

SELVITYS TUULIPUISTOSSA RAKENNETTAVASTA
TUESTÄ SUOLLE

Eero Tervämäki

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2026

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Eero Tervämäki	Vuosi	2026
Ohjaaja	Janne Poikajärvi		
Toimeksiantaja	Keski-Suomen Betonirakenne Oy		
Työn nimi	Selvitys tuulipuistossa rakennettavasta tiestä suolle		
Sivu- ja liitesivumäärä	24 + 5		

Opinnäytetyön aiheena oli tuulipuistotien rakentaminen suolle. Tarkoituksena oli tarkastella tuulipuistotien rakentamista suolle sekä käydä läpi eri rakennevaihtoehtoja tien rakentamisessa. Lisäksi työn tavoitteena oli löytää massanvaihdon syvyyden rajapinta, jossa geoverkkorakenne tulee taloudellisesti kannattavammaksi kuin perinteinen massanvaihto sekä saada toimeksiantajalla käytännön läheistä tietoa eri rakennevaihtoehtojen kustannuksista urakkalaskennan ja työsuunnittelun avuksi.

Opinnäytetyössä käsiteltiin massanvaihdon ja geoverkkorakenteen kustannuslaskennan lisäksi tuulipuistotien vaatimuksia yleisellä tasolla, perinteisen massanvaihdon peruseriaatteet ja työtavat. Lisäksi tarkasteltiin kustannuslaskennassa olleita rakennevaihtoehtoja ja geoverkon ominaisuuksia.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin laskelmien avulla määritettyä suuntaa antavat taloudelliset rajapinnat massanvaihdon syvyydestä, jossa geoverkkorakenne tulee taloudellisesti kannattavammaksi kuin perinteinen massanvaihto. Laskelmien avulla voitiin myös todeta, että pehmeälle maaperälle geoverkolla tien rakentaminen on paljon nopeampaa kuin perinteisellä massanvaihdolla. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää rakennettaessa tuulipuistotietä pehmeälle maaperälle, kun pohditaan eri rakennevaihtoehtoja.

Degree programme in Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Eero Tervamäki	Year	2026
Supervisor	Janne Poikajärvi		
Commissioned by	Keski-Suomen Betonirakenne Oy		
Subject of thesis	Study of a Wind Farm Road Built on Peatland		
Number of pages	24 + 5		

The subject of this thesis was the construction of a wind farm road on peatland. The purpose was to examine the construction of a wind farm road on peat soil and to review different structural alternatives for road construction. In addition, the aim of the study was to determine the threshold depth of mass replacement at which a geogrid structure becomes more economically viable than traditional mass replacement, as well as to provide the client with practical information on the costs of different structural alternatives to support tendering and construction planning.

In addition to cost calculations for mass replacement and geogrid structures, the thesis also addressed the general requirements for wind farm roads, as well as the basic principles and construction methods of traditional mass replacement. Furthermore, the structural alternatives included in the cost calculations and the properties of geogrids were examined.

As a result of the thesis, indicative economic threshold values for the depth of mass replacement were determined through calculations, identifying when a geogrid structure becomes more cost-effective than traditional mass replacement. The calculations also showed that, on soft soil, constructing a road using a geogrid is significantly faster than using traditional mass replacement. The results of the thesis can be utilized when evaluating different structural alternatives for wind farm roads constructed on soft soil.

Keywords

wind farm, mass replacement, geogrid

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TIEN VAATIMUKSET TUULIPUISTOSSA	7
3	MASSANVAIHDON PERIAATTEET	8
3.1	Massanvaihto yleistä	8
3.2	Vaihtoehdot kaivamalla tehtävään massanvaihtoon	8
4	GEOVERKO	11
4.1	Mitä geoverkko on?	12
4.2	Geoverkon käyttökohteet	12
4.3	Geoverkon asennus	13
5	RAKENNEVERSIOT	14
5.1	Massanvaihto louheella	14
5.2	Massanvaihto moreenilla	14
5.3	Geoverkkorakenne	15
6	LASKENNAN TULOKSET	16
6.1	Kustannusvertailu	16
6.1.1	Massanvaihto louheella	16
6.1.2	Massanvaihto moreenilla	17
6.1.3	Geoverkkorakenne	18
6.1.4	Yhteenveto	18
6.2	Työmenekit	19
7	POHDINTA	21
	LÄHTEET	23
	LIITTEET	24

ALKUSANAT

Haluan kiittää Keski-Suomen Betonirakenne Oy:tä mielenkiintoisesta aiheesta, sekä Janne Someroa ja Ilkka Niskasta työn ohjauksesta toimeksiantajan puolelta. Haluan kiittää myös ohjaavaa opettajaa Janne Poikajärveä asiantuntevasta opin- näytetyön ohjauksesta Lapin ammattikorkeakoululta.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä Keski-Suomen Betonirakenne Oy:n kanssa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää suolle rakennettavan tuulipuistotien massanvaihdon syvyyden rajapinta, jossa on taloudellisesti kannattavampi rakentaa tie geoverkkorakenteena perinteisen massanvaihdon sijaan. Työn tarkoituksena on tuottaa toimeksiantajalle selkeää tietoa tuulipuistotien rakentamisen kustannuksista suolle sekä tehtävän työn aikatauluvaikutuksista eri rakenneversioissa. Toimeksiantaja kokee tarpeelliseksi saada käytännönläheistä tietoa kustannuksista ja aikatauluvaikutuksista tien eri rakenne vaihtoehdoista urakkalaskennan ja projektin toimihenkilöille työsuunnittelun tueksi.

Opinnäytetyötä rajattiin niin, että työssä käsitellään kolme eri rakennevaihtoehtoa. Nämä vaihtoehdot ovat massanvaihdon tekeminen louheella tai moreenilla ja tien rakentaminen geoverkkorakenteen avulla.

Keski-Suomen Betonirakenne Oy on Pihtiputaalta oleva rakennusalan yritys, joka on rakentamisen kokonaistoimittaja. Yritys työllisti vuonna 2025 170 henkilöä sekä satunnaisesti useita eri aliurakoitsijoita. Yritys on tuulivoimainfran ja pysäköintilaitosten rakentamisessa yksi Suomen johtavista toimittajista sekä arvostettu erikoisosaaja hankkeiden hankeohjauksessa ja rakentamisessa. Keski-Suomen Betonirakenteella on kaksi tytäryhtiötä. Ruotsissa toimiva KSBR Sverige AB ja KSBR Rent Oy. KSBR Sverige AB työllisti vuonna 2025 75 henkilöä. KSBR Rent Oy:n tehtävänä on rakennus- ja maarakennus koneiden sekä kaluston vuokraaminen ja näiden huolto sekä kunnossapito. (Keski-Suomen Betonirakenne Oy 2025.)

2 TIEN VAATIMUKSET TUULIPUISTOSSA

Tuulipuistoon rakennettavalle tiestölle asetetaan useita vaatimuksia, jotta suurten voimalakomponenttien kuljetukset voidaan toteuttaa turvallisesti ja luotettavasti. Tiestä koskevat vaatimukset tuulipuistossa ovat aina hankekohtaisia, sillä niihin vaikuttaa voimaloiden koko. Suurin kuormitus tiestöön kohdistuu hankkeen rakennusvaiheessa, jolloin kuljetetaan raskaita ja mittavia komponentteja. Komponentit ovat jopa 80–90 metrisiä lapoja ja lisäksi tiestöllä tulee voida siirtää jopa 800–1000 tonnin nostureita. Tiestön suunnittelussa on huomioitava riittävä kantavuus, kaarteiden ja liittymien asianmukaiset kaarresäteet, mäkien pystysuuntaisen geometrian kaltevuudet sekä riittävät vapaat tilat kaarteissa teiden ulkopuolella. (Somero 2026.)

Kantavuusvaatimus tierakenteessa on minimissään 110 MN/m². Suoralla tieosuudella tien leveysvaatimus on 5 metriä. Tien leveys määräytyy turbiinityypin, tornin halkaisijan, tien kaltevuuden ja kääntökulman mukaan. Lisäksi tien reunasta pitää olla molemmin puolin vähintään 1,5 metriä tyhjää tilaa kuljetuksien leveyden vuoksi sekä ei kantavat- reunat on erotettava selkeästi. Kaistan leveyden muuttuessa on siirtymämatkan oltava vähintään 50 metriä. (Somero 2026.)

Kaarresäteisiin vaikuttaa tuulivoimalan koko. Sisäkaarresäde tiestöllä määräytyy voimalatyyppien mukaan. Sisäkaarresäde on noin 40 metristä noin 45 metriin. Risteyksissä, joista ajoneuvot ajavat vain tyhjinä, voi kaarresäde olla minimissään 25 metriä. (Somero 2026.)

Tien pinnan poikkikaltevuus saa olla enintään kaksi prosenttia. Pituussuunnassa pinnan korkeusero saa olla maksimissaan 150 mm. Pituuskaltevuuden olisi hyvä olla alle kahdeksan prosenttia, sillä pituuskaltevuuden ollessa suurempi kuin kahdeksan prosenttia, kuljetukset vaativat vetoapua. Pituuskaltevuuden kasvaessa yli 14 prosenttiin on kuljetusten onnistumiseksi tehtävä erityisjärjestelyjä. (Somero 2026.)

3 MASSANVAIHDON PERIAATTEET

3.1 Massanvaihto yleistä

Massanvaihto tehdään tilanteissa, joissa maaperän kantavuus ei ole riittävä kantamaan rakentamisesta aiheutuvia ja rakenteista maaperään kohdistuvia kuormia. Menetelmässä huonosti kantava tai lujuusominaisuuksiltaan heikko pohjamaa korvataan kantavuudeltaan ja lujuusominaisuuksiltaan paremmalla materiaalilla. Massanvaihto voidaan tehdä vaihtamalla massa osittain tai vaihtamalla huonosti kantava maa-aines kokonaan. (InfraRyl 2025a.)

Massanvaihto jaetaan perusmaan poistotavan mukaan kahteen pääryhmään. Pääryhmiä ovat massanvaihto kaivamalla tai syrjäyttämällä tehtävä massanvaihto. (InfraRyl 2025a.)

Yleensä massanvaihto tehdään täydellisenä massanvaihtona kaivamalla. Tällöin vaihdetaan kaikki pehmeät ja lujuusominaisuuksiltaan heikot maakerrokset aina kantavaan maakerrokseen asti. Syrjäyttämällä toteutettavassa massanvaihdossa tehdään alkukaivanto vaihdettaville materiaaleille. Tämä tapa vaatii jatkuvaa ylösnousevien maamassojen poistamista syrjäytymisen onnistumiseksi. (InfraRyl 2025a.)

Massanvaihtotyön aikana tulee huolehtia, että kaivannon stabiliteetti pysyy riittävänä koko massanvaihtotyön ajan. Massanvaihtokaivantoa ei suositella jätettäväksi auki pitkäksi aikaa. Kaivannon täyttötöy tulee tehdä mahdollisimman lyhyen ajan sisällä heti aukikaivuun jälkeen. Kaivannon ollessa turhaan auki on riskinä kaivannon stabiliteetin heikkeneminen, sekä kaivantoon mahdollisesti kertyvä vesi. (InfraRyl 2025a.)

3.2 Vaihtoehdot kaivamalla tehtävään massanvaihtoon

Kaivamalla tehtävässä massanvaihdossa on useita tapoja suorittaa kaivuutyö. Näitä vaihtoehtoja on etukäteen tehtävä aukikaivuu, penkereen päältä tehtävä kaivuu ja kaksivaiheinen kaivuu. (InfraRyl 2025b.)

Olosuhteiden salliessa tehdään massanvaihto etukäteen tehtävänä aukikaivuuna. Poistettava maa-aines kaivetaan edeltä pois. Tässä tapauksessa kaivava kone työskentelee kaivettavan maa-aineksen päällä, kuten kuviossa 1. Täyttötöy voidaan tehdä heti perässä aukikaivuun etenemisen tahtiin. (InfraRyl 2025a.)



Kuvio 1. Tiepohjan massanvaihdon kaivamista etukäteen aukikaivuuna.

Penkereen päältä suoritettavassa massanvaihdossa kaivava kone työskentelee penkereen päällä, johon on massat vaihdettu. Penkereen päältä kaivettaessa on varmistuttava, ettei puhdas pengermateriaali sekoitu kaivettavan maa-aineksen

kanssa. Pengermateriaali, johon on sekoittunut kaivettavaa maata pitää vaihtaa puhtaaseen materiaaliin. (InfraRyl 2025b.)

Kaksivaiheisessa massanvaihdossa aukikaivuun tehdään kahdessa kerroksessa. Tämä tapa tulee siinä tapauksessa kyseeseen, kun massanvaihdon syvyys on niin suuri, ettei kaivuuta voi tehdä yhdellä kertaa suunniteltuun kaivuutasoon saakka. (Väylävirasto 2011.)



Kuvio 2. Massanvaihdon pengertäyttö etukäteisen aukikaivuun jälkeen

4 GEOVERKO

Maarakentamisessa geoverkkoa on käytetty jo 1960- luvulta saakka. Geoverkkoa käytetään parantamaan maapohjan kantavuutta. Kun rakenteen kantavuus saadaan paremmaksi, on myös painumaerot rakenteessa pienemmät. Tämä on tärkeää niin pysyvissä kuin väliaikaisissa rakenteissa pehmeiköille rakennettaessa. Geoverkolla voidaan kantavuuden parantamisen lisäksi myös parantaa penkeen sekä luiskien stabiiliteettia. (Viacon 2021.)

Geoverkkoja voidaan käyttää neulasidottujen geotekstiilien kanssa yhdistelmälujitteena. Geoverkko lujittaa maaperää ja geotekstiili pitää maa-ainekset erillään. (Viacon 2021.)



Kuvio 3. Yhdistelmälujite asennettuna tierakenteeseen (Keski-Suomen Betonirakenne Oy 2025)

4.1 Mitä geoverkko on?

Geoverkkoja valmistetaan tyypillisesti polypropeenista, polyesteristä tai polyetyleenistä. Rakenne koostuu toisiinsa liitetyistä säikeistä, jotka muodostavat avoimen verkkorakenteen. Geoverkkoja on useilla eri vetolujuuksilla, vetolujuuksia on 20 kN/m:stä 1200 kN/m:iin asti saatavilla. (Viacon 2021.)

Vahvuus ja silmäkoko materiaalissa vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Polymeeriverkot ovat joustavia ja kestävät hyvin muodonmuutoksia. Tärkeimpiin tekniisiin ominaisuuksiin kuuluvat materiaalin vetolujuus, hyvä kemiallinen ja UV-kestävyys sekä pitkä käyttöikä. (Viacon 2021.)

Yhdistelmälujite on geoverkon ja geotekstiilin eli suodatinkankaan yhdistelmä. Yhdistelmälujitteessa yhdistyvät geoverkon maaperää lujittava, sekä suodatinkankaan suodattava ja maa-aineksia erottelevat ominaisuudet. Tyypillinen käyttötarkoitus yhdistelmälujitteelle on pohjamaan ja rakennekerroksen väliin. Tässä kohdassa yhdistelmälujite parantaa kantavuuden muodostumista rakennekerrokseen, tasaa painumaeroja sekä pitää maa-ainekset erillään. (Viacon 2021.)

4.2 Geoverkon käyttökohteet

Geoverkolla maarakentamisessa on useita eri käyttökohteita sen kustannustehokkuuden sekä nopean ja helpon asennuksen vuoksi. Näiden lisäksi geoverkolla on pitkä käyttöikä, jopa 120 vuotta luonnollisessa maaperässä. Geoverkon käyttökohteita ovat:

- teiden, katujen, rautateiden ja metsäteiden rakentaminen
- luiskien korjaus
- pengerten leventäminen
- kaatopaikkarakenteet
- tuulipuistojen tiet sekä nostopaikat
- lentokenttien, varastoalueiden ja pysäköintialueiden rakentaminen

- penkereiden rakentaminen pehmeälle pohjamaalle
- perustusten alla olevan pohjamaan vahvistaminen
- työmaatiet

(Viacon 2021.)

4.3 Geoverkon asennus

Geoverkon asennus aloitetaan rakennettavan alueen pohjan huolellisella valmistelulla. Asennuspohjalta tulee poistaa roskat ja tasoittaa epätasaisuudet. Verkko asennetaan tasaisesti valmiille pohjalle. Verkkoa limitetään vähintään 300 mm, maaperän ollessa pehmeää voi verkon limitys olla jopa 900 mm.

(Viacon 2021.)

Täyttömateriaalina käytetään yleensä 0–32 mm tai 0–63 mm mursketta. Materiaalin maksimiraekoko saa olla enintään 100 mm. Täyttötyö tulee tehdä varoen verkon päälle. Tiivistystyö tulee tehdä asteittain. Liikennöinnin voi aloittaa vasta täyttötyön jälkeen, jotta verkko ei vaurioidu.

(Viacon 2021.)



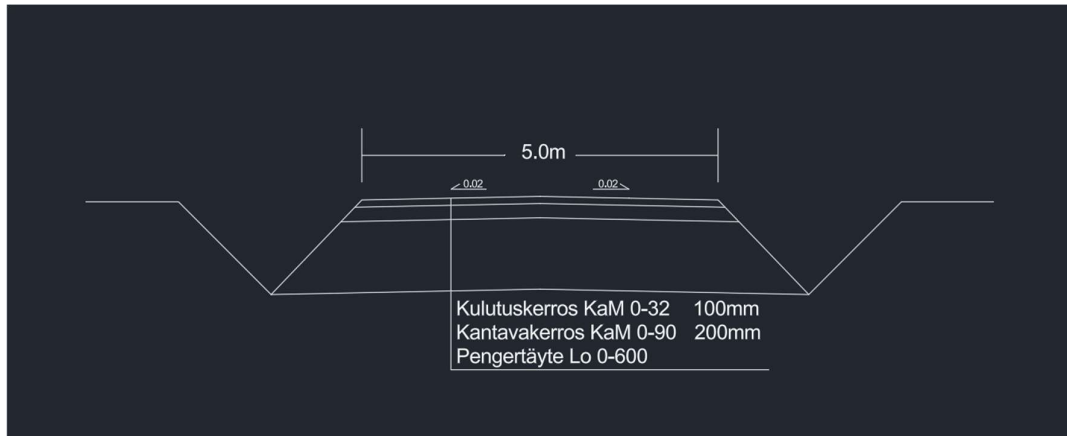
Kuvio 4. Yhdistelmälujite asennettu leikkauspinnalle ja geoverkko asennettuna jakavan kerroksen päälle (Keski-Suomen Betonirakenne Oy 2025)

5 RAKENNEVERSIOT

Tässä opinnäytetyötarkastelussa on kolme erilaista rakennevaihtoehtoa tuulipuistoon rakennettavaan tiehen, kun tie rakennetaan suolle. Vaihtoehdoista kaksi on massanvaihdon avulla tehtäviä tierakenteita ja kolmannessa vaihtoehdossa tierakenteeseen asennetaan geoverkot vahvistamaan tierakennetta.

5.1 Massanvaihto louheella

Louheella tehtävässä massanvaihdossa louhe toimii pengermateriaalina. Louhe on hyvä pengermateriaali, koska mahdollinen vesi ei vaikuta louheen kantavuuteen ja ominaisuuksiin. Louhepenger kiilataan murskeella ennen kantavan kerroksen rakentamista. Penkereen päälle tehdään 200 mm:n kantavakerros 0–90 murskeella. Kantavan kerroksen päälle tehdään 100 mm:n kulutuskerros 0–32 murskeella.

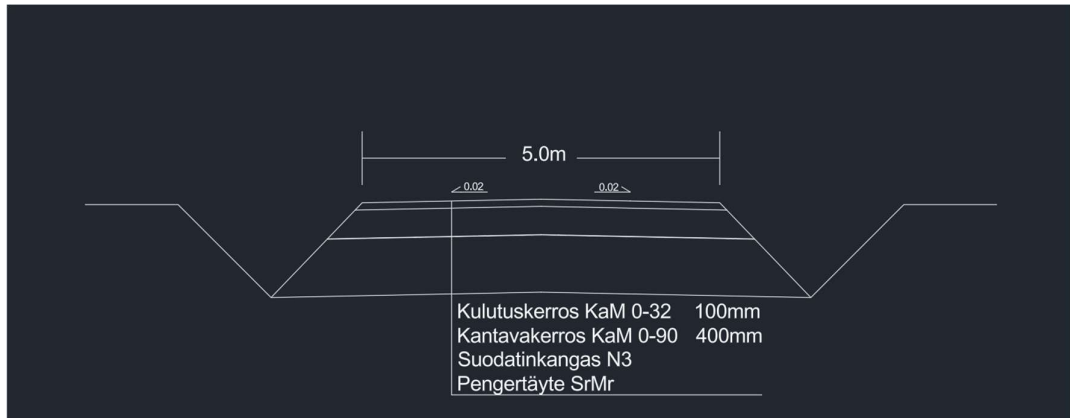


Kuvio 5. Louherakenteen poikkileikkaus

5.2 Massanvaihto moreenilla

Massanvaihdon pengeri tehdään moreenilla. Moreenipengertä tehtäessä on todella tärkeää kaivannon kuivatuksen varmistaminen täyttötöön aikana. Moreenin kantavuus heikkenee merkittävästi sen kastuessa. Penkereen päälle asennetaan N3- luokan suodatinkangas estämään kantavan kerroksen materiaalien sekoittumisen pengermateriaaliin. Kantava kerros tehdään 0–90

murskeella, kerrospaksuus on 400 mm. Kantavan kerroksen päälle tehdään 100 mm kulutuskerros 0–32 murskeella.



Kuvio 6. Moreenirakenteen poikkileikkaus

5.3 Geoverkkorakenne

Geoverkkorakenteessa leikkauspinnalle tai tässä tapauksessa suonpintaan asennetaan yhdistelmälujite. Yhdistelmälujitteen päälle tehdään 500 mm:n vahvuinen jakavakerros 0–90 murskeella. Jakavan kerroksen päälle asennetaan geolujiteverkko, jonka päälle tehdään 500 mm vahvuinen kantavakerros. Kantavan kerroksen päälle tehdään 100 mm vahvuinen kulutuskerros 0–32 murskeella.



Kuvio 7. Geoverkkorakenteen poikkileikkaus

6 LASKENNAN TULOKSET

6.1 Kustannusvertailu

Kustannusvertailussa laskettiin massanvaihdossa ja geoverkkorakenteessa käytettävien materiaalien kustannukset. Materiaalikustannusten lisäksi rakennevaihtoehdoille määritettiin työstä aiheutuvat kustannukset. Materiaalien ja koneiden kustannustiedot perustuvat aiempien tuulipuistoprojektien kustannustietoihin

Laskelmissa louheella ja moreenilla tehtävissä massanvaihdossa tienyläpinnan leveys on 5 metriä. tieluiskien kaltevuus on 1:1. Massanvaihdon pohjan leveys muodostuu tien yläpinnan leveyden, tieluiskien kaltevuuden ja massanvaihdon syvyyden mukaan. Massanvaihdon syvyydet on laskettu 0,5 metrin välein. Laskelmissa käytetyt syvyydet ovat keskimääräisiä syvyyksiä.

Geoverkkorakenteen avulla tehtävän tien yläpinnan leveys laskelmissa on 6,8 metriä ja tieluiskat on 1:1. Tien pituus on laskelmissa rajattu 100 metriin. Laskelmissa ei ole huomioitu tien kaarteita, vaan tie on laskelmissa on suora.

6.1.1 Massanvaihto louheella

Liitteissä 1–4 on laskelmat louherakenne vaihtoehdosta. Syvyydet tässä vaihtoehdossa laskettiin 1 metristä 2,5 metrin syvyyteen. Massanvaihdon täyttö on laskelmissa laskettu 0,3 metriä vahvempana, kuin leikkaus. Tällä saadaan tien pinta ylemmäksi ympäröivään maan pintaan nähden.

Leikkauksesta tulevat massat on laskelmissa ajateltu ajettavan maanläjitykseen tai mahdollisuuksien mukaan käytettäväksi tuulipuistoalueella maisemointiin. Rakenteen täyttöön käytettävien materiaalien, kuten louheen ja murskeiden hinnat ovat laskelmissa kohteeseen toimitettuna hintoja.

Leikkaustyö on ajateltu tehtävän penkereen päältä, jolloin kaivava kone voi lastata poistettavan materiaalin dumppereiden kyytiin ja vastaanottaa pengeriä

materiaalin kohteeseen. Kaivavana koneena laskelmissa on käytetty KKHt 25:ttä. Työtehona turvemaan lastauksessa on 0,0089 h/m³itd. Dumpperit ajavat menopaluu kuormina, tällä tavalla saadaan tyhjänä ajaminen vähemmäksi. Laskelmissa on ajateltu dumppereita olevan kaksi kappaletta ajossa, jotta saadaan työmenekit kohtaamaan kaivavan koneen ja kuljetuskaluston kesken. Kantava- ja kulutuskerros tehdään puskukoneella. Työtehoksi on arvioitu kantavan kerroksen tekemisessä 80 m³itd/h ja kulutuskerroksen tekemisessä 40 m³itd/h. Tiivistystyö tehdään kerroksittain tiivistäen valssijyrällä. (Rakennustieto 2018.)

6.1.2 Massanvaihto moreenilla

Moreenilla tehtävän massanvaihdon laskelmat liitteinä 5–10. Laskelmissa massanvaihdon syvyydet on laskettu yhdestä metristä kolmeen ja puoleen metriin. Täyttö on laskelmissa laskettu 0,4 metriä paksumpana, kuin massanvaihdon leikkaus.

Leikkaustyö ja moreenipenkereen rakentaminen tehdään KKHt 25:lla. Leikkausmaiden ja pengermateriaalin kuljettaminen tehdään dumppereilla. Laskelmissa on ajateltu dumppereita olevan kaksi kappaletta kuljettamassa massoja.

Penger tehdään moreenilla, joka kaivetaan tuulipuiston alueelta. Moreenin lastaus tehdään KKHt 40:lla. Tämän työteho laskelmissa on 0,0067 h/m³itd. Laskelmissa moreeni on materiaalina ilmaista. Moreenin osalta on laskettu vain työstä koituvat kustannukset. (Rakennustieto 2018.)

Penkereen päälle asennetaan N3- luokan suodatