. 1981. Maarakennusmekaniikka. s. 20. Espoo: Otakustantamo.

²⁶ Helene, Lund. 1981. Maarakennusmekaniikka. s. 18. Espoo: Otakustantamo.

hienoimmasta savilajitteesta aina suurimpiin lohkareisiin saakka. Jotakin lajitetta esiintyy kuitenkin muita runsaammin, eli silloin voidaan puhua sora-, hiekka- ja silttimoreeneista. Kun jätetään suuret kivilohkareet huomioimatta, on maamme moreeniaines yleisimmin hiekkamoreenia, pyöreästi neljännes on silttimoreenia ja noin kymmenesosa on soramoreenia.



Kuvio 9. Hiekkamoreeni kerros.

Routivuuden kannalta yleisimmät moreenilajikkeet ovat vähintäänkin lievästi routivia. Suuret kivilohkareet eivät ole laisinkaan routivia. Silttimoreeni on aina routivaa, joten se on huono vaihtoehto rakentamiseen. Hiekkamoreeni ja soramoreeni ovat puolestaan lievästi routivia maalajeja. Yleisesti moreeni, jossa on mukana hienoainesta, on routivaa.

27

²⁷ Niini, Heikki - Uusinoka, Raimo – Niinimäki, Risto. 2007. Geologia ympäristötoiminnassa. s. 13. Helsinki: Multiprint.

3.4 Hienorakeiset maalajit

Maalajeja, joissa on vähintään 50 % hienoainesta eli enintään 0,06 mm:n läpimittaisia rakeita kutsutaan hienorakeiseksi maalajiksi. Tällaisia maalajeja ovat siltit ja savet. Kyseiset maalajit ovat kerrostuneet hienorakeisesta lietteestä seisovaan veteen jääkauden loppuvaiheessa tai sen jälkeen. Hienoainekerrostumat ovat maan kohoamisen vaikutuksesta nousseet kuiville ja ajan kanssa tiivistyneet kuivakuorisiksi savikoiksi ja silttikerrostumiksi. Tällaiset kerrostumat ovat yleisiä maamme eteläosissa sekä Pohjanlahden rannikoilla. Siltit ja savet tasoittavat peittämäänsä epätasaista kalliotopografiaa. Kerrospaksuudet ovat keskimäärin Etelä-Suomessa noin 10 m, mutta erilaisissa kallio-painanteissa lounaisrannikollamme paksuus voi olla jopa yli 50 m, joskus jopa 100 m.



Kuvio 10. Saviseinä.

Hienorakeiset maalajit omaavat usein korkean vesipitoisuuden ja erittäin pienen vedenläpäisevyyden. Niiden leikkauslujuusarvo on myös usein alhainen. Näistä syistä hienorakeiset maalajiesiintymät ovat usein erittäin voimakkaasti routivia. Näille muodostumille on myös erittäin tunnusomaista suuri sensitiivisyys, joka erityisesti vaikeuttaa kaivettavuutta, tiivistettävyyttä, kuljetettavuutta ja läjitettävyyttä. Näistä syistä hienorakeisia maalajeja ei voida käyttää laisinkaan maarakenteissa, ei edes penger- tai täyttömateri-

aalina. Hienorakeinen maaperä menettää sensitiivisyytensä vuoksi helposti kantavuutensa esimerkiksi työkoneiden tai kuljetuskaluston työskentelyalustana. Erikoisena tapauksena voi pitää sitä, kun saven savi- % on yli 40, niin tästä johtuen savi ei roudi. Saven pinta jäätyy kyllä, mutta saven sisus ei jäädy. Tämä johtuu siitä, että savessa ei ole enää tilaa vedelle, joka pääsisi laajenemaan ja aiheuttamaan saven routimista.

28

3.5 Karkearakeiset maalajit

Karkearakeisiin maalajeihin kuuluvat hiekka ja sora. Kyseisiä maa-aineksia esiintyy erilaisissa muodostumissa, joista useimmat ovat syntyneet moreenista joko virtaavan tai rantavoimien aikaansaamasta lajittumisesta. Suurien vesimassojen kuljetuksessa moreenin kivi-, sora-, ja hiekka-aines peseytyi, kului ja pyöristyi hienoaineksen huuhtoutuessa ja kerrostuessa siitä erilleen. Karkearakeiset lajittuneet kerrostumat ovat yleensä selvästi itsenäisempiä kasaumia kuin moreenimuodostumat.²⁹



Kuvio 11. Luonnon oma hiekkaharju Nurmijärvellä.

Normaalisti karkearakeisissa maalajeissa on vesipitoisuuteen nähden suuresti huokostilaa, niiden vedenläpäisevyys on hyvä, ja ne jäätyvät yleensä massiiviseen routaan. Syy tähän on se, että vesi mahtuu jäätymään tarjolla olevassa huokostilassa tai sitten se voi poistua routarajalta. Karkearakeisen maalajin jäätyessä sen tilavuus ei muutu, eikä

²⁸ Niini, Heikki - Uusinoka, Raimo – Niinimäki, Risto. 2007. Geologia ympäristötoiminnassa. s.18- 22. Helsinki: Multiprint.

²⁹ Geologian tutkimuskeskuksen aineisto (Verkkodokumentti, viitattu 25.2.2012). Saatavissa <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/karkearakeiset-kuvaus.htm>

tästä syystä synny vaurioita, mutta jos sitä joudutaan rikkomaan jollain menetelmällä, on se erittäin työlästä ja hankalaa. Normaalisti karkearakeiset maalajit routaantuvat kaikista syvimmälle. Maan irrottaminen tai rikkominen saattaa jopa vaatia räjähdysainetta.³⁰

³⁰ Geologian tutkimuskeskuksen aineisto (Verkkodokumentti, viitattu 25.2.2012). Saatavissa http://arkisto.gsf.fi/p31/p31_4_052.pdf

4 Roudansulatusmenetelmät

4.1 Jyrsin

Jyrsin kiinnitetään kaivukoneen puomin päähän kauhan tilalle. Kovametalliterin varustettu jyrsinrumpu toimii kaivukoneen hydrauliiikan avulla. Jyrsin jysii poistettavasta pinnasta halutun määrän materiaalia, kerros kerrokselta. Näin laitteella voidaan tehdä hallittuja ja tarkkojakin poistoja.

Jyrsimellä voidaan työstää mm. raudoitettua betonia, routaantunutta ja/tai kivistä maata, asfalttia ja puuta. Jyrsimiä valmistetaan useita kokoja, jotka sopivat purkuroboteista ja minikaivukoneista aina suurimpiin kaivukoneisiin. Kaivukoneiden koko voi vaihdella 1.5 tonnista aina jopa 45 tonniin saakka. Jyrsimien leveydet ovat 640 millimetristä 1500 millimetriin. Roudan rikkomiseen paras kaivukoneen koko on noin 20 tonnia. Pienempikin kaivukone sopii, mutta roudan ollessa erittäin paksua, työ on todella hidasta, ellei mahdotonta pienellä koneella.



Kuvio 12. Jyrsimen eri työvaiheita.

Jyrsimiin on myös mahdollista vaihtaa teriä eri työtilanteisiin. Teriä valmistetaan murskaamiseen, kanaalin kaivamiseen ja hiomiseen. Suurin ero terissä on se, kuinka monta kappaletta niitä on kiinni itse jyrsimessä. Hiomiseen ja kanaalin kaivamiseen tarkoitettussa jyrsimessä teriä on huomattavasti enemmän kuin murskaamiseen tarkoitettussa terässä. Terien pituudet eivät muutu työtilanteesta riippuen.

Jyrsimien hinnat ovat 14000 eurosta aina 99000 euroon saakka. Roudan rikkomiseen optimaalisen kaivukoneen koko on 20 tonnia ja sen kokoluokan koneeseen jyrsin maksaa noin 40 000 euroa, eli saman verran kuin halvin glykolilla toimiva roudan sulatin.

31

4.2 Polttoöljykäyttöinen lämmitin

Polttoöljyllä toimivia lämmittimiä kutsutaan yleisesti veeluksi. Lämmittimiä on valmistettu lähes samalla tavalla jo 1980-luvulta lähtien. Ainoa asia, mikä laitteissa vuosien varrella on muuttunut, on hyötysuhde, joka näkyy suoraan polttoaineen kulutuksessa. Hyötysuhde on parantunut tulipesä-lämmönvaihtimen kehityksen sekä öljypolttimien kehityksen yhteistuloksena. Hyötysuhteen pitäisi olla nykyään noin 90 %. Lämmitin soveltuu erittäin moneen eri käyttötarkoitukseen, kuten suurten tilojen lämmittämiseen, talvella roudan sulattamiseen tai vaikka kasvihuoneen lämmittämiseen. Siirrettävät lämmitimet ovat öljypolttimella varustettuja lämmittimiä, joissa lämmönvaihtimen avulla lämpö siirretään ulospuhallettavaan ilmaan.³²

³¹ Hansa Machines kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 2.4.2012). Saatavissa <http://www.hansamachines.fi/sivu.aspx?taso=2&id=259>

³² Polarthermin kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 2.4.2012). Saatavissa <http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/siirrettavat-oljy--ja-kaasukayttoiset-ilmalammittimet/termo.html>



Kuvio 13. Kolme erimerkkistä ilmanlämmittintä.

Roudan sulattamista varten on hankittava lisäksi teräksisiä kansia. Kansista rakennetaan lämpökanava, joka pitää lämmön mahdollisimman lähellä maaperää. Yhden kannen koko on noin 1,2 metriä leveä ja yhden metrin pitkä. Normaalisti rakennustyömaalla asennetaan noin viisi kantta limittäin, mistä syntyy viisi metriä pitkä lämpökanava. Mitä pidempi lämpökanava on, sitä hitaammin routaantunut maaperä sulaa ja lämpöhävikkiä syntyy enemmän.³³

4.3 Iskuvasara

Iskuvasara toimii kaivukoneen lisävarusteena. Iskuvasaralla voidaan rikkoa monia eri maalajeja. Yleisin käyttökohde sille on kuitenkin ylisuurten kivien pienentäminen, mutta talvisin on myös melko yleistä, että iskuvasaralla rikotaan paksusti routaantunutta maaperää.³⁴

³³ Polarthermin kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 2.4.2012). Saatavissa <http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/siirrettavat-oljy--ja-kaasukayttoiset-ilmalamittimet/termo.html>

³⁴ Marakonin kotisivust (verkkodokumentti, viitattu 15.3.2012). Saatavissa http://www.marakon.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=28&lang=fi



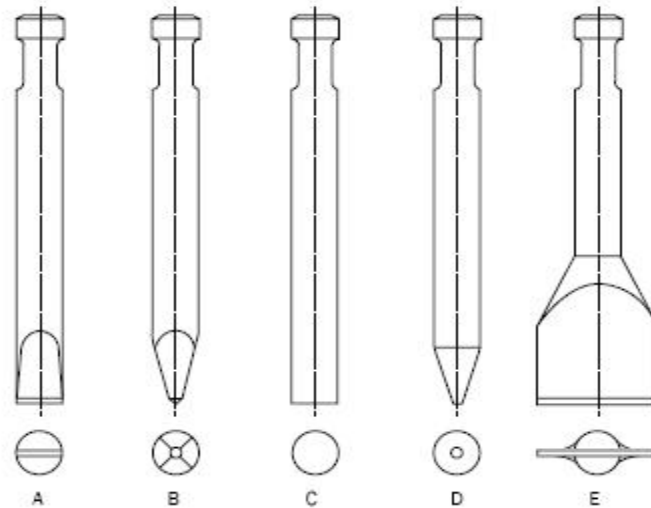
Kuvio 14. Uusi iskuvasara Rammer.

Iskuvasaran käyttö routaantuneeseen maahan on melko kallista ja riskialtista. Iskuvasaran käyttö on myös melko tunnotonta, joten sillä ei tunne jos vasaran piikki rikkoo maassa olevia putkia tai johtoja. Routaantuneeseen maaperään, johon ei ole ennestään rakennettu kunnallistekniikkaa, on iskuvasara erittäin tehokas lisävaruste.³⁵

Iskuvasaroita on hyvin monia erimerkkisiä ja -painoisia. Yleisin merkki on Rammer. Iskuvasaroita tehdään 100 kilogrammasta jopa 5000 kilogrammaan asti. Mitä painavampi iskuvasara on sitä painavampi kaivukoneen pitää olla. Esimerkiksi 5000 kg painavalla iskuvasaralla pitää olla jo 50 - 70 tonnia painava kaivukone käyttämässä sitä. Iskuvasaraan rakennetaan myös monia erilaisia piikkejä, joilla kaikilla on eri käyttötarkoitukset.³⁶

³⁵ Marakonin kotisivust (verkkodokumentti, viitattu 15.3.2012). Saatavissa http://www.marakon.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=28&lang=fi

³⁶ Rautionmaan Kone Oy kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa <http://www.iskuvasara.fi/index.php?section=34>



Kuvio 15. Erilaisia piikkejä iskuvasaraan.

Kuviossa 15 on viisi erilaista iskuvasaran piikkiä. Piikki A on nimeltään kiilakärki. Kiilakärki soveltuu parhaiten pehmeään/keskikovaan kiveen tai routaan. Piikki B on pyramidikärki ja se on sopiva hienoon/keskikovaan betoniin tai pehmeään kiveen. Piikki C on puolestaan tasakärki ja se soveltuu lohcareiden rikkomiseen keskikovasta kovaan tai katkomaan pieniä lohcareita. Piikki D on nimeltään piikkikärki ja se on tarkoitettu yleiskäyttöön. Iskuvasaran ostaessa mukaan kuuluu aina tämä piikki, ellei toisin ole sovittu kauppiaan kanssa. Piikki E on leveäkärki, jolla pystytään rikkomaan pehmeää kiveä, tai routaa³⁷

Iskuvasarat ovat erittäin kalliita. Halvimmat iskuvasarat tehdään Kiinassa ja kalleimmat tehdään Suomessa. Suomessa valmistetun iskuvasaran merkki on Rammer. Roudan rikkomiseen iskuvasaran kanssa kaivukoneen paino pitäisi olla noin 10 - 30 tonnia. Kaivukoneen ollessa kevyempi ei kone jaksakaan rikkoa routaa. Koneen painaessa yli 30 tonnia ei roudan rikkominen kannata rahallisesti, koska kaivukoneen käyttökustannukset ovat niin suuret. 10 tonnin kaivukoneeseen tarkoitettu iskuvasara maksaa 8000 €-12000 €. Iskuvasaran keskihinta 10 tonnin kaivukoneeseen on noin 10000 €. 20 tonnin kaivukoneeseen iskuvasarat maksavat 14000 €-25000 €. Keskihinta iskuvasaralle, joka on tarkoitettu 20 tonnin kaivukoneeseen, on noin 19000 €. Kaivukoneen painaessa 30 tonnia

³⁷GB iskuvasaran käyttöohjekirja (Verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa http://data.iskuvasara.fi/files/resourcesmodule/@random4e2fee3534fd6/1311767900_Tseries_manual_FIN.pdf

maksavat iskuvasarat paljon. Halvimmillaan iskuvasara maksaa 25000 €, mutta kallein maksaa 50000 €. Keskihinta on noin 35000 €. Kaikista kalleimmat iskuvasarat ovat Suomessa valmistettuja Rammereita.

4.4 Paikallislämmitin

Glykolia hyväkseen käyttävä sulatusmenetelmä on Suomessa melko uusi idea. Suomessa tällä hetkellä on oikeastaan vain kaksi merkkiä, jotka valmistavat kyseisiä laitteita. Merkit ovat Wacker Neuson ja HeatWork.



Kuvio 16. Heat Work- merkinen paikallislämmitin.

Sulatustekniikan on kehittänyt 17 vuoden aikana amerikkalainen Ground Heather-yhtiö, jonka Wacker Construction Equipment AG osti vuonna 2006. Wackerin kautta tämä innovatiivinen menetelmä tuli myös eurooppalaisten urakoitsijoiden saataville. Roudan sulatusjärjestelmät ovat käteviä apuvälineitä rakennustyömailla. Niiden avulla voidaan sulattaa jäätynyttä maata, tai jopa estää kokonaan maan routaantuminen. Wacker Neusonin sulatusjärjestelmä on testattu Alaskan ankarissa pakkasolosuhteissa ja ne toimivat ilman ongelmia.

38

³⁸ Konekeskon kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa <http://www.konekesko.com/fi/Default.aspx?tabid=6769>



Kuvio 17. Wacker Neuson- merkinen paikallislämmitin.

Normaalissa roudansulatusjärjestelmässä lämmitetään ilmaa, jonka ansiosta maaperä sulaa. Tässä menetelmässä on kuitenkin erittäin suuri energiahävikki, koska vain 15 prosenttia käytetystä energiasta menee suoraan jäätyneeseen maahan. Wackerin sulatusmenetelmä perustuu teknologiaan, jossa on erittäin pienet energiahävikit. Jopa 94 prosenttia lämmöstä saadaan ohjattua lämmitettävään maaperään.

Wacker Neusonin järjestelmään kuuluu poltin joka lämmittää glykoli-vesiseoksen jopa 82 °C:een, dieselgeneraattori, joka tuottaa virtaa kaikille sähköllä toimiville laitteille, kaksi pumppua, joiden tehtävänä on kuljettaa glykoli-vesiseos polttimolta letkuun, 700 metriä letkua sekä erityismateriaalista tehty eristysmatto, joka estää lämmön karkaamasta taivaalle.

39

³⁹ Europörssin kotisivut (verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa <http://www.europorssi.com/fi/2011/11/16/pidenn%C3%A4-rakennuskesonki-ymp%C3%A4rivoitiseksi-wackerin-roudensulatusj%C3%A4rjestelm%C3%A4ll%C3%A4-6>



Kuvio 18. Valmistelevat työt ennen maaperän sulattamista.


Käytännössä laitteen käyttäminen on helppoa. Ensin lämmitysletku vedetään työstettävälle pinnalle aaltomaisesti. Letkujen väli on noin 45 cm. Letkujen välin ollessa 15- 30 cm nopeutuu maan sulaminen huomattavasti, mutta samalla sulatettavan alueen ala pienenee. Letkuvälin ollessa 45-60 cm saadaan sulatettua maata suuremmalta alalta, mutta silloin maahan saattaa jäädä routasaarekkeita. Routasaarekkeet ovat normaalisti hyvin pieniä, joten ne saa kaivettua pois helposti. Letkujen asentamisen jälkeen, asetetaan maahan vesihöyryn estokalvot, joka estää maasta syntyvän vesihöyryn karkaamista sekä eristyspeitteet, jotka estävät lämmön karkaamista. Letkujen asentamisen jälkeen voidaan itse laite käynnistää, jolloin poltin lämmittää glykoli-vesiseoksen ja pumppu pumppaa sen putkistoon. Menetelmä voi sulattaa jopa 30 cm routaa päivässä. Roudan sulattamissyvyyteen vaikuttavat tietenkin glykoli-vesiseoksen lämpötila, letkujen välimatka, maaperä sekä ilman lämpötila.⁴⁰

Yhdellä kerralla standardimallinen Wacker Neuson voi sulattaa noin 400 m² jäätynyttä maa-alueetta. Laitteeseen on mahdollista hankkia pidempi letku, jolloin päästään jopa

⁴⁰ KH-koneet kotisivut (verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa <http://ammattilehdet.com/KH-Koneet2011/>

800 m² sulatuskapasiteettiin asti. Laite soveltuu myös monenlaisiin vaativiin käyttökohteisiin, kuten betonivalun kuivatukseen.⁴¹

Taulukko 2. Roudan sulaminen eri maaperissä.

 SULATUSAIKA PÄIVINÄ*	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm
	Roudan syvyys Lokujen väli	45 / 30 cm	45 / 30 cm	45 / 30 cm	45 / 30 cm
MAAPERÄ					
Hiekka	1 / 0,75	2 / 1,5	3 / 2,25	4,5 / 3,25	6 / 4,5
Sora	1 / 0,75	2,5 / 2	4 / 3	6 / 4,5	8 / 6
Savi	1,75 / 1,25	3,5 / 2,5	5,5 / 4	8 / 6	11 / 8,5
Lieta	2 / 1,5	4,5 / 3,5	7 / 5,5	10,5 / 7,5	14 / 10

* Rippuu vesipitoisuudesta ja maaperän irtoksesta.

Yhden paikallislämmittimen hinta on melko kallis. Laite maksaa noin 40000 €- 70000 €, riippuen laitteen lisävarusteista. Laitteisiin on mahdollista saada tuplamäärä letkua, jolloin laitteeseen pitää hankkia suurempi pumppu, mutta sulattamis-pinta-ala samalla kaksinkertaistuu. Laitteeseen on myös mahdollista asentaa lähetin, joka ilmoittaa matkapuhelimeen vikailmoituksen sen sattuessa. Laite voi siis toimia täysin ilman vartiointia. Monet laitteen omistajat myös vuokraavat laitettaan. Vuokrahinnat ovat noin 350 € - 400 € vuorokaudelta.

4.5 Routakoukku

Routakoukku on maanrakennuskoneisiin hankittava lisälaitte. Laite itsessään on hyvin yksinkertainen, eikä siinä ole mitään ylimääräistä. Routakoukkuja rakennetaan hyvin monen kokoisia. Routakoukun koko riippuu aina kaivukoneen painosta. Kaivukone voi painaa muutamasta tuhannesta kilosta aina jopa 40 tonniin asti.⁴²

⁴¹ KH-koneet kotisivut (verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa <http://ammattilehdet.com/KH-Koneet2011/>

⁴² Engcon kotisivut (verkkodokumentti, viitattu 29.2.2012). Saatavissa <http://www.engcon.se/suomi/tuotteet/tyolaitteet/routapiikki.4.eeb96af128d482fbcc800053674.html>

Routakoukku on moninkertaisesti vahvistettu ja on näin ollen erittäin lujarakenteinen. Oikean muotonsa ansiosta se murtaa roudan tehokkaasti. Routakoukun kärkeen asennetaan helposti vaihdettava kynsi. Kynsi on erittäin tärkeässä osassa routakoukussa. Ilman vaihdettavaa kynttä kuluisi itse routakoukku käytönaikana, minkä seurauksena maanrakentaja joutuisi hankkimaan kokonaan uuden routakoukun.

Käytännössä routakoukulla revitään routaantunut maaperä rikki. Mitä paksumpi routaantunut maaperäkerros on, sitä painavampi kaivukoneen tuulee olla. Parhaiten routakoukku soveltuu tela-alustaiseen kaivukoneeseen, koska se on huomattavasti vakaampi kuin pyöräalustainen kaivukone. Kaivukoneen heiluessa ei koneen kaikki voima siirry routakoukkuun. Kaivukoneen ollessa liian kevyt rikkomaan routaantunutta maaperää, nousee kaivukoneen peräilmaan, eikä routaantunut maaperä rikkoudu.

43



Kuvio 19. Kaksi erikokoista routakoukkuja.

⁴³ Eurosteel kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 16.3.20120). Saatavissa <http://www.eurosteel.fi/eurosteel%5Ccms.nsf/pages/782480136C5FDCB3C2256FDC003D48CC?opendocument>

Routakoukkujen hinnat riippuvat täysin routakoukun koosta. Keskimäärin kaivukoneen paino pitää olla noin 10000 kg, jotta routaantunut maaperä rikkoutuu. 10000 kg koneelle routakoukku maksaa noin 1500 €. Suurimpien routakoukkujen hinta on noin 3000 €- 3500 €. Kaivukoneen maksimikoko routakoukun käyttämiseen on noin 30000 kg, koska kaivukone, joka on painavampi kuin 30000 kg on sen käyttökustannukset niin suuret, että hyöty käyttökustannuksiin nähden on melko pieni.

5 Roudansulatusmenetelmien vertailu ja käyttäjäkokemukset

5.1 Roudansulatusmenetelmien vertailu

Roudan sulattamismenetelmän tai roudan rikkomismenetelmän valintaan vaikuttaa hyvin moni eri asia. Painavin seikka, joka valintaan vaikuttaa, on roudan paksuus. Muita asioita ovat raha, koneen koko, sulatettavan alueen koko, sijainti, mihin aikaan työt tehdään, kustannustehokkuus, putkien ja kaapeleiden sijainti sekä työturvallisuus.

Roudan ollessa erittäin paksua, yli puoli metriä, on roudan rikkominen haastavaa. Rikkominen onnistuu koneella, joka on noin 20 tonnia painava. Lisävarusteena kaivukoneessa voi olla jyrsin, iskuvasara tai routakoukku. Kaikki nämä vaihtoehdot ovat hyviä silloin, jos maaperässä ei ole kaapeleita tai putkia.

Hyvin usein maaperässä on putkia ja kaapeleita, joten rikkominen onnistuu harvoin. Roudan sulattaminen toimii aina. Sulattaessa putket ja kaapelit eivät rikkoudu. Vaihtoehtoina ovat paikallislämmitin ja polttoöljykäyttöinen lämmitin. Alueen ollessa todella suuri, soveltuu paikallislämmitin paremmin, kuin polttoöljykäyttöinen lämmitin. Paikallislämmittimen ostohinta on paljon suurempi kuin polttoöljykäyttöisen, mutta polttoöljykäyttöisen käyttökustannukset ovat huomattavasti suuremmat. Polttoöljykäyttöinen lämmitin kuluttaa noin 12 tunnissa 200 litraa polttoöljyä, kun paikallislämmittimen tankkiin mahtuu 272 litraa ja se riittää noin 60 tunnin jatkuvaan käyttöön. Paikallislämmittimiä vuokrataan myös usein. Normaali vuokraushinta on noin 400 € päivältä. Paikallislämmittimellä onnistuu myös betonin jälkikäsitteily, jonka ansiosta koneelle voidaan saada lisävuokrauspäiviä.

Routaantunut maaperä, jossa ei ole putkia on viisainta rikkoa. Kaikista vanhin menetelmä on routakoukku. Routakoukun ostohinta on erittäin alhainen, verrattuna iskuvasaraan tai jyrsimeen. Toisaalta iskuvasaralla ja jyrsimellä on mahdollista tehdä paljon muitakin töitä, kuin pelkästään roudan rikkominen. Maanrakennustöissä hyvin harvalla maanrakennusyrittäjällä on jyrsintä. Syynä on se, että jyrsimellä ei ole mahdollista rikkoa kiveä. Jyrsimiä on useimmiten purku-urakoitsijoilla, jotka purkavat suuria betonisia rakennelmia. Käyttökustannuksia kun vertailee huomaa, että routakoukulla tai iskuvasaralla ei niitä ole. Molemmat ovat kaivukoneen lisävarusteita, jotka eivät itsessään

kuluta polttoainetta. Kaivukoneen kannalta routakoukku on melko ankara. Routakoukku käyttäessä kone joutuu erittäin koville ja hajottaa kaivukoneen melko helposti. Iskuvasara puolestaan toimii kaivukoneen omalla hydraulikalla ja on täten paljon parempi vaihtoehto kaivukoneen toimivuuden kannalta.

Lähtökohdat ovat täysin erilaiset, kun töitä tehdään yöaikaan kaupungissa. Tällöin menetelmä pitää olla nopea ja hiljainen. Ainoat vaihtoehdot ovat siis paikallislämmitin tai polttoöljykäyttöinen lämmitin. Jos sulatettavan alue on pieni, toimii polttoöljykäyttöinen lämmitin hyvin, mutta jos alue on suuri, on paikallislämmitin paljon parempi vaihtoehto sen tehokkuuden ansiosta.

Kustannustehokkuuden kannalta on menetelmiä hyvin vaikea verrata keskenään. Iskuvasaralla, paikallislämmittimellä ja jyrsimellä voi tienata muutenkin kuin pelkästään roudan rikkomisella, vaikka kaikki ovat erittäin kalliita lisävarusteita. 20 tonnia painavaan kaivukoneeseen on jyrsin selkeästi kalliimpi kuin iskuvasara. Rammer maksaa noin 25000 €, kun jyrsin maksaa noin 40000 €. Polttoöljykäyttöinen lämmitin ei maksa uutena niinkään paljoa, mutta käyttökustannukset ovat puolestaan erittäin korkeat. Paikallislämmitin on suuri kertainvestointi, kun käyttöaika on lähes pelkästään talvisai-kaan. Paikallislämmitin on myös vielä melko harvinainen laite, joten ne eivät ole yleisiä markkinoilla. Tämän ansiosta ovat vuokrahinnat suuret yhtä päivää kohden. Paikallislämmittimen käyttö on myös helppoa, tehokasta, hiljaista ja turvallista.

Turvallisuutta ajatellessa ovat roudan rikkomiseen tarkoitetut laitteet turvallisia. Kaivukoneen kuljettajat istuvat hyteissä ja ovat täten turvassa. Jyrsimen tai iskuvasaran käytöstä voi singota kiviä tai routaantuneen maaperän palasia, jotka voivat loukata lähellä olevia, mutta se on melko harvinaista. Kaikista turvattomin menetelmä on polttoöljykäyttöinen lämmitin. Lämmitin puhalttaa avotulen, joka lämmittää kanavassa olevan ilman. Laitteen vieressä on myös 200 litran avonainen tynnyri, josta laite imee letkun avulla polttoaineensa. Laitetta ei koskaan saisi jättää toimimaan ilman vartiointia, mutta useilla työmailla tätä sääntöä rikotaan, mikä puolestaan nostaa tapaturmariskiä.

5.2 Käyttäjäkokemukset

Kysyttäessä käyttäjäkokemuksia kokeneilta kaivukoneenkuljettajilta, olivat mielipiteet melko samanlaisia. Lähes jokaisella maanrakennusyrittäjällä oli iskuvasara sekä routakoukku, mutta kaikki suosivat mieluummin iskuvasaraa. Syitä tähän olivat laitteen helppokäyttöisyys, laite ei riko kaivukonetta, sekä routaantuneen maan saa rikottua tarkemmin. Routakoukkua käytettäessä lähtee suuria paloja routaantunutta maata ja tällöin kanaalin leveys suurenee tahtomatta liian suureksi. Iskuvasaralla routaantuneen maan saa rikottua paljon tarkemmin ja pienemmissä paloissa. Lisäksi maanrakennusyrittäjät, joilla on kaivukone muun yrityksen palveluksessa, saavat he parempaa tuntipalkkaa jokaisesta tunnista, jolloin iskuvasara käytetään. Routakoukun käyttö puolestaan ei nosta kaivukoneen tuntipalkkaa. Routakoukku sai kylläkin muita kehuja. Koukkua pystyy käyttämään hyvin monissa erilaisissa nostotehtävissä. Monet käyttivät routakoukkua esimerkiksi täkkäämiseen. Täkkääminen tarkoittaa sitä, että suojamattoja nostetaan kallion päälle, joka ollaan räjäyttämässä. Koukun ansiosta saadaan kaivukoneen puomille lisäpituutta, jolloin matot saadaan asetettua kauemmas ja tarkemmin.

33 vuotta kaivukonekuljettajana ollut Hannu Rokkanen kertoi myös suosivansa mieluummin iskuvasaraa kuin routakoukkua. Hän työskentelee HSY:llä. Paikat, joissa hän joutuu kaivamaan, ovat usein erittäin ahtaita, ja putkia ja kaapeleita on runsaasti. Molemmat lisävarusteet ovat kuulemma huonoja hänen mielestään ja syynä on pelkästään kunnallistekniikan suuri määrä maaperässä, minkä takia putkirikkoja tulee herkästi. Hän suosii mieluummin routaantuneen maan sulattamista, jolloin ei putkirikkoja tapahdu.

Helsingin kaupungin putkiasentajilta kysyttäessä polttoöljykäyttöisestä lämmittimestä, olivat mielipiteet melko ristiriitaisia. Osa käyttäjistä kehui laitetta hyväksi ja tehokkaaksi, mutta monet sanoivat laitteen olevan lähes turha ja erittäin vaarallinen. Kaikki olivat kuitenkin samaa mieltä siitä, että lämpökuilun ollessa liian pitkä ei roudan sulamista tapahdu lähes lainkaan. Toinen asia, joka tuli esille, oli teräskansien siirtely ja asettelu siten, että lämpökuilusta tulisi mahdollisimman tiivis. Tämä asia koettiin hankalaksi sekä raskaaksi.

Kysyttäessä ja luettaessa käyttäjäkokemuksia paikallislämmittimestä olivat ne erittäin positiivisia. Laitteen ainut huono puoli on sen korkea hinta. Monet yrittäjät luottavat

laitteeseen ja sen kustannustehokkuuden, tarkkuuden, taloudellisuuden sekä turvallisuuden takia. Laitetta on helppo siirrellä työmaalta toiselle, koska laite kulkee pyörien päällä. Paikallislämmittimen käytön helppous sai myös paljon kehuja. Yhden miehen on mahdollista asentaa laite toimintavalmiuteen melko nopeasti. Paikallislämmitin soveltuu myös erinomaisesti yöllä tehtäviin sulatustöihin. Laite toimii erittäin hiljaisesti, eikä työmaalla tarvitse olla miestä vahtimassa toimiiko kaikki. Paikallislämmittimeen on mahdollista saada lisävarusteena ilmoitin, joka lähettää ilmoituksen matkapuhelimeen ongelman sattuessa. Eniten laite sai positiivista palautetta siitä, että paikallislämmitin on kannattavaa vuokrata. Laite on vielä melko harvinainen ja etsii vielä paikkaansa markkinoilla, mutta käyttäjät uskoivat laitteeseen ja sen kannattavuuteen.

6 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli selvittää, millaisia roudansulatusmenetelmiä käytetään, ja mitkä niistä ovat yleisimpiä ja kustannustehokkaimpia. Menetelmiä oli yhteensä viisi, joista kaksi oli roudansulattamiseen keskittyneitä menetelmiä ja kolme oli roudan rikkomiseen käytettyjä menetelmiä. Osa menetelmistä on erittäin vanhoja, käytettyjä ja tunnettuja, mutta muutama menetelmä oli hieman vieraampi.

Työn tuloksina huomattiin, että routapiikkiä ei käytetä lähes laisinkaan roudanrikkomiseen. Muutamat maarakentajat käyttivät routapiikkiä koukkuna, jolla pystyi helposti nostamaan laitteita paikasta toiseen. Kaikista yleisimpinä menetelminä olivat iskuvasara ja polttoöljyllä toimiva lämmitin. Jyrsimen käyttö roudanrikkomiseen oli erittäin harvinaista. Jyrsintä käyttivät pelkästään purku-urakoitsijat, jotka käyttivät jyrsintä pääasiassa rakennusten purkamiseen, ei niinkään roudan rikkomiseen. Paikallislämmitin oli menetelmistä kaikista vierain. Menetelmänä se on vasta tulossa markkinoille.

Kustannustehokkuuden kannalta, jos vertaillaan roudansulattamiseen tarkoitettuja menetelmiä, voittaa paikallislämmitin polttoöljykäyttöisen lämmittimen. Paikallislämmitin on paljon tehokkaampi ja sulattaa yhdessä yössä paksumman routakerroksen kuin polttoöljykäyttöinen lämmitin. Paikallislämmittimessä lämpöhävikki on huomattavasti pienempi kuin polttoöljykäyttöisellä lämmittimellä, jolloin polttoainetta säästyy. Paikallislämmittimen hinta on vain erittäin korkea verrattuna polttoöljykäyttöiseen lämmitimeen, minkä takia polttoöljykäyttöinen lämmitin on suositumpi kuin paikallislämmitin. Toisaalta paikallislämmitin on melko uusi menetelmä, ja sillä pystyy suorittamaan muitakin tehtäviä kuin pelkästään roudan sulattamisen. Paikallislämmittimiä vuokrataan myös. Tällä urakoitsija voi saada osin katettua suuren alkuinvestoinnin. Vertaillen routapiikkiä ja iskuvasaraa kustannustehokkuuden kannalta on routapiikki huomattavasti halvempi kuin iskuvasara. Molemmat menetelmät saavat rikottua routaa, mutta roudan ollessa paksua on iskuvasara parempi menetelmä. Routapiikki rikkoo kaivukonetta myös huomattavasti enemmän kuin iskuvasara. Routapiikillä kaivukone repii roudan rikki, kun iskuvasaralla isketään routa rikki siinä kiinni olevalla piikillä.

Työn tulokset ovat luotettavia. Monet käyttäjäkokemukset olivat erittäin pitkäaikaisilta maarakentajilta, joilla on suuri kokemus roudanrikkomisesta. Roudansulattamiseen liittyvät tiedot ovat myös luotettavia, koska putkiasentajat, joilta kysyttiin käyttäjäko-

kemuksia, ovat käyttäneet polttoöljykäyttöisiä lämmittimiä jo monia vuosia. Paikallislämmittimen tulokset ovat paikkaansa pitäviä myös. Kävin vierailmassa paikallislämmittimiä myyvän ihmisen luona ja hän vakuutti minut laitteen kustannustehokkuudesta, tarkkuudesta, helppoudesta ja turvallisuudesta. Laitetta on myös tutkittu erittäin ankarissa olosuhteissa, joissa se suoriutui tehtävistään hyvin.

Opinnäytetyön tulosten hyödyntäminen on mielestäni mahdollista. Työmaan maaperässä, jossa on paljon putkia ja kaapeleita, on roudan sulattaminen ainoa vaihtoehto. Starra käyttää tällä hetkellä pelkästään polttoöljykäyttöisiä lämmittimiä, joiden tehottomuus ja lämpöhävikki ovat suurta luokkaa. Laitteen saaminen toimintakuntoon kestää myös melko pitkään, eikä yhdellä kerralla saada sulatettua välttämättä niin suurta aluetta kuin olisi tarve. Staralla on monia työmaita ympäri Helsinkiä, joiden maaperässä on huomattava määrä putkia ja kaapeleita, tästä syystä yhden paikallislämmittimen hankinta olisi hyvä idea. Työmaiden kappalemäärän ollessa suuri ei paikallislämmitin olisi käyttämättömänä, vaan se voitaisiin siirtää heti uudelle työmaalle, jossa sitä tarvittaisiin.

Lähteet

Kirjallisuus

- H Hartikainen, Olli-Pekka. 2000. Maarakennustekniikka. s. 21. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Helene, Lund. 1981. Maarakennusmekaniikka. s. 65-67. Espoo: Otakustantamo.
- J Jääskeläinen, Raimo – Rantamäki, Martti – Tammirinne, Markku. 1990. Geotekniikka. s.118. Vaasa: Otakustantamo.
- N Niini, Heikki - Uusinoka, Raimo – Niinimäki, Risto. 2007. Geologia ympäristötoiminnassa. s. 22. Helsinki: Multiprint.

Internet-lähteet

- E Engcon kotisivut (verkkodokumentti, viitattu 29.2.2012). Saatavissa <http://www.engcon.se/suomi/tuotteet/tyolaitteet/routapiikki.4.eeb96af128d482fbcc800053674.html>
- Europörssin kotisivut (verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa <http://www.europorssi.com/fi/2011/11/16/pidenn%C3%A4-rakennusseasonki-ymp%C3%A4rivuotiseksi-wackerin-roudansulatusj%C3%A4rjestelm%C3%A4ll%C3%A4-6>
- Eurosteel kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 16.3.20120). Saatavissa <http://www.eurosteel.fi/eurosteel%5Ccms.nsf/pages/782480136C5FDCB3C2256FDC003D48CC?opendocument>

- G GB iskuvasaran käyttöohjekirja (Verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012).
Saatavissa
http://data.iskuvasara.fi/files/resourcesmodule/@random4e2fee3534fd6/1311767900_Tseries_manual_FIN.pdf
- Geologian tutkimuskeskuksen aineisto (Verkkodokumentti, viitattu 25.2.2012). Saatavissa <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/karkearakeiset-kuvaus.htm>
- Geologian tutkimuskeskuksen aineisto (Verkkodokumentti, viitattu 25.2.2012). Saatavissa http://arkisto.gsf.fi/p31/p31_4_052.pdf
- H Hansa Machines kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 2.4.2012). Saatavissa <http://www.hansamachines.fi/sivu.aspx?taso=2&id=259>
- Hydrologia Timo Huttusen kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012). Saatavissa
http://users.jyu.fi/~thuttula/WETA150/WETA150_9.pdf
- K KH-koneet kotisivut (verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa
<http://ammattilehdet.com/KH-Koneet2011/>
- Konekeskon kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012). Saatavissa
<http://www.konekesko.com/fi/Default.aspx?tabid=6769>
- M Marakonin kotisivust (verkkodokumentti, viitattu 15.3.2012). Saatavissa
http://www.marakon.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=28&lang=fi
- Matti Nisukankaan opinnäytetyö (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012)
Saatavissa
<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9562/Nisukangas.Matti.pdf?sequence=2>

- P Polartermin kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 2.4.2012). Saatavissa <http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/siirrettavat-oljy--ja-kaasukayttoiset-ilmalammittimet/termo.html>
- R Rautionmaan Kone Oy kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 27.2.2012) Saatavissa <http://www.iskuvasara.fi/index.php?section=34>
- T Tiehallinnon kotisivut (Verkkodokumentti, viitattu 20.2.2012). Saatavissa <http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/5-roudansyvyys.pdf>
- V Vesientutkimuslaitoksen julkaisu (Verkkodokumentti, viitattu 21.2.2012). Saatavissa <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/27963/Vesientutkimuslaitoksen%20julkaisu%202020.pdf?sequence=1>

