

ROUDAN RIKKOMIS- JA SULATUSMENETELMÄT

Tuomas Viro

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2014
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

VIRO, TUOMAS:
Roudan rikkomis- ja sulatusmenetelmät

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2014

Tässä työssä tutkittiin talviolosuhteiden kestoa ja vaikutusta maanrakennushankkeessa. Lisäksi tutkittiin erilaisia roudan rikkomis- ja sulatusmenetelmiä, niiden soveltuvuuksia ja kapasiteetteja. Talven kestoa ja ominaisuuksia selvitettiin kirjallisuuslähteistä sekä internetin avulla. Eri menetelmiä tutkittiin haastatteleamalla kuutta VRJ Länsi-Suomen työpäällikköä ja työnjohtajaa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin yksilöhaastattelua lomakkeen pohjalta.

Roudan rikkomismenetelminä tutkittiin iskuvasarointia, routapiikillä repimistä sekä jysintää. Menetelmää, joka olisi kaikissa tilanteissa selvästi paras, ei löytynyt. Olosuhteet vaikuttavat voimakkaasti sopivimman rikkomismenetelmän valintaan. Routapiikki koettiin edulliseksi vaihtoehdoksi, jos routaraja ei ole kovin syvällä, muussa tapauksessa iskuvasara. Vastaajat arvioivat myös eri menetelmien työsaavutuksia. Jysimestä ei saatu kattavia tietoja roudan rikkomisessa. Routaa rikottaessa on huomioitava, ettei maassa saa olla rikkoontuvaa tekniikkaa, kuten kaapeleita tai putkia, koska niiden vaurioitumista on vaikea välttää.

Roudan sulattamisesta esiteltiin erilaisia menetelmiä. Työn tuloksena saatiin tietopaketti eri menetelmistä sekä niiden parhaista soveltuvuuskohteista. Työtä voidaan hyödyntää harkittaessa sopivinta roudan rikkomis- tai sulatusmenetelmää.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Construction Engineering
Option of Civil Engineering

VIRO, TUOMAS:

The Demolition and Defrost Methods for Ground Frost

Bachelor's thesis 55 pages, appendices 3 pages

April 2014

This thesis is a study of duration and influence of winter conditions in excavation work. Demolition and defrost methods, capacities and their suitability were also searched. The duration and properties of winter were searched in literature and in the internet. Different methods were searched by interviewing six project managers. The study was carried out by solo interviews which were based on a form.

Jumper hammer, ripper and milling machine were searched as demolition methods of ground frost. Clearly the best method was not found. Choosing the best demolition method is highly effected by the circumstances. Ripper was proven the most inexpensive option if soil frost penetration depth is not very deep. In other cases the best option is jumper hammer. The capacities of different methods were estimated by the interviewed project managers. By breaking the ground frost is important to notice technics in the ground such as cables and pipes.

Different methods were presented in defrosting the ground frost. The result of this study is a package of information of different methods and their suitability. This study can be used when considering the most suitable demolition or defrost method for ground frost.

Key words: winter, demolition of ground frost, defrosting the ground frost

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn tausta.....	7
1.2	Työn tavoitteet	7
1.3	Työn rajaukset.....	8
1.4	Tutkimusmenetelmät ja lähteet	8
2	TALVIRAKENTAMINEN SUOMESSA	9
2.1	Pakkanen	9
2.2	Routa	10
2.3	Pimeys.....	12
2.4	Yleistä talvirakentamiesesta	14
2.5	Tiivistystyöt talvella	15
3	ROUDAN RIKKOMISMENETELMÄT.....	18
3.1	Iskuvasarointi.....	18
3.2	Routapiikki.....	20
3.3	Jyrsin	21
4	ROUDAN SULATUSMENETELMÄT	23
4.1	Liikuteltavat lämpövoimalat	23
4.2	Polttoainekäyttöiset roudansulattajat	29
4.3	Lämmitysmatot	30
5	PAKKASUOJAUS.....	32
5.1	Suojapeitteet.....	32
6	ROUDAN RIKKOMIS- JA SULATUSMENETELMIEN SOVELTUVUUS	34
6.1	Tietojen kerääminen	34
6.2	Iskuvasara	34
6.3	Routapiikki.....	35
6.4	Jyrsin	36
6.5	HeatWork.....	36
6.6	Polttoainekäyttöiset roudansulattajat	37
6.7	Lämmitysmatot	37
6.8	Talvirakentaminen yleisesti	38
7	CASE-TAPAUKSET	40
7.1	Case 1. Kaupan tai muun liiketilan piha-alueen kiveystyö.....	40
7.2	Case 2. Graniittisen reunakiven asennus	42
7.3	Case 3. Betonisen kulmatukimuurin valaminen	43
7.4	Case 4. Kadun rakennekerrosten saneeraminen.....	46
8	YHTEENVETO	49

LÄHTEET.....	51
LIITTEET	53

ERITYISSANASTO

Topografia	maanpinnan muoto
Terminen talvi	vuodenaika, jolloin vuorokauden keskilämpötila laskee pysyvästi alle 0 asteen
Heatwork™	liikuteltava lämpövoimala
Rammeri	hydraulinen iskuvasara
PlayCare	Lappset Oy :n leikkikenttäpalvelupaketti

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön tilannut VRJ Länsi-Suomi on Pirkanmaan alueella toimiva yritys, jonka toimialoja ovat maa- ja vesirakentaminen, viher- ja ympäristörakentaminen, maisemasuunnittelu, kunnallistekniset työt sekä PlayCare – leikkikenttärakentaminen. VRJ Länsi-Suomi on VRJ Groupin tytäryhtiö. VRJ Group on vuonna 1981 perustettu yritys, joka nykyään työllistää 250 henkilöä konsernin sisällä ja jonka vuosittainen liikevaihto on noin 55 miljoonaa euroa.

Kuten koko maassa, myös Tampereen alueella suurin osa maanrakennustöistä tehdään kevään, kesän ja syksyn aikana. Kaluston ja työvoiman tarve on tällöin suuri. Kesällä työpäivät venyvät pitkiksi ja aikataulut ovat kireitä. Talvella taas monet työntajat joutuvat lomauttamaan tai pahimmassa tapauksessa irtisanomaan työntekijöitään, koska töitä ei ole ja koneet seisovat. Jos osan maanrakennustöistä voisi porrastaa alkavaksi talvella tai kestäväksi sen yli, työvoiman ja kaluston kuormitus tasaantuisi paremmin koko vuoden ajalle. Vaikka talvirakentamisesta kertyykin lisää kustannuksia, esimerkiksi ylitöiden pienempi määrä kesällä voisi kerryttää myös säästöjä.

Talvirakentamisen kehittäminen lyhentäisi myös urakka-aikoja, jolloin rakennettavat kohteet saataisiin aikaisemmin niille tarkoitettuun käyttöön.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia talven aiheuttamien olosuhteiden vaikutusta maanrakennushankkeeseen. Erityisesti keskityttiin routaan ja sen rikkomis- ja sulatusmenetelmiin. Tutkimuksen pohjalta haluttiin luoda tietopaketti eri menetelmistä ja niiden soveltuvuudesta. Haastatteluilla pyrittiin myös arvioimaan eri menetelmien työsaavutuksia.

Roudan sulatusmenetelmistä haluttiin keskittyä erityisesti HeatWork- järjestelmään. VRJ Länsi-Suomella on HeatWork laitteita yhteensä kolme kappaletta.

1.3 Työn rajaukset

Tämä tutkimus on rajattu käsittelemään talvirakentamista maanrakennustöissä. Työstä rajattiin pois työvaiheet, joita ei voida suorittaa talvella ollenkaan. Tällaisia ovat esimerkiksi kantavuusmittaukset, päällystystyöt sekä viimeistelytyöt. Työssä ei myöskään käsitellä työvaiheita, joihin talvi ei vaikuta. Esimerkiksi louhinta- ja murskaustyöt voidaan suorittaa lähes samalla tavalla vuodenaikasta riippumatta.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja lähteet

Tietoja talven vaikutuksesta kerättiin tähän työhön alan kirjallisuudesta. Esimerkiksi Rakennustieto Oy :n julkaisemissa RATU –korteissa on paljon tutkittua tietoa talven vaikutuksesta työn kapasiteetteihin ja eri työvaiheisiin talotyömailla. Näitä tietoja tutkimalla ja soveltamalla saadaan myös tietoa, joka soveltuu myös maanrakennustöihin.

Ilmatieteenlaitoksen tilastoista saatiin runsaasti tietoa talviajan pakkasmääristä ja talven pituudesta.

Erilaisiin roudan rikkomis- ja sulatusmenetelmiin haettiin tietoja laitteiden valmistajien kotisivuilta ja tuotekorteista sekä haastatteleamalla jälleenmyyjiä ja maahantuojia laitteiden ominaisuuksista ja soveltuvuudesta eri käyttötarkoituksiin. Syvyyttä tutkimukseen haettiin haastatteleamalla myös VRJ Länsi-Suomen työnjohtajien käyttökokemuksia eri laitteista ja menetelmistä. Tutkimusmenetelmänä käytettiin yksilöhaastattelua, joka toteutettiin kysymyslomakkeen pohjalta. Tässä opinnäytetyössä on myös käytetty kirjoittajan omia kokemuksia ja näkemyksiä, joita kertyi kuluneen talven aikana erilaisista rakennuskohteista.

Talven vaikutusta töiden kustannuksiin ja urakka-aikaan tutkittiin erilaisilla case-tapauksilla, joissa laskettiin, mitä lisäkustannuksia talvi aiheuttaa verrattuna identtiseen kesällä toteutettavaan. Tapauksia vertailemalla voitiin tutkia, kuinka paljon talvi lisää kustannuksia ja kuinka paljon se lisää työhön tarvittavaa aikaa, työvoimaa ja kalustoa.

2 TALVIRAKENTAMINEN SUOMESSA

2.1 Pakkanen

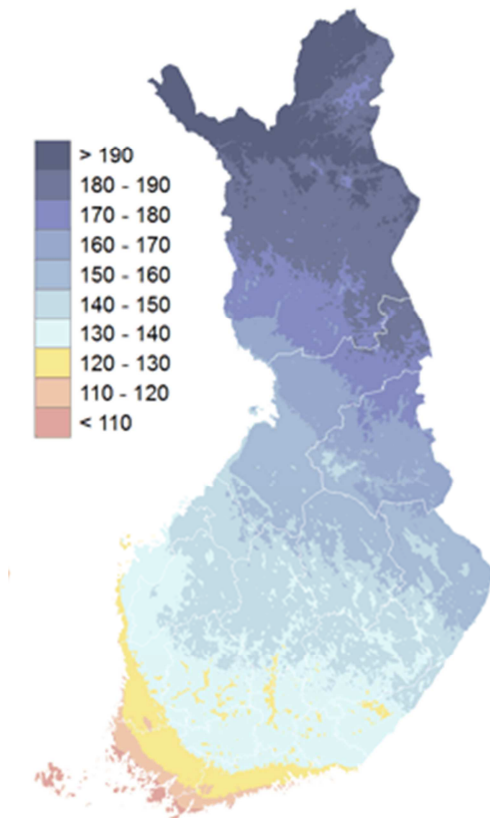
Termiset vuodenaajat määritellään vuorokauden keskilämpötilojen perusteella. Suomessa termisistä vuodenaajoista pisimpään kestää talvi ja lyhimmän aikaa kevät.

”Suomessa termisten vuodenaikojen vaihtuminen määritellään perinteisesti seuraavasti:

- kevät alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila nousee pysyvästi 0 asteen yläpuolelle
- kesä alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila nousee pysyvästi +10 asteen yläpuolelle
- syksy alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila laskee pysyvästi +10 asteen alapuolelle
- talvi alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila laskee pysyvästi 0 asteen alapuolelle

Suomessa vuodenaajan vaihtuessa keskilämpötila voi vaihdella raja-arvojen molemmiin puolin pitkäänkin, eikä vuodenaajan vaihtumisen ajankohta ole suinkaan aina yksiselitteinen” (Ilmatieteen laitos a, 2014).

Termisen talven pituus vaihtelee maamme eri osissa huomattavasti. Tampereen seudulla terminen talvi kestää keskimäärin 130 – 140 vuorokautta (kuva 1). Käytännössä tämä tarkoittaa noin kolmasosaa vuodesta.



Kuva 1. Talven keskimääräinen pituus Suomessa vuosina 1981-2010 (Ilmatieteen laitos, talvisään tilastoja 2014)

Kylmä sää voi aiheuttaa lisääntyneen työmäärän lisäksi kapasiteettien pienenemisen ja myös keskeytyksiä töihin. Esimerkiksi erilaiset töissä käytettävät muovit haurastuvat ja menettävät taipuisuutensa kun pakkasta on tarpeeksi, jolloin töitä ei voida suorittaa. Uponor Infra Oy:n teknisestä tuesta Jyrki Löppönen (2014) kertoo pakkasrajojen olevan PEH- ja PVC-putkissa kelalla toimitettaville tuotteille -15 celsius astetta ja pitkinä salkoina toimitettaville tuotteille -20 celsius astetta.

2.2 Routa

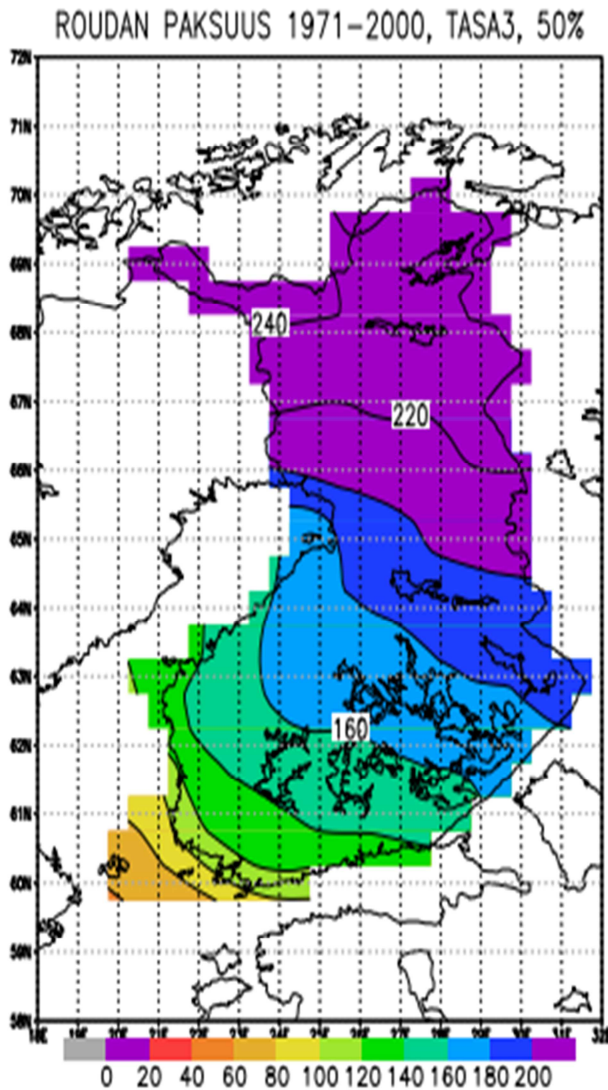
Maanrakennustöiden kannalta keskeinen talveen liittyvä tieto on maan routimis- ja routaan sulamisajankohta sekä routasyvyys (kuva 2). Maan routaantumisen alkaminen ja sulamisajankohdat noudattavat alueen paikkakunnan lumisen talven alkamis- ja päätymisajankohtia tietyllä viiveellä. Pakkasten alettua kestää jonkin aikaa, ennen kuin maa on jäänyt niin syväälle, että se aiheuttaa haittaa. Keväällä kuluu taas aikaa, ennen kuin kaikki routa on sulanut. (Kankainen ym. 1989, 19.)

Kankaisen ym. mukaan maarakennuskohteen kaivu- ja kuormaustyön työsaavutukseen roudalla on merkitystä vasta kun se on 0,4 m syvyinen. Roudan tunkeutuminen 0,4 m syvyyteen kestää 1..1,5 kk pakkasten alkamisesta ja sulaminen päättyy normaalisti 0,5..1,5 kk pakkasten loputtua. (Kankainen ym. 1989, 19.)

Roudan tunkeutumissyvyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- maalaji
- ilmasto (pakkasmäärä, vuoden keskilämpötila ja lumikerroksen paksuus)
- maan pintakasvillisuus ja topografia

Pakkasmäärä riippuu talven pakkasmäärästä ja kestosta ja se vaihtelee huomattavasti eri vuosina. (Kankainen ym. 1989, 19.)



Kuva 2. Roudan keskimääräinen paksuus (cm) lumettomilla alueilla (Ilmatieteen laitos b, 2014)

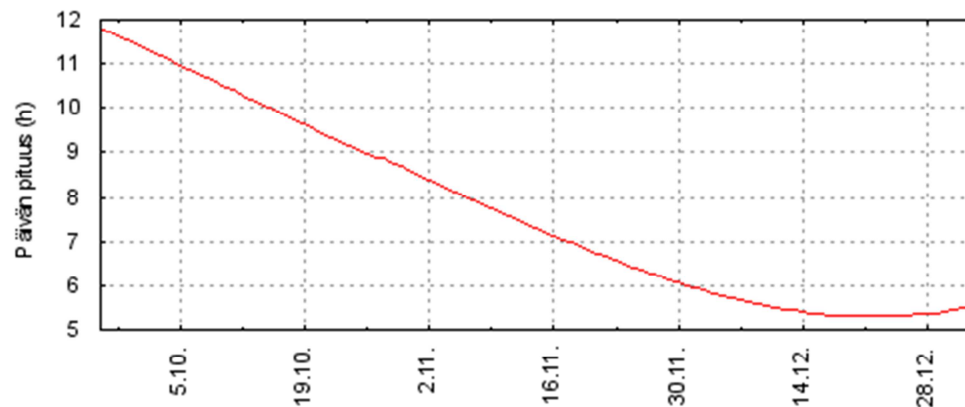
2.3 Pimeys

Pimeän ja valoisian ajan pituuksien vaihtelu johtuu siitä, että maapallo saa kiertoradallaan auringon valoa eri kuukausina eri tavalla. Maapallon kiertoakseli on kallellaan noin $23,5^\circ$ ratatasoonsa nähden. Kun akseli osoittaa auringosta poispäin, vallitsee pohjoisella pallonpuoliskolla talvi. Tilanteen ollessa toisinpäin vallitsee pohjoisessa taas kesä. Eteläisellä pallonpuoliskolla vuodenaikojen kierto on aina vastakkaisessa vaiheessa, kuin pohjoisella pallonpuoliskolla (Ilmatieteen laitos c, 2014.)

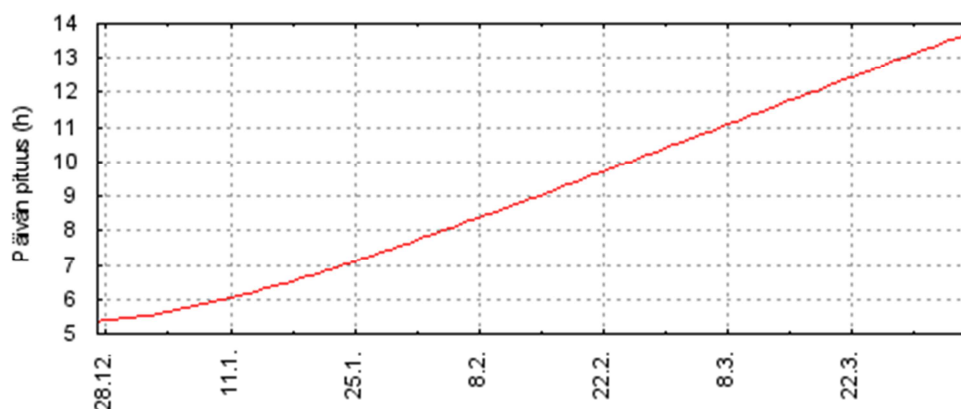
Päivä ja yö ovat samanpituiset syyspäivän tasauksena, syyskuun 21. päivän tietämillä. Päivä lyhenee siitä edelleen ja on lyhimmillään talvipäivän seisauksena noin joulukuun

21. päivänä. Tämän jälkeen valoisan ajan pituus alkaa jälleen kasvaa ja noin 90 vuorokauden kuluttua, kevätpäivän tasauksena ne ovat jälleen yhtä pitkät (Ilmatieteen laitos, tähtitieteelliset vuodenaajat 2014.)

Oheisista kuvaajista nähdään auringon nousun ja laskun välisen ajan pituus talvikuu-kausien aikana Tampereen korkeudella. Auringon nousun ja laskun välinen aika on lyhimmillään talvipäivän seisauksen aikaan, jolloin se on vain noin 5,5 tuntia (kuva 3). Päivän pituus laskee jo marraskuun ensimmäisellä viikolla alle kahdeksan tunnin (kuva 3), joka on normaalin työpäivän pituus ja nousee yli taas tammi- ja helmikuun vaihteessa (kuva 4). Sateisena tai muuten pilvisenä aikana päivän pituus on vielä lyhyempi (VantaaWeather 2014.)



Kuva 3. Päivän pituus Tampereella loppuvuonna 2013 (VantaaWeather 2014)



Kuva 4. Päivän pituus Tampereella alkuvuonna 2014 (VantaaWeather 2014)

2.4 Yleistä talvirakentamisesesta

Talvi aiheuttaa maa- ja vesirakennustöissä joko lisäkustannuksia tai säästöjä. Lisäkustannukset muodostuvat talvihaittojen, talvilisätöiden, kasvavien työmäärien ja hankkeen pitenevän keston yhteisvaikutuksesta. Säästöjä taas syntyy talvieduista. (Kankainen, Keränen, Lähteenmäki, Salmenkaita & Tervo 1989, 50.)

Talviolosuhteet lisäävät työmenekkiä sekä rakennusmateriaalien kulutusta. Lisäksi talvella koneiden ja muun kaluston tarve on suurempi. Myös energian kulutus kasvaa talvella. (Rakennustieto 2010, 1.) Kankaisen ym. (1989) mukaan esimerkiksi pintamaiden poiston syvyys lisääntyy ja tästä johtuen vastaavasti raivatulla maapohjalla tehtävien penkereiden määrä lisääntyy. Kankainen ym. (1989) listaa talven aiheuttamiksi lisätöiksi mm. lumi- ja jäätyöt, kuljetusteiden auraus sekä roudan erillinen rikkominen. Talvihaitat taas alentavat konetyö- ja työntekijöiden työsaavutuksia. Työsaavutukset pienenevät roudan, lämpötilan alenemisen ja valoisuuden vähenemisen seurauksena. Vaikutusten suuruus riippuu pitkälti suoritettavasta työstä ja olosuhteista. (Kankainen ym. 1989, 51.)

Ratu –korteissa on taulukoitu roudan syvyyden vaikutusta eri kokoisten koneiden työsaavutuksiin (taulukko 1). Pahimmillaan routa saattaa pienentää koneen työsaavutuksia jopa puoleen. Alle 17 tonnia painavien kaivinkoneiden työ voi muuttua mahdottomaksi, jos routaa on liian paksult. (Rakennustieto 2003, 2.)

TAULUKKO 1. Roudan syvyyden vaikutus kaivinkoneen työsaavutuksiin (Rakennustieto 2003, 2)

Kaivuluokka	Hydraulisen kaivukoneen paino (tonnia)					
	11	14	17	21...25	30...35	
(A) E1-E3, H1, H2, K1	95	105	115	135		m ³ itd/h
	59	66	72	84		m ³ ktr/h
(B) K2 tai (A) + routaa 40 cm	85	95	105	130	160	m ³ itd/h
	65	73	81	100	123	m ³ ktr/h
(C) H3, M1, M2 tai (B) + routaa 40–50 cm		85	95	115	150	m ³ itd/h
		57	63	77	100	m ³ ktr/h
(D) M2, M3 tai (C) + routaa 50–60 cm			80	100	135	m ³ itd/h
			53	67	90	m ³ ktr/h

Talvi aiheuttaa hankaluuksia myös töiden tahdistamisessa. Esimerkiksi kaivantaja ei voida jättää avoimiksi, koska ilman suojausta niidet pohjat jäätyisivät. Kaivinkoneen

työsaavutusten vaihtelu taas vaikeuttaa siihen liittyvän kuljetuskaluston mitoitusta työryhmien sisällä. (Kankainen ym. 1989, 51.)

Kankaisen ym. (1989) mukaan talvesta aiheutuu myös etuja. Jäätynyt maaperä kantaa paremmin esimerkiksi kuljetusteinä ja kaivualueina. Kaivantojen tuentatarve vähenee ja myös jäältä kaivaminen tulee mahdolliseksi. Edut ovat hankekohtaisia ja riippuvat suunnitelmista ja olosuhteista. (Kankainen ym. 1989, 51.) RIL 156:ssa (1995) mainitaan, että tuentatarpeen vähenemistä on kuitenkin käytettävä hyödyksi harkiten. Kaivannossa ei missään vaiheessa saa esiintyä tilannetta, jossa jäätynyt maa-aines muodostaa lipan kaivannon reunalle. Erityisesti keväällä tai sään muuten lauhtuessa saattaa esiintyä yllättäviä kaivannon seinämien sortumia. (RIL 1995, 264.)

InfraRYL :n (2012) mukaan katurakennetta tehtäessä, ennen kuin suodatinkerros voidaan tehdä, on sen pohja puhdistettava vedestä, lumesta ja jäästä. Materiaali tulee olla mahdollisimman kuivaa, eikä sen seassa saa olla lunta, jäätä tai jäätynyttä maa-ainesta. Talvella työ tulee suorittaa siten, että tiivistys tapahtuu nopeasti, jotta mahdollisimman pieni alue kerrallaan altistuu pakkasen vaikutukselle. Tiivistys voidaan suorittaa esimerkiksi 30 – 50 mm paksuinen kerros kerrallaan. Samat vaatimukset koskevat myös jakavan kerroksen rakentamista. Tehtäessä kantavaa kerrosta jäätynyt aines pitää poistaa. Jos jäätynyt materiaali kuitenkin sulatetaan tai sulaa on rakenne tiivistettävä huolellisesti ennen materiaalin levittämistä sen päälle. (InfraRYL 2012, 385-386.)

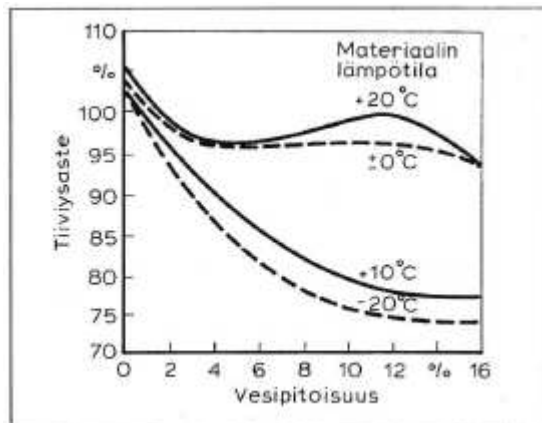
Yleensä maanrakennustyömailla käytettävässä konekalustossa on tehokkaat valot, joten päivän pituuden lyheneminen ei konetyöhön vaikuta paljon. Miestyön saavutuksia pimeys kuitenkin vähentää jonkin verran. Heti, kun valojen läheisyydestä poistutaan, esimerkiksi hakemaan tarvikkeita tai työkaluja pimeys hidastaa työn tekemistä. Pimeys myös lisää tapaturmariskiä varsinkin liikennealueilla työskenneltäessä.

2.5 Tiivistystyöt talvella

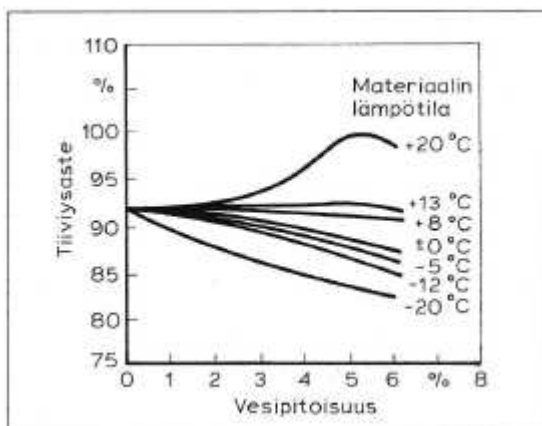
Talvi vaikuttaa tiivistystöihin oleellisesti, koska tiivistettävässä materiaalissa olevan veden käyttäytyminen muuttuu. Lämpötilan laskiessa materiaalissa olevan veden voitelevat ominaisuudet heikkenevät, jolloin sen tiivistystä parantavat tekijät muuttuvat tiivistystä haittaaviksi. Vesi myös turpoaa jäätyessään, jolloin se täyttää osan maa-

aineksen huokosista kiinteällä aineksella, jäällä, jota ei saada pois tiivistämällä ennen sen sulamista. Jos maa-aines halutaan saada johonkin tiettyyn suhteelliseen tiiviyteen, edellyttää tämä, että maa-aineksen tulee olla kokonaan sulaa (RIL 156 1995, 147.)

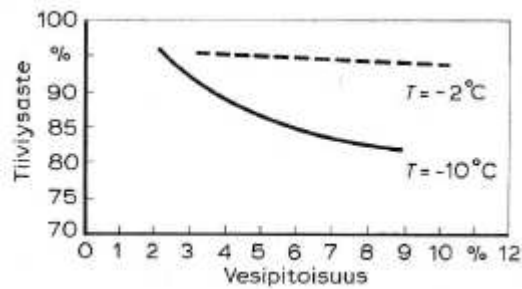
Ensimmäisestä kuvaajasta nähdään, että suodatinhiekkä on mahdollista saada normaali-lämpötilassa jopa tiiviimmäksi kuivana tai melkein kuivana jopa tiiviimmäksi, kuin mil-lään vesipitoisuudella. Soralla taas ei ole kuin yksi vesipitoisuusalue, jossa tiivistyminen lämpimässä olosuhteessa on paras mahdollinen (kuvaaja 1). Pakkasolosuhteissa ei vas-taavalla tiivistystyömäärällä voida siis saavuttaa optimitiiveyttä. Silti sora ja hiekkaval-taisilla pengermailla, joiden vesipitoisuus on tarpeeksi alhainen, on mahdollista saavut-taa laatuvaatimusten mukainen tiiveys. Kuvaajasta 3. nähdään, että jos tiivistys suori-teaan heti levitystyön jälkeen, saadaan pengeri yli $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa kaikilla vesipitoi-suusalueilla 95 % :n tiiviyteen. Sen sijaan alle $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa täytyy materiaalin olla jo suhteellisen kuivaa (alle 2,5...3,5 %) vaadittavan tiiviyksasteen saavuttamiseksi (RIL 156 1995, 148.)



KUVAAJA 1. Vesipitoisuuden vaikutus hienon hiekka-aineksen tiivistymiseen eri läm-pötiloissa (RIL 156 1995, 147)



KUVAAJA 2. Vesipitoisuuden ja lämpötilan vaikutus hiekkaisen sora-aineksen tiivistymiseen (RIL 156 1995, 147)



KUVAAJA 3. Ulkoisien lämpötilan vaikutus penkereen tiivysasteen ja vesipitoisuuden väliseen riippuvuuteen, tiivistys kumipyöräjäyrällä (RIL 156 1995, 147)

Jos tiivistystyö joudutaan suorittamaan talvella, vaikuttavat ympäröivät olosuhteet siihen voimakkaasti. Jos tiivistystyö tehdään suojasäällä, voidaan RIL 156 :n mukaan vaadittava tiivys saavuttaa levitystyön yhteydessä puskulevykoneella, levitystyön jälkeen kumipyöräjäyrällä. Jos suodatinkerros ei ole jäänyt, voidaan tiivistys suorittaa myös itsekulkevalla täryjäyrällä, jolloin myös suodatinkerros tiivistyy (RIL 156 1995, 148.)

Mikäli tiivistystyötä tehtäessä lämpötila on alle -2°C riippuu tiivistystyön onnistuneisuus ennen muuta materiaalin rakeisuudesta ja vesipitoisuudesta, tiivistystyön ajoituksesta ja kuormauskapasiteetista, tiivistyskoneesta ja materiaalin ottopaikasta ja sen etäisyydestä työmaalle. Tiivistystyö tulisi tehdä levityksen yhteydessä tai heti sen jälkeen. Materiaali ei myöskään saa päästä jäätymään sorakuopalla tai matkalla sieltä työmaalle. Sorakuopilla jäänyt maakerros pitää kuoria ennen kuormausta pois. Pidemmällä kuljetusmatkoilla kuorma tulisi peittää ja käyttää lämmitettäviä kuormalavoja (RIL 156 1995, 149.)

Talvella tiivistetyn maakerroksen tiivys yleensä kasvaa seuraavan sulan kauden aikana. Mahdollisen jälkitiivistyksen tarpeellisuuteen vaikuttaa mm. ulkoiset olosuhteet, talvella käytetty tiivistyskone, sen työskentelytapa, tiivistystyön ajoitus, tiivistetty maalaji ja sen vesipitoisuus (RIL 156 1995, 149.)

3 ROUDAN RIKKOMISMENETELMÄT

3.1 Iskuvasarointi

Hydraulinen iskuvasara (ts. rammeri) on kaivinkoneeseen kiinnitettävä lisälaitte, jonka hydrauliyksikkönä ja voimantuottajana toimii kaivinkone. Kaivinkoneisiin kiinnitettävillä iskuvasaroilla voidaan rikkoa mm. betonia, kalliota, kiveä ja routaa. Raskaan iskuvasaran terä tulee pitää kiinni purkukohteessa, koska tyhjä lyönnit rasittavat konetta. Ennen vasaroinnin aloittamista kone tuetaan paikalleen puskulevyn tai tukijalkojen avulla (Rakennustieto 2011, 15.)

Routaa rikottaessa kaivinkoneeseen kytketty rammerin piikki painetaan routaiseen maahan (kuva 5). Piikki tekee iskevää liikettä, joka murtaa routaa piikin ympäriltä pienemmiksi palasiksi, jotka voidaan myöhemmin nostella kaivinkoneen kauhalla pois kaivannosta. Irtoavien kappaleiden kokoa voidaan säädellä iskettävien pisteiden etäisyydellä. Jos kappalekokoa halutaan pienentää, tulee iskut kohdistaa pienempään ”ruutuun”.

Iskuvasaroita löytyy kaiken kokoisiin koneisiin tonnista ylöspäin aina jopa 100 tonnin koneisiin saakka. Roudan rikkomiseen käytetään yleisesti kartion (kuva 6) tai ”pyramidin” mallista iskuterää (kuva 7), joilla on hyvä tunkeutuvuus ympäröivään routaan ja aiheuttavat säröjä moneen suuntaan (Marokon 2014.)



KUVA 5. Roudan rikkomista iskuvasaralla.



KUVA 6. Kartioterä (Rammer)



KUVA 7. Pyramiditerä (Rammer)

3.2 Routapiikki

Routapiikit tai ”purkupiikit” ovat kaivinkoneeseen kauhan tilalle kiinnitettäviä lisälaitteita. Ne on muotoiltu siten, että niillä väännettäessä muodostuu maksimaalinen momentti, joka irrottaa routaa tai purettavaa rakennetta (kuva 8). Routapiikkejä on saatavilla kaikkiin 1-32 tonnin kaivinkoneisiin (Engcon Finland 2014.)



KUVA 8. Routapiikki (Engcon)

3.3 Jyrsin

Roudan rikkomisessa voidaan käyttää myös kaivinkoneen puomin päähän asennettavia poikkijyrsimiä. Kuten rammerissakin, kaivinkone toimii samalla laitteen hydrauliyksikönä. Poikkijyrsimessä laitteen päässä on pyörivä rumpu, johon on kiinnitetty kovametaallisia ”tappiteriä” (kuva 9). Samanlaisia tappiteriä käytetään myös esimerkiksi tiehöyliä terissä. Rumpujen suositeltavat pyörimisnopeudet vaihtelevat mallista riippuen 55 ja 150 rpm:n välillä. Rummun pyöriessä terät rikkovat ja hienontavat jysyttävän materiaalin hienoiksi murusiksi. Jyrsinnän jälkeen rikottu maa-aines poistetaan kauhalla kaivannosta (Hansa Machines Oy 2014.)



KUVA 9. Rumpujyrsimen rakenne (Hansa Machines)

Rumpujyrsimiä on saatavilla lähes kaikkiin koneluokkiin aina minikaivinkoneista 200 – 300 tonnin kaivinkoneisiin. Hansa Machines Oy :n toimitusjohtaja Tero Tommilan (2014) mukaan myydyimmät laitteet tulevat kuitenkin noin 16 – 20 tonnin kaivinkoneisiin, sekä traktorikaivureihin (kuva 10). Jyrsimiä käytetäänkin yleisimmin esimerkiksi kaapelointi töissä. Jyrsimiin voidaan myös vaihtaa eri levyisiä rumpuja, jonka ansiosta leveyttä voi vaihdella 0,1 – 1 metrin välillä, riippuen kaivinkoneen koosta ja tehosta.



KUVA 10. Poikkijyrsin (Hansa Machines)

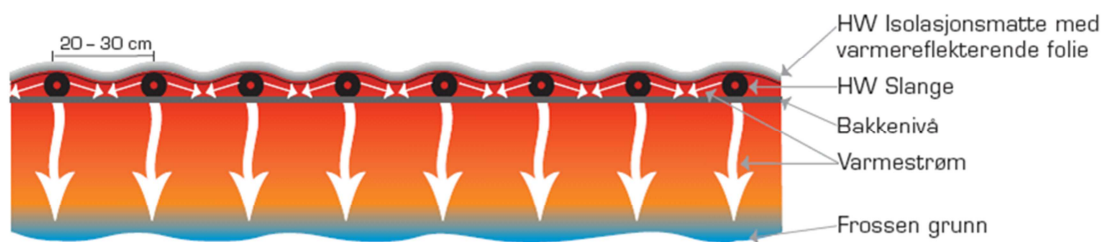
Toisin kuin iskuvasaralla tai routapiikillä jäänyt maa-aines ei irtoa ”kameina” eli suurina kappaleina. Jyrsittävän maa-aineksen ollessa esimerkiksi soraa voidaan sitä mahdollisuuksien mukaan käyttää heti uudelleen. Jyrsimellä jyrsittävä alue voidaan rajata tarkasti. Tommila kertoo, että jyrsin on myös iskuvasaraa hiljaisempi ja aiheuttaa vähemmän tärinöitä. Tosin suuret kivet ja kalliit hidastavat jyrsimen työsaavutusta huomattavasti.

4 ROUDAN SULATUSMENETELMÄT

4.1 Liikuteltavat lämpövoimat

Liikuteltavat lämpövoimat sulattavat lunta, jäätä ja routaa sulatettavan alueen päälle levitettävien letkujen avulla (kuva 11). Lämpövoimaloita on useita eri merkkejä esimerkiksi HeatWork ja Wacker Neuson. Tässä opinnäytetyössä käsitellään pääasiassa HeatWorkia, koska sen käytöstä ja kapasiteeteista oli omakohtaisia kokemuksia.

Glykolikiertoiset letkut levitetään sulatettavan alueen päälle (kuva 12), jonka jälkeen alue peitetään huolellisesti solumuovimatoilla (kuva 13). Eristemattojen tarkoituksena on eristää lämpö mahdollisimman tehokkaasti alas sulatettavaan maahan tai rakenteseen.



KUVA 11. Lämmitysletkujen toimintaperiaate (HeatWork)



KUVA 12. Glykoliletkut levitettynä sulatettavan alueen päällä.



KUVA 13. Sulatettava alue peitettynä

Putkissa virtaavan glykolin lämmittämiseen laite käyttää polttoöljykäyttöistä poltinta. Pumppujen ym. toimintaan vaadittava sähkö voidaan syöttää joko tavallisesta verkkovirrasta tai tuottaa koneen oman aggregaatin avulla. Kattiloiden lämmitystehot vaihtelevat mallista riippuen 35 kW :n ja 103 kW :n välillä. Valmistajan ilmoittama polttoaineen keskikulutus on noin 3,5 litraa tunnissa sulatettaessa 200 m² kokoista aluetta. Glykolin lämpötila on säädettävissä vanhemmissa malleissa portaattomasti aina 82 °C saakka ja uudemmissa malleissa jopa 100 °C asti (HeatWork 2014.)

Laitteita on saatavana auton perässä vedettävänä peräkärrymalleina (kuva 14) tai kuorma-autolla siirrettävinä konttimalleina. Auton perässä vedettävä malli painaa tankattuna mallista riippuen noin 2000 kg. Tämän vuoksi vetoauton tulee olla riittävän painava ja kuljettajalta vaaditaan vähintään BE-luokan ajokortti. Kuomun alle on integroitu poltin, letkukelat ja aggregaatti. Käytännössä ainoastaan suojapeitteet joudutaan kuljettamaan siis erikseen. HeatWorkeihin on saatavilla myös GPS-valvontasysteemi, joka häiriötilanteen ilmaantuessa tekee automaattisen ilmoituksen haluttuun puhelinnumeroon. Järjestelmän avulla on myös mahdollista tarkistaa glykolijärjestelmän lämpötila tarvittaessa (HeatWork 2014.)



KUVA 14. Peräkärrymallinen HeatWork.

Käytännössä HeatWorkin asentamiseen tasaisella alustalla tarvitaan kaksi henkilöä. Ensin sulatettava alue tulee puhdistaa mahdollisuuksien mukaan lumesta ja jäästä, koska niiden sulattamiseen kuluu osa energiasta, joka muussa tapauksessa sulattaisi routaa. Jos on aikomuksena käyttää laitetta verkkovirran avulla, kytketään se tässä vaiheessa. Muussa tapauksessa käynnistetään aggregaatti. Käytettäessä laitetta verkkovirralla on syytä huolehtia, ettei kukaan epähuomiossa katkaise virran saantia esimerkiksi vetämällä johdon irti pistokkeesta.

Seuraavaksi sulatettavalle alueelle levitetään glykoliletkut. Letkuja levitettäessä toinen henkilö syöttää letkuja laitteen kelalta ja toinen levittää niitä sulatettavalle alueelle. Letkut levitetään lenkkeinä, noin 20 – 30 cm etäisyydelle toisistaan. Levitettäessä on syytä huolehtia letkujen loogisesta järjestyksestä, jotta purkaminen on helpompaa. Letkujen kelaaminen sisään toistensa alta on työlästä ja aikaa vievää.

Kun letkut on laitettu, levitetään seuraavaksi lämpöpeitteet. Peitteet tulee levittää huolellisesti koko alueen päälle, sillä aukot lisäävät polttoaineen kulutusta huomattavasti ja huonontavat samalla sulatustulosta. Kun lämpömatot on asennettu, levitetään niiden

päälle vielä raskaat painomatot, jotta tuuli ei pääse liikuttamaan mattoja. Letkuja ja mattoja asennettaessa on huolehdittava, ettei letkuun tule liian jyrkkiä taitoksia, jotka estäisivät glykolin virtaamisen sen sisällä. Kun kaikki matot on asennettu, voidaan poltin kytkeä päälle. Ennen poislähtemistä on syytä seurata, että glykolin lämpötila alkaa nousta, kuten sen pitäisi. Laitteen purkaminen tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä kuin sen asentaminen.

HeatWorkiin on myös saatavana puhallin (kuva 15), jonka avulla on mahdollista lämmittää esimerkiksi rakennusten sisätiloja. Puhaltimia on saatavilla 10 kW :n ja 35 kW :n tehoisina. HeatWork liitetään puhaltimeen normaalisti sen glykoliletkuilla, jolloin itse lämpölaitos voi olla rakennuksen ulkopuolella. Letkut siirtävät virtaavan glykolin avulla laitteen tuottaman lämmön puhaltimeen, joka puhalttaa sen lopulta haluttuun tilaan.



KUVA 15. HeatWorkiin liitettävä puhallin. (HeatWork)

HeatWorkia voidaan käyttää kaikissa kohteissa, jossa routaa tarvitsee sulattaa. Letkuihin ja mattoihin perustuvan toimintansa vuoksi alueen muodolla tai tasaisuudella ei ole juurikaan merkitystä. HeatWorkilla onnistuu myös esimerkiksi luiskan lämmittäminen (kuva 16), joka muilla sulatusmenetelmillä olisi vaikeaa tai jopa mahdotonta. Sulatettavan alueen pinta-ala on myös suuri verrattuna muihin sulatusmenetelmiin. Myös laitteen integroitu aggregaatti lisää laitteen käyttömahdollisuuksia, koska sähköä ei tarvitse olla saatavilla.



KUVA 16. Luiskan sulattamista HeatWorkilla.

HeatWorkin Suomen liiketoiminnan kehityspäällikkö Jens Heinosen mukaan HeatWorkin käytöstä suurien valujen lämmittämisessä on saatu Suomessa lupaavia tuloksia. Esimerkiksi sillan kantta valettaessa valu katetaan teltalla. Perinteisesti telttaa lämmitämään tarvittaisiin kannen koosta riippuen noin viisi polttoöljykäyttöistä puhallinta. Kukin puhallin kuluttaa noin 200 litraa polttoöljyä vuorokaudessa eli yhteensä noin 1000 litraa.

HeatWorkia käytettäessä on valun lämmittämiseen kaksi vaihtoehtoa. Glykoliletkut voidaan asentaa ja peittää valun päälle, kun se on kovettunut tarpeeksi, jotta sen päällä voidaan kävellä. Toinen vaihtoehto on asentaa glykoliletkut valun sisälle jo rauditusvaiheessa. Kun letkut ovat valun sisällä, lämpö saadaan jakautumaan vielä tasaisemmin koko betoniin. HeatWorkin avulla lämpö saadaan eristettyä tehokkaasti betoniin, eikä koko teltan lämmittämiseen kulu turhaa energiaa. Lämpökamerakuvauksissa on selvinnyt että lämpö jakautuu tasaisemmin myös betonissa kuin puhaltimilla lämmittämällä. Myös polttoainekustannukset ovat huomattavasti pienemmät. Kaksi HeatWorkia kuluttaa valua lämmitettäessä noin 200 litraa vuorokaudessa (Heinonen 2014.)

4.2 Polttoainekäyttöiset roudansulattajat

Markkinoilla on saatavilla polttoöljyllä tai nestekaasulla toimivia roudansulattajia eli ”veeluja”. Näiden roudansulattajien toiminta perustuu polttoöljyllä tai nestekaasulla tuotettuun lämpöenergiaan, joka lämmittää koneen puhaltamaa ilmaa. Esimerkkinä voidaan mainita Roudax -roudansulatusjärjestelmä. Lämmin ilma johdetaan maa-alueeseen, joka halutaan sulattaa erillisiä kanavia pitkin (kuva 17). Kanavat ovat yleensä valmistettu kuumasinkitystä teräslevyistä, jotka ovat eristetty villakerroksella. Kanavien tehtävänä on estää lämmön karkaaminen ylös ulkoilmaan, jolloin kanavien sisäilman lämpötila nousee sulattaen samalla alla olevaa maakerrosta (Polartherm 2014.)

Polttoainekäyttöiset roudansulattajat soveltuvat parhaiten kapeiden kaivantojen, kuten kaapeli-, kaukolämpö- ja viemäriojien sekä perustusten kaivausten sulattamiseen. Kanavakappaleita on saatavilla 1,0 m, 1,5 m ja 2,0 m leveinä. Kanavakappaleiden tehollinen pituus on 1 m. Yhden puhaltimen teho on mitoitettu 13 metrin matkalle, kun kanaalin hyötyleveys on 1 m. Kuitenkin, jos sulatustarve on esimerkiksi 20 m, voidaan kanavan molempiin päihin asentaa oma puhallinyksikkö (HRK 2014.)

Sulatettavan alueen tulee olla tasainen, eikä se saa olla liian kalteva, jotta kanavakappaleet pysyvät paikoillaan, eikä lämmin ilma pääse karkaamaan. Roudax -järjestelmä vaatii lisäksi toimiakseen polttoöljyn lisäksi verkkovirtaa.



KUVA 17. Kaapelikaivannon sulattamista polttoöljykäyttöisellä roudansulattajalla.

4.3 Lämmitysmatot

Roudansulatusmatot (kuva 18) ovat yleensä valmistettu PVC –päällysteisestä nailonkankaasta, jonka sisällä on huokoista solumuovia. Maton sisällä kulkee sähkövastukset, jotka lämpiävät verkkovirran avulla. Jokaisessa matossa on pistotulppa. Maton liitäntäjännite on 230 v. Mattoja on saatavilla useita kokoja, yleisin kuitenkin lienee 1 x 3 m kokoinen matto. Tämän kokoinen maton teho on valmistajasta riippuen noin 1000 w. Roudansulatusmattoja käytetään yleisesti pienten alueiden sulattamiseen tai maan sulana pitoon kovilla pakkasilla. Suuri sähköntarve rajoittaa kuitenkin niiden käyttöä. Mattoja voidaan käyttää myös betonivalujen lämmittämiseen (Ebeco.)



KUVA 18. Roudansulatusmattoja

5 PAKKASUOJAUS

5.1 Suojapeitteet

Suomen rakennusinsinöörien liiton julkaisussa RIL 156 (1995) neuvotaan, että kaivannon pohja tulee suojata jäätymiseltä ja routaantumiselta. Tähän tarkoitukseen sopivat hyvin lämpöeristematot (kuva 19). Kaivannon pohja on hyvä suojata myös lumelta (RIL 156 1995, 264.)

Suojapeitteillä tarkoitetaan rakennus-, julkisivu- ja erikoispeitteitä. Suojapeitteitä käytetään mm.

- maan sulatukseen ja perusmaan ja betonin routasuojaukseen
- väliaikaisina suojina ja täydentämään muita suojausmenetelmiä
- holvi- ja laattavalujen lämpösuojauksena (Rakennustieto 2013, 6.)

Peitteiden materiaalina käytetään yleensä polyesteri- ja verkkokangasta, PVC päällysteistä tekokuitukangasta tai polyeteenimuovia. Rakennuspeitteet ovat sään ja vuodenaikojen rasitusten kestäviä ja läpäisevät huonosti auringon valoa. Peitteiden reunoissa on yleensä reunavahvistetut renkaat sekä kiinnitysnaurut käytön helpottamiseksi. (Rakennustieto (Rakennustieto 1992, 2)

Käytettäessä keveitä peitteitä tulee kiinnittää huomiota niiden paikalleen sitomiseen. Sidonnat ja kiinnitysköysien kuntoa tulee tarkkailla työmaan aikana säännöllisesti. Repeytyneet tai muuten rikkoutuneet peitteet pitää joko korjata tai vaihtaa uusiin. Peitteiden pinta tulee pitää puhtaana lumesta ja muusta peitteitä rasittavasta kuormasta. Huomioon pitää myös ottaa, että jäätyneen ja lumisen peitteen taivuttelu voi vaurioittaa peitettä. (Rakennustieto 2013, 6.)



KUVA 19. Luiskan suojausta jäätymiseltä suojapeitteillä.

6 ROUDAN RIKKOMIS- JA SULATUSMENETELMIEN SOVELTUVUUS

6.1 Tietojen kerääminen

Työssä haastateltiin VRJ Länsi-Suomen toimitusjohtaja Henrik Bosia sekä kuutta VRJ Länsi-Suomen työpäällikköä ja työnjohtajaa. Haastateltuja ovat VRJ Infran työpäällikkö Jukka Myllykangas, laskentapäällikkö Samuli Penttinen, maa- ja ympäristörakentamisesta Markus Laakso, viherrakentamisesta Vesa Tuhola sekä VRJ Infran työnjohtajat Joonas Kalin ja Perttu Vähä-Pietilä. Haastattelu toteutettiin yksilöhaastatteluna, jonka pohjana toimi tarkoitusta varten laadittu lomake.

Lomakehaastattelussa eli strukturoidussa haastattelussa haastattelu tapahtuu ennalta laadittua lomaketta apuna käyttäen. Lomakkeessa kysymysten määrä, muoto ja järjestys ovat ennalta määrätty. Valmiiksi laadittujen kysymysten avulla voidaan melko tarkasti suunnitella haastattelun kulku etukäteen. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara 1997, 208)

Kysymyksillä pyrittiin selvittämään kunkin roudan rikkomis- ja sulatusmenetelmän hyvät ja huonot puolet sekä selvittämään eri menetelmien työsaavutuksia ja soveltuvuuskohteita. Lisäksi pyrittiin selvittämään talviolosuhteiden vaikutusta rakennushankkeen kustannuksiin sekä toteutumisaikaan. Myös talven vaikutusta työhön vaadittavan ryhmän kokoon kysyttiin.

Kyselylomake lähetettiin haastateltaville etukäteen sähköpostilla. Yksi haastatelluista vastasi suoraan kirjallisesti kyselylomakkeen pohjalta. Loput haastatelluista suoritettiin yksilöhaastatteluna kasvotusten Kangasalla ja Tampereella. Vastaukset kirjoitettiin kyselyn aikana tietokoneella kysymyslomakkeeseen. Haastattelut kestivät noin 10 – 30 minuuttia.

6.2 Iskuvasara

Vastaajista viidellä oli kokemusta rammerin käytöstä roudan rikkomisessa. Vastaajat mainitsivat rammeroinnin olevan tehokas tapa rikkoa varsinkin pintaroutaa, mutta samalla myös tunnoton. Esimerkiksi, jos rikottavassa routakerroksessa on sähkö- tai tele-

kaapeleita on rammerilla lähes mahdoton varoa niiden rikkomista. Juuri tästä syystä menetelmä sopi vastaajien mielestä parhaiten neitseelliseen maastoon tai alueelle, josta tiedetään, ettei siellä sijaitse kaapeleita tai muita rikkoutuvia rakenteita. Rammerointi aiheuttaa myös tärinöitä ja halkeilua ympäröiviin rakennuksiin.

Vastaajat kertoivat iskuvasaroinnin hyväksi puoleksi sen, että rikottava maa-aines saadaan pienemmiksi palasiksi kuin esimerkiksi routapiikillä, jolloin irrotettavan materiaalin turpoaminen on pienempää. Materiaalin turpoaminen lisää muun muassa kuljetuskustannuksia huomattavasti. Vastauksista selviää myös, että rammeroitua materiaalia ei voida käyttää hyödyksi, koska se koostuu pääasiassa erikokoisista jäätyneistä kappaleista.

Kaksi vastaajista mainitsi rammeroinnin vaativan myös kuljettajalta ammattitaitoa. Iskuvasaran piikki ei saa lyödä tyhjää tai se rikkoo vasaran. Tämän välttäminen voi olla joskus vaikeaa, koska rikottu rakenne voi pitää sisällään tyhjiä aukkoja, johon piikki saattaa upota. Piikin on oltava myös riittävän pitkä, jotta sillä yletytään lyömään riittävän syvälle ilman, että jo rikottua kerrosta joudutaan kaivamaan välissä pois.

Kolme vastanneista arvioi iskuvasaran työsaavutuksen vaihtelevan olosuhteista riippuen 15 – 30 m²tr/h välillä. Kaksi vastaajista arvioi työsaavutukseksi hyvissä olosuhteissa jopa 50 – 100 m²tr/h. Kaikki vastaajat korostivat olosuhteiden, kuten roudan syvyyden ja maalajin vaikutusta työsaavutukseen. Jos routa ei ole kovin syvällä, on rammerointi nopeampaa.

6.3 Routapiikki

Kuudella vastaajista oli kokemusta routapiikin käytöstä roudan rikkomiseen. Vastaajat kertoivat routapiikin soveltuvan parhaiten, kun routa ei ole kovin syvää (yhden vastaajan mukaan 20 – 30 cm) tai se on jo osittain sulanut tai vasta jäätymässä.

Nykyisten pikakiinnikeiden ansioista routapiikki on nopea vaihtaa kauhaan ja toisinpäin. Tästä syystä routapiikki on omimmillaan olosuhteissa, joissa kauha ei aivan saa jäätynyttä maata rikki. Vastaajista kolme kertoi routapiikin olevan varmatoiminen. Routapiikin kerrottiin myös olevan tarkka ja edullinen työkalu.

Routapiikin heikkoutena mainittiin, että irrotettava materiaali on tässäkin tapauksessa käyttökelvotonta, koska se on edelleen jäässä ja irtoaa suurina kappaleina. Piikillä on myös vaikeampi hallita, minkä kokoisina kappaleina routaista maata irtoaa. Suuret kappaleet vievät auton lavalla huomattavasti enemmän tilaa, jolloin saman rakenneteoreettisen tilavuuden kuljettamiseen tarvitaan enemmän kuljetuskertoja. Tämä lisää luonnollisesti työvaiheen kustannuksia.

Routapiikin teho riippuu pitkälti koneesta, johon se on kytketty, sekä roudan paksuudesta ja maalajista. Yksi vastaajista kertoo laitteen olevan todella tehokas isoissa koneissa, mutta pienemmissä koneissa vain kohtuullisen tehokas. Vastaajien arviot routapiikin työsaavutuksesta vaihtelivat 5 – 50 m²tr välillä. Yksi vastaajista arvioi routapiikillä säästettävän jopa 50-70 m²tr tuntisaavutuksen. Kaikki vastaajat korostivat olosuhteiden vaikuttavan voimakkaasti laitteen kapasiteettiin.

6.4 Jyrsin

Haastatelluista vain yhdellä oli kokemusta jyrsimen käytöstä roudan rikkomiseen. Kokemus oli tosin kertynyt traktoriin kiinnitettävästä mallista. Vastaaja arvioi jyrsimen olevan tehokas ja nopea tapa pinnan rikkomiseen. Tosin traktorimallissa syvyys rajoittaa työtä. Jyrsin ei revi ympäröivää maastoa. Haastatellun mukaan jyrsin on parhaimmillaan kapeita kaivantoja tehtäessä, kuten esimerkiksi kaapelikaivannot. Työsaavutukseksi vastaaja arvioi noin 30 m²tr/h.

6.5 HeatWork

Seitsemästä haastatellusta kuudella oli kokemusta HeatWorkin käytöstä maan sulattamisessa. Vastaajat kertoivat laitteen olevan hyvä ja tehokas tapa sulattaa maata. Maan sulattaminen tulee kyseeseen varsinkin, kun alueella tiedetään sijaitsevan runsaasti kaapeleita tai pohjamaan tulee olla sulaa seuraavia rakenteita varten. Sulattaessaan maata HeatWork myös kuivattaa sitä, mikä hidastaa maan jälleenyjätymistä. HeatWorkin liikuteltavuutta ja kompaktia kokoa kiiteltiin. Kahdella vastaajista oli laitteesta positiivisia kokemuksia myös valujen pohjien ja betonin lämmittämisessä.

Vastauksista ilmenee, että laite on parhaimmillaan isojen alueiden sulattamisessa. Esimerkkinä mainittiin kiveystyöt. Yhden vastaajan mukaan laitteen asennus vaatii aikaa ja ammattitaitoa sekä valvontaa esimerkiksi viikonloppuisin. Myös toinen vastaaja arvioi HeatWorkin olevan työläs asentaa. Heikkoutena mainittiin myös vanhempien mallien riippuvuus verkkovirrasta: Jos laite on kytkettynä verkkovirtaan ja se yhtäkkiä katkeaa – esimerkiksi joku irrottaa epähuomiossa pistokkeen -HeatWork lopettaa toimintansa. Uudemmissa malleissa aggregaatin voi säätää käynnistymään automaattisesti, jos verkkovirta katkeaa. Laitteen sulatusteho myös putoaa, kun glykoliletkujen ja roudan välissä on yli puolimetriä sulaa maata.

Vastaajien kokemuksen mukaan maaperä vaikuttaa laitteen sulatustehoon. Mitä tiiviimpää sulatettava maa-aines on, sitä paremmin HeatWork sitä sulattaa. Kaksi vastaajista arvioi laitteen sulattavan ensimmäisen vuorokauden aikana routaa noin 50 cm syvyyteen, mikäli sulatettava maa on hiekkaa. Murskeen tyhjätilan vuoksi sulatusteho putoaa sillä noin 30 – 40 senttimetriin vuorokaudessa. Savimaiden sulattamisesta vastaajilla ei ollut kokemusta. Vastaajat kertoivat, että sulatettava maa on ensin puhdistettava lumesta ja jäästä, koska osa lämmitystehosta kuluu niiden sulattamiseen.

6.6 Polttoainekäyttöiset roudansulattajat

Vastaajista vain kolme osasivat arvioida polttoainekäyttöisten roudansulattajien ominaisuuksia ja soveltuvuutta. Menetelmän arvioitiin soveltuvan parhaiten kaapelilinjojen sekä pienien alle 10 m² alueiden sulattamiseen. Kaksi vastaaja kertoi laitteen toimivan pohjimmiltaan avotulella, joka on aina riskialtista jättää valvomatta.

Roudansulattajat ovat nopea tapa tuottaa runsaasti lämpöä. Tosin roudansulattajilla maan pintalämpö voi nousta yli 150 °C asteeseen, joka saattaa joissain tapauksissa rajoittaa töitä. Hukkalämmön osuus on myös suuri, pahimmillaan yli 30 %. Teholtaan toinen vastaajista arvioi roudansulattajien olevan samaa luokkaa, kuin HeatWork. Tosin polttoainekustannukset ovat HeatWorkiin verrattuna nelinkertaiset.

6.7 Lämmitysmatot

Kaikilla haastatelluista oli kokemusta sähkökäyttöisistä lämmitysmatoista. Haastatellut kertoivat lämmitysmattojen soveltuvan parhaiten pienten alueiden sulattamiseen lähinnä pintaroudasta sekä maan sulana pitoon kovien pakkasten aikana.

Vastausten perusteella lämmitysmatot ovat helppoja asentaa, kunhan sähköä on riittävästi saatavilla. Vastaajat kertovat juuri sähkön rajoittavan mattojen käyttöä. Tästä syystä esimerkiksi talonrakennuksen pohjatyömailla tai esimerkiksi liiketilan kiveystyömaille lämmitysmatot ovat hyviä. Matoilla voidaan myös lämmittää betonivaluja.

Lämmitysmattojen arvioitiin olevan sulatusteholtaan hieman huonompia kuin Heat-Workin. Kukaan vastaajista ei osannut arvioida, kuinka monta senttiä routaa matolla voi sulattaa vuorokaudessa. Tähänkin asiaan vaikuttavat maan ja ympäristön olosuhteet voimakkaasti. Vastaukset sulatusajoista vaihtelivat puolesta vuorokaudesta kahteen vuorokauteen, ennen kuin muita töitä voidaan aloittaa.

6.8 Talvirakentaminen yleisesti

Haastattelussa pyrittiin myös selvittämään vastaajien käsityksiä ja mielipiteitä talvirakentamisesta yleisesti. Kysymyksillä pyrittiin selvittämään, millaisia hankkeita on järkevää toteuttaa kokonaan tai osittain talvella ja kuinka paljon vastaajien kokemusten mukaan talvi lisää hankkeen kustannuksia. Haastattelussa kysyttiin myös, kasvattavatko talviolosuhteet työvoiman tarvetta verrattuna samaan tehtävään kesäaikaan.

”Maailma muuttuu, myös rakentamisessa”, kertoi yksi haastatelluista. Hankkeita ei enää yksinkertaisesti voida pysäyttää talven ajaksi. Kireät urakka-aikataulut pakottavat työt jatkumaan talven yli tai kohdistamaan niiden aloitus talviaikaan. Myös hankkeen muut työvaiheet voivat olla luonteeltaan sellaisia, että ne joudutaan toteuttamaan kesä aikaan, jolloin osa töistä joudutaan tekemään jo talvella. Yksi vastaajista kertoi työsaavutusten jopa parantuneen talvella, koska työ oli paremmin suunniteltu ja tavoitteellisempaa.

Vastaajat korostavat suunnitelmallisuuden tärkeyttä talvirakentamisessa. Jos talveen on osattu varautua jo etukäteen, ei se tule yllätyksenä, eikä tuota ongelmia. Osa töistä on jopa parempi suorittaa talvella. Vastaajien mukaan esimerkiksi louhinta- ja murskaustöihin talvi ei juuri vaikuta, ja talvella helposti häiriintyvät maat saavat lisää kantavuut-

ta. Massanvaihto töitä voidaan tehdä hyvin myös talvella. Ruoppaustöitä voidaan myös suorittaa jään päältä.

Vastaajat arvioivat talviolosuhteiden lisäävän urakan kustannuksia noin 10 – 20 %. Talvitöillä pystytään kuitenkin pitämään työntekijät töissä, jolloin lomautuksilta vältytään. Kustannusten tulisi siis ajatella jakautuvan koko vuodelle.

7 CASE-TAPAUKSET

7.1 Case 1. Kaupan tai muun liiketilan piha-alueen kiveystyö

Ensimmäisessä case-tapauksessa vertaillaan kaupan tai muun liiketilan piha-alueen kiveystöiden kustannuseron muodostumista kesällä ja talvella. Laskuissa käytettävät hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa (24%).

Oletetaan kivetettävän alueen pinta-alaksi 70 m^2 . Kiveyksen alle tehdään myös rakennekerrokset, joiden vahvuus olkoon 500 mm.

Rakennekerrokset tehdään 0-32 murskeesta, joka työmaalle tuotuna, levitettynä ja tiivistettynä maksaa noin $32 \text{ €/m}^3 \text{ rtr}$. Työn hinta on noin 12 € ja loput 20 € on murskeen hintaa. Rakennekerroksen ollessa 500 mm vahva muodostuu neliölle hinnaksi $32 \text{ €/m}^3 \text{ rtr} * 0,5 \text{ m} = 16 \text{ €/m}^2$

Rakennekerrosten päälle laitetaan 0-8 kivituhka 50 mm kerros. Sen hinnaksi levitettynä voidaan laskea $2 \text{ €/m}^3 \text{ rtr}$, joten neliölle hintaa muodostuu $2 \text{ €/m}^3 \text{ rtr} * 0,05 \text{ m} = 0,1 \text{ €/m}^2$.

Piha-alueeseen käytettävät kivet maksavat 15 €/m^2 ja niiden asennustyö mukaan lukien saumauksen 5 €/m^2 .

Kun kaikki osat lasketaan yhteen kivitykselle tulee hintaa $36,10 \text{ €/m}^2$ (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Kivetystyön kustannukset kesällä.

Osa	€/m ²
KaM 0-32	16
KaM 0-8	0,1
kiveys	15
kiveyksen asennus	20
Yhteensä	51,1

Oletetaan, että kaupan kiveystä ei ehditty tekemään, ennen kuin pakkaset yllättäen alkoivat. Kivetys joudutaan tekemään talvella, jotta liike saadaan avattua ja otettua käyt-

töön. Kivetettävää aluetta ei myöskään huomattu tai voitu peittää, joten pohjamaa on jäässä ja se on sulatettava ennen rakennekerrosten tekemistä. Lämpötila on ollut jo muutamana viikon noin -10 °celsiusa.

Ennen töiden aloittamista kivetettävä alue on puhdistettava lumesta. Lumen puhdistukseen menee kahdelta mieheltä noin 1 h. Työmiesten kustannukset tilaajalle ovat 40 €/h joten lumenluonti maksaa $2 * 40 \text{ €} = 80 \text{ €}$. Jaettuna koko alueelle lisäkustannusta kertyy neliölle $80 \text{ €} / 70 \text{ m}^2 = 1,14 \text{ €/m}^2$.

Seuraavaksi, ennen töiden aloittamista jäätynyt maapohja täytyy sulattaa. Sulattamiseen käytetään HeatWorkia. Koneen vuorokausivuokra on 550 € sisältäen koneen työmaalle tuonnin, levityksen ja purun. Lisäksi vuokrahinta pitää sisällään koneen käyttökulut, pääomakulujen lyhennykset sekä katteen joka tässä tapauksessa on noin 50 %.

Oletetaan, että routaa tässä tapauksessa on alle puolimetriä. Jotta maapohja saadaan sulaksi, koneen täytyy sitä lämmittää yksi vuorokausi. Tällöin lisäkustannus on 550 € jaettuna aleen neliöille $550 \text{ €} / 70 \text{ m}^2 = 7,86 \text{ €/m}^2$.

Kiveys pystytään asentamaan yhden työvuoron aikana, joten aluetta ei tarvitse sulattaa uudelleen tai peittää välissä.

Työn muut kustannukset pysyvät suurin piirtein samana, joten talviolosuhteista kertyneet talvilisät voidaan suoraan lisätä casen ensimmäisessä tapauksessa laskettuun neliöhintaan (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Kivetystyön kustannukset talvella.

Osa	€/m ²
Lumen luonti	1,14
Maapohjan sulatus	7,86
KaM 0-32	16
KaM 0-8	0,10
Kiveys	15
Kiveyksen asennus	20
Yhteensä	60,13

Kahta edellä olevaa tapausta vertaamalla selviää talvitöiden tuovan lisäkustannuksia 17,6 % ja lisäävän työhön kuluvaa aikaa noin vuorokaudella.

Materiaalien hintojen vaihtelut vaikuttavat sulatuksen aiheuttaman lisäkustannuksen suuruuteen. Edellä lasketussa esimerkissä lumen auraamiseen ja pohjan sulatuksen kustannukset ovat noin 15 % koko työstä. Kuitenkin jos oletetaan, että murskeen ja kiveyksen hinnat nousevat vaikka 10 % tulee kiveyksen neliöhinnaksi tuolloin 62,60 €, jolloin lumitöistä ja sulatuksesta aiheutuvat kustannukset ovat enää noin 14,4 %. Vastaavasti materiaalien hinnan lasku lisää talvilisätöiden osuutta muodostuvasta hinnasta.

7.2 Case 2. Graniittisen reunakiven asennus

Toisessa case-tapauksessa tutkitaan talven vaikutusta graniittisen reunakiven asennukseen. Oletetaan, että reunakivi asennetaan 80 metrin matkalle kadun reunaan. Tilaaja toimittaa reunakivet. Pakkasta työn aikana on noin 5-10 °c. Laskuissa käytettävät hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa (24%).

Ennen asennustyön aloittamista jäätynyttä maapohjaa sulatetaan vuorokausi HeatWorkilla 550 €/vrk, jolloin metrihinnaksi muodostuu $550 \text{ €} / 80 \text{ m} = 6,86 \text{ €/m}$.

Reunakivien vaatima ura voidaan kaivaa, kun HeatWork on purettu. Kaivutyölle hintaa tulee 5 €/m.

Reunakiven asennus maksaa 20 €/m sisältäen myös tarvittavan koneen hinnan. Reunakivi asennetaan maakostealle betonille, joka maksaa 7 €/m. Jotta betoni alkaa sitoutua tulee reunakiveä vielä jälkilämmittää HeatWorkilla vuorokauden ajan, jolle metrihintaa tulee yhtä paljon kuin sulatettaessa (6,86 €/m).

Samasta työstä jää kesällä luonnollisesti puuttumaan maan sulatus, sekä jälkilämmitys (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Graniittisen reunakiven asennustyö kesällä.

Osa	€/m
Uran kaivu	5
Asennus	20
Maakostea	7
Yhteensä	32

TAULUKKO 5. Graniittisen reunakiven asennustyö talvella.

Osa	€/m
Maan sulatus	6,86
Uran kaivu	5
Asennus	20
Maakostea	7
Jälkilämmitys	6,86
Yhteensä	45,72

Taulukoista 4 ja 5 selviää, että reunakiven asennustyö tulee maksamaan talvityönä maksaa noin 43% enemmän. Työhön kuluu sulatuksineen ja jälkilämmityksineen talvella 2 vuorokautta enemmän.

7.3 Case 3. Betonisen kulmatukimuurin valaminen

Kolmannessa case-tapauksessa tutkitaan talven tuomia lisäkustannuksia betonisen kulmatukimuurin valutöissä (kuva 20). Kohde on toteutunut Tampereen Hatanpäässä Pyhäjärven rannalla. Lohkottujen luonnonkivikappaleiden taakse valetaan 400 mm vahva betonivalu. Kerralla valettava osuus on 1 m korkea, jotta valupaineet eivät kasvaisi liian suuriksi alimman kiven kohdalla. Esimerkissä lasketaan talven aiheuttamia lisäkuluja urakassa. Hintoina käytetään yrityksen sisäisiä laskentahintoja. Seuraavassa laskussa ei ole huomioitu muottien rakennus tai purkukustannuksia. Muotituksesta aiheutuvat kustannukset eivät huomattavasti poikkea kesä tai talviolosuhteissa.

Muurista valetaan kerralla 15 m pitkä pätkä. Valun korkeus on 1 m ja leveys 400 mm. Betonia valuun menee yhteensä $15 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0,400 \text{ m} = 6 \text{ m}^3$.

Ennen valua suoritetaan muottien esilämmitys HeatWorkilla. Muotin letkuttamiseen ja peittämiseen kuluu aikaa kolmelta työmieheltä noin 1,5 h (kuva). Tuntihinta on nyt 22 €/tth, joten peittäminen maksaa $1,5 * 3 * 22 \text{ €/hht} = 99 \text{ €}$.

Muotteja lämmitetään 15 h ja HeatWork kuluttaa polttoöljyä noin 3,5 l/h. Polttoöljyn litrahinnaksi lasketaan 1 €/litra. Koneen käyttökustannuksiksi saadaan siis $3,5 \text{ €/h}$, jolloin 15 h maksaa $15 \text{ h} * 3,5 \text{ €/h} = 52,5 \text{ €}$.

Ennen valua lämmitys on väliaikaisesti purettava, tähän kolmen hengen työryhmältä aikaa kuluu noin 1 h. Hintaa kertyy $3 * 22 \text{ €/tth} = 66 \text{ €}$.

Betonin hinnaksi lasketaan pumpattuna 264 €/m^3 . Lämmitettynä se maksaa noin 6 €/m^3 enemmän. Valuun kuluva 6 m^3 betonia tulee siis maksamaan 1584 € ja lämmitettynä 1620 . Valu kestää noin 2 h ja siihen tarvitaan lisäksi kaksi työmiestä $2 \text{ h} * 2 * 22 \text{ €/tth} = 88 \text{ €}$.

Valua lämmitetään noin kaksi vuorokautta, kunnes muottien purkulujuus on saavutettu. Glykoliputkien asennus ja peittäminen (kuva 21) maksaa jälleen 99 € ja HeatWork kuluttaa polttoöljyä 48 tunnin aikana noin 168 litraa, joten kulut ovat tuolta ajalta 168 € . Kun purkulujuus on saavutettu, laitteen purkaminen kustantaa taas $3 \text{ h} * 3 * 22 \text{ €/tth} = 198 \text{ €}$. Yrityksen sisäinen vuokra koneelle on 25 €/vrk . Hinta sisältää ja konetta tarvitaan työmaalla 3 vrk, joten $3 * 25 \text{ €} = 75 \text{ €}$.

TAULUKKO 6. Kulmatukimuurin valu, jos valua ei jouduta lämmittämään.

Osa	€/m
Massa	105
Valu	6,6
Yhteensä	111,6

TAULUKKO 7. Kulmatukimuurin valu, jos valua joudutaan lämmittämään HeatWorkilla.

Osa	€/m
Esilämmityksen asennus	6,6
Lämmitys 15 h	3,50
Välipurku	4,5
Lämmitetty massa	108,00
Valu	5,87
Lämmityksen asennus	6,6
Lämmitys 48 h	11,20
Lämmityksen purku	13,2
Koneen sisäinen vuokra	5,00
Yhteensä	164,47

Kun tarkastellaan taulukoita 6 ja 7 voidaan laskea, että valun lämmityksen tarve lisää valun kustannuksia noin 47 %.



KUVA 20. Kulmatukimuurin tekemistä Tampereen Hatanpäässä.



KUVA 21. Valun peittämistä.

7.4 Case 4. Kadun rakennekerrosten saneeraminen

Neljännessä tapauksessa tutkitaan talven vaikutusta katualueen saneerauksessa. Kohteessa vaihdetaan kadun rakennekerrokset. Kadun putkirakenteita ei saneerata. Oletetaan saneerattavan katualueen pituudeksi 200 m ja leveydeksi 7 m. Kadun rakenteissa kulkee runsaasti erilaisia tele- ja sähkökaapeleita. Tästä syystä vanhat katurakenteet täytyy ensin sulattaa, koska rikottaessa routaa esimerkiksi rammerilla tai routapiikillä kaapelit vaurioituvat helposti. Esimerkiksi valokuitukaapelin korjauksen hinta vaihtelee 1500-2000 euron välillä. Tapauksessa tarkastellaan talven tuomia lisäkustannuksia työn osalta. Materiaalien oletetaan olevan saman hintaisia ympäri vuoden, joten niitä ei ole laskuissa huomioitu. Laskuissa käytettävät hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa. Hinnat ovat teknisiä, yrityksen sisäisiä hintoja, jotka eivät sisällä katetta. Työn kapasiteetit perustuvat Samuli Penttisen kokemukseen.

Työmaan toteuttamiseen tarvitaan työryhmä johon kuuluu:

- kuorma-auto 55 €/h
- kaivinkone 52 €/h
- perämies 22 €/h
- HeatWorkin sisäinen vuokra 25 €/vrk
- HeatWorkin käyttökulut 3,5 €/h

Yhteensä työryhmä maksaa 129 €/h ja 8 tunnin työvuorolle hintaa kertyy 1032 €. Kesällä työryhmän vuorokautiseksi työsaavutukseksi voidaan olettaa 10 m/tv valmista katua. Tällä tahdilla kadun valmistuminen kestää 20 työpäivää. Kun kerrotaan työpäivien määrä työvuoron hinnalla, saadaan työn hinnaksi yhteensä 20640 €.

TAULUKKO 8. Kadun rakennekerrosten saneeraus kesällä

Osa	€/h	€/tv	€/koko työ
Kaivinkone	52	416	8320
Kuorma-auto	55	440	8800
Perämies	22	176	3520
		Yhteensä	20640

Jos saman työn suorittaa talvityönä, saneerattava kadun pätkä on sulatettava. Oletetaan, että HeatWorkin kasaa sama työryhmä. Kone jätetään sulattamaan aluetta yön ajaksi, joka saadaan seuraavana päivänä tehtyä valmiiksi. Aamulla työryhmä purkaa koneen,

johon kuluu noin 1,5 h. Purkutyölle hintaa tulee siis $3 * 22 \text{ €/h} * 1,5 \text{ h} = 99 \text{ €}$. Kone asennetaan heti alueelle, joka tullaan kaivamaan seuraavana päivänä, mikäli mahdollista, jotta se ehtii sulattamaan routaa mahdollisimman pitkään. HeatWorkin kasaukseen kuluu suurin piirtein yhtä pitkä aika kuin purkamiseenkin. Työvuorolle jää näin ollen enää 5 h työaika itse kadun saneeraamiseen. Tällöin konetyön hinnaksi päivälle muodostuu $5 \text{ h} * 129 \text{ €/h} = 645 \text{ €}$ ja HeatWorkin asennus- ja purkutyön hinnaksi $2 * 99 \text{ €} = 198 \text{ €}$. HeatWorkin käyttökustannukset ovat $3,5 \text{ l/h} * 21 \text{ h} * 1,0 \text{ €/l} = 73,5 \text{ €}$ ja sisäinen vuokra 25 €/vrk . Yhteensä työvuoron hinnaksi tulee siis $645 \text{ €} + 198 \text{ €} + 73,5 \text{ €} + 25 \text{ €} = 941,5 \text{ €}$.

Koska osa työajasta kuluu HeatWorkin asentamiseen ja purkamiseen, työryhmän päivittäinen työsaavutus pienenee. Myös talven muut olosuhteet, kuten pakkanen ja pimeys hidastavat töiden suorittamista. Esimerkiksi koneita joudutaan lämmittämään pidempään. Työryhmän päivittäiseksi työsaavutukseksi voidaan siis olettaa 5 m valmista katua vuorossa, jolloin koko kadun urakka-ajaksi muodostuu $200 \text{ m} / 5 \text{ m/tv} = 40$ vuorokautta. Työvuoron hinnan ollessa $941,5 \text{ €}$ koko työn hinnaksi muodostuu 37660 € , joka on noin 82 % suurempi kuin työn hinta kesällä. Urakka-aika kasvoi kaksinkertaiseksi.

TAULUKKO 9. Kadun rakennekerrosten saneeraus talvella.

Osa	€/h	€/tv	€/koko työ
Kaivinkone	52	260	10400
Kuorma-auto	55	275	11000
Perämies	22	110	4400
HW :n purku/asennus	66	198	7920
HW :n käyttökulut	3,5	73,5	2940
HW :n sisäinen vuokra		25	1000
		Yhteensä	37660

Jotta konetyö saataisiin mahdollisimman tehokkaaksi, tulisi HeatWorkin asennus ja purku tapahtua siten, ettei se hidasta itse kaivutyötä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että HeatWorkin purku ja asennus suoritettaisiin aamulla, ennen varsinaisen työajan aloittamista.. HeatWorkin asennukseen osallistuvilla tämä tarkoittaisi 11 tunnin työvuoroa. Koneen asennus onnistuu hyvin myös kahdelta, joten HeatWorkin asennuskulut olisivat kahdelta ensimmäiseltä ylityötunnilta $1,5 * 22 \text{ €/h} * 2 \text{ h} = 66 \text{ €/henkilö}$ ja kolmannelta ylityötunnilta $2 * 22 \text{ €} = 44 \text{ €/henkilö}$. Yhteensä tämä tekee kahdelta hengeltä kustannuksia lisää $(66 \text{ €} + 44 \text{ €}) * 2 = 220 \text{ €}$.

Konetyön saavutus on nyt nopeampi, koska kaivinkonetta voidaan käyttää koko 8 tunnin työvuoron ajan. Talviolosuhteet kuitenkin vähentävät työsaavutusta edelleen jonkin verran. Oletetaan siis, että päivittäinen saavutus olisi nyt 7,5 m/tv jolloin työhön kuluu $200 \text{ m} / 7,5 \text{ m/tv} = 27$ työpäivää. Työn päivittäisen kustannuksen ollessa nyt $1032 \text{ €} + 220 \text{ €} = 1252 \text{ €}$ ja HeatWorkin käyttökustannukset $73,5 \text{ €} + 25 \text{ €}$. Koko kadunpätkän työn hinnaksi muodostuu $(1252 \text{ €} + 73,5 \text{ €} + 25 \text{ €}) * 27 = 36463,5 \text{ €}$. Tällä menetelmällä hinta on noin 77 % suurempi kuin työn kustannukset kesällä.

TAULUKKO 10. Kadun rakennekerrosten saneeraus talvella, HW :n asennus ja purku ylitöinä.

Osa	€/h	€/tv	€/koko työ
Kaivinkone	52	416	11232
Kuorma-auto	55	440	11880
Perämies	22	176	4752
HW :n purku/asennus	73,33	220	5940
HW :n käyttökulut	3,5	73,5	1984,5
HW :n sisäinen vuokra		25	675
		Yhteensä	36463,5

HeatWorkin käyttökustannukset ovat suuret, kun sulatetaan vain noin 30- 55 neliömetrin kokoinen alue kerrallaan. Työ tulisi suunnitella siten, että kerralla sulatettaisiin suurempi alue, joka tarvittaessa peitettäisiin siten, ettei se pääse jäätymään uudelleen.

8 YHTEENVETO

Tutkimuksessa ei saatu selvitettyä yksiselitteisesti talven vaikutusta rakennushankkeen kustannuksiin tai urakka-aikaan. Vaikutukset ovat hyvin tapauskohtaisia riippuen muun muassa työvaiheesta, roudan syvyydestä ja maalajista. Myös vuodet voivat olla hyvin erilaisia keskenään. Haastatelluista monella on takanaan pitkä kokemus myös talvirakentamisesta.

Haastatteluista ja kirjoittajan omista kokemuksista selvisi, että talvi tuo lähtökohtaisesti aina lisäkustannuksia ja vaikeuksia rakentamiseen. Haastateltavat arvioivat kustannusten kasvavan noin 10 – 20 %. Kuitenkin case-tapauksissa kustannukset saattoivat olla lähes kaksinkertaiset. Huolellisella suunnittelulla ja rakennushankkeen osien ajoituksella voidaan kuitenkin kustannuksia ja vaikeuksia vähentää tai jopa poistaa kokonaan. On myös väärin ajatella talvirakentamisen tuovan pelkästään lisäkustannuksia, koska kustannukset lopulta jakautuvat koko vuodelle.

Roudan rikkomismenetelmistä ei löytynyt kaikkiin olosuhteisiin parasta, vaan kaikilla menetelmillä on puolensa. Routapiikki on välineistä selvästi halvin, mutta ei sovellu tehtävään enää yhtä hyvin roudan ollessa syvällä. Iskuvasara taas on hankintahinnaltaan korkeampi, mutta roudan rikkomisessa hieman tehokkaampi. Jyrsimestä ei haastatelluissa saatu juurikaan tietoa johtuen haastateltavien vähäisistä käyttökokemuksista. Laitteiden työsaavutuksia arvioitiin haastatteluista saatujen tietojen perusteella. Roudan rikkomisen huonoja puolia ovat materiaalin jälleenkäyttökelttomuus sellaisenaan sekä suuri riski vaurioittaa maassa olevia rakenteita ja tekniikkaa.

Roudan sulatusmenetelmiä tarkasteltaessa selvisi, että sähköllä toimiva roudan sulatusmatto sopii paremmin maan sulana pitoon, kuin varsinaiseen roudan sulattamiseen. Liikuteltavat lämpövoimalat, kuten HeatWork, taas ovat monipuolisia ja tehokkaita laitteita. Ne ovat hankintahinnaltaan melko kalliita, kun huomioidaan niiden lyhyt käyttöaika vuodessa. Kuumaa ilmaa kanaviin puhaltavat sulatusjärjestelmät ovat pienien alueiden satunnaisessa sulatuksessa tehokkaita ja edullisia järjestelmiä. Paljon sulatettaessa niiden rajallinen sulatuspinta-ala, korkeat käyttökustannukset sekä avotulen aiheuttamat riskit vähentävät niiden käyttökelpoisuutta.

Tutkimusta tehdessä huomattiin, että aikaisempaa tutkimustietoa eri menetelmien kapasiteeteista ja käyttömahdollisuuksista on varsin vähän. Haastatteluista saadut arviot eri menetelmien kapasiteeteista vaihtelivat huomattavasti. Kaikki vastaajat korostivatkin olosuhteiden vaikuttavan voimakkaasti työsaavutukseen.

Tulevaisuutta ajatellen olisi hyvä kerätä tilastoitua tietoa talvella suoritetuista urakoista sekä niiden toteutuneista kustannuksista. Tämän tiedon avulla saataisiin vertailtua talvirakentamisen todellisia kustannuksia. Työmaita tulisi tutkia kokonaisuuksina, koska yksittäiseen työvaiheeseen saattaa vaikuttaa juuri sen hetkiset olosuhteet voimakkaasti. Olosuhteet voivat vaihdella myös talven aikana huomattavasti.

LÄHTEET

Bos, H. VRJ Länsi-Suomi Oy. Toimitusjohtaja. 2014. Haastateltu 1.4.2014. Haastattelija Viro, T. Kangasala.

Ebeco. 2014. Tuotekortti. Ebeco-talvituotteet.

Engcon. 2014. Tuotekortti. Routapiikki R5-30.

Hansa Machines. Tuotteet. Erkat. Poikkijyrsimet. Luettu 25.3.2014.
<http://www.hansamachines.fi/tuotteet/tyolaitteet/erkat/poikkijyrsimet>

HeatWork. 2014. Tuotteet. Luettu 13.3.2014.
<http://heatwork.com/fi/tuotteet/frostheater3/>

Heinonen, J. HeatWork Oy. Business Development Manager. 2014. Haastateltu 25.3.2014. Haastattelija Viro, T. Tampere.

Hirsjärvi S, Remes P, Sajavaara P. 1997. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

HRK. 2014. Työmaarakkaisut. Lämmitys ja sulatus. Esite.
http://www.hrk.fi/files/4813/8614/0765/Roudansulatus_Roudax.pdf

Ilmatieteen laitos a. 2014. Talvisään tilastoja. Luettu 24.2.2014.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/talvivilastot>

Ilmatieteen laitos b. 2009. ACCLIM II-hankkeen lyhyt loppuraportti. Luettu 24.2.2014
http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=94380b0f-96a0-4845-9048-40a089ac0a91&groupId=30106

Ilmatieteen laitos c. 2014. Tähtitieteelliset vuodenajat. Luettu 11.3.2014
<http://ilmatieteenlaitos.fi/tahtitieteelliset-vuodenajat>

Kalin, J. VRJ Länsi-Suomi Oy. Työnjohtaja. 2014. Haastateltu 25.3.2014. Haastattelija Viro, T. Tampere.

Kankainen J, Keränen P, Lähteenmäki J, Salmenkaita S & Tervo M. 1989. Maa- ja vesirakennushankkeen ajoitusmalli. Mänttä: Rakentajain Kustannus Oy.

Laakso, M. VRJ Länsi-Suomi. Työnjohtaja. 2014. Haastateltu 27.3.2014. Haastattelija Viro, T. Kangasala.

Löppönen, J. Uponor Infra Oy. Talotekniikan ja infran tekninen tuki. 2014. Haastateltu 19.3.2014. Haastattelija Viro, T. Tampere.

Marokon Oy. 2013. Tuoteluettelo.

Myllykangas, J. VRJ Länsi-Suomi. Työnjohtaja. 2014. Haastateltu 27.3.2014. Haastattelija Viro, T. Kangasala.

Penttinen, S. VRJ Länsi-Suomi. Laskentapäällikkö. 2014. Haastateltu 27.3.2014. Haastattelija Viro, T. Kangasala.

Polartherm. 2014. Öljyroudax. Luettu 18.3.2014
<http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/muut-siirrettavat-lammitimet-ja-kosteudenerottimet/roudansulattajat/oljyroudax.html>

Rakennustieto Oy. 1992. Ratu 07-2-06. Suojauskalusto. Sääsuojat, suojapeitteet, julkisivusuojat.

Rakennustieto Oy. 2003. Ratu 12-0248. Työlajit. Maankaivu. Menekit ja menetelmät.

Rakennustieto Oy. 2010. Ratu C8-0377. Talvityöt ja kustannukset.

Rakennustieto Oy. 2011. Ratu 82-0379. Työlajit. Purkutyö. Menekit ja menetelmät.

Rakennustieto Oy. 2012. InfraRYL.

Rakennustieto Oy. 2013. Ratu S-1232. Kone-ratu. 07 Työmaan lämmitys- ja suojauskalusto. Rakennustyömaan sääsuojaus.

Rammer. 2014. Terät. Luettu 12.3.2014
<http://www.rammer.com/fi/Ter%C3%A4t.aspx>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 1995. RIL 156 Maanrakennus. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Tommila, T. Hansa Machines Oy. Toimitusjohtaja. 2014. Haastateltu 25.3.2014. Haastattelija Viro, T. Tampere.

Tuhola, V. VRJ Länsi-Suomi. Työnjohtaja. 2014. Haastateltu 27.3.2014. Haastattelija Viro, T. Kangasala.

VantaaWeather. 2014. Auringon nousu- ja laskuajat. Luettu 11.3.2014
<http://vantaaweather.info/sun.phtml?day=now&month=now&year=now&loc=VmFudGFh>

Vähä-Pietilä, P. VRJ Länsi-Suomi Oy. Työnjohtaja. 2014. Haastateltu 27.3.2014. Haastattelija Viro, T. Tampere.

LIITTEET

Liite 1. Kyselylomake

Rammeri

- **Onko kokemusta kyseisen laitteen käytöstä roudan rikkomiseen?**
- **Laitteen hyviä ja huonoja puolia roudan rikkomisessa?**
- **Millaiseen tilanteeseen laite soveltuu mielestäsi parhaiten?**
- **Osaatko kerto laitteen työsaavutuksesta? Esim. kuinka monta m2?**

Routapiikki

- **Onko kokemusta kyseisen laitteen käytöstä roudan rikkomiseen?**
- **Laitteen hyviä ja huonoja puolia roudan rikkomisessa?**
- **Millaiseen tilanteeseen laite soveltuu mielestäsi parhaiten?**
- **Osaatko kerto laitteen työsaavutuksesta? Esim. kuinka monta m2?**

Jyrsin

- **Onko kokemusta kyseisen laitteen käytöstä roudan rikkomiseen?**
- **Laitteen hyviä ja huonoja puolia roudan rikkomisessa?**
- **Millaiseen tilanteeseen laite soveltuu mielestäsi parhaiten?**
- **Osaatko kerto laitteen työsaavutuksesta? Esim. kuinka monta m2?**

HeatWork

- **Onko kokemusta kyseisen laitteen käytöstä roudan sulattamisessa?**
- **Laitteen hyviä ja huonoja puolia roudan sulattamisessa?**
- **Millaiseen tilanteeseen laite soveltuu mielestäsi parhaiten?**
- **Osaatko kertoa laitteen tehokkuudesta? Esim. kuinka kauan laitteen on annettava toimia, ennen kuin muut työt voidaan aloittaa?**

Veelut

- **Onko kokemusta kyseisen laitteen käytöstä roudan sulattamisessa?**
- **Laitteen hyviä ja huonoja puolia roudan sulattamisessa?**
- **Millaiseen tilanteeseen laite soveltuu mielestäsi parhaiten?**
- **Osaatko kertoa laitteen tehokkuudesta? Esim. kuinka kauan laitteen on annettava toimia, ennen kuin muut työt voidaan aloittaa?**

Sähkökäyttöiset roudansulatusmatot

- **Onko kokemusta kyseisen laitteen käytöstä roudan sulattamisessa?**
- **Laitteen hyviä ja huonoja puolia roudan sulattamisessa?**
- **Millaiseen tilanteeseen laite soveltuu mielestäsi parhaiten?**
- **Osaatko kertoa laitteen tehokkuudesta? Esim. kuinka kauan laitteen on annettava toimia, ennen kuin muut työt voidaan aloittaa?**

Millaisessa tilanteessa mielestäsi rakennushankkeen aloittaminen talvella ja/tai sen jatkaminen talven yli on järkevää? Millaisia kohteita on järkevää toteuttaa talvela?

Kuinka paljon talviolosuhteet lisäävät rakennushankkeen kustannuksia/toteutumisaikaa?

Kasvattavatko talviolosuhteet työvoiman tarvetta verrattuna samaan tehtävään kesäaikaan?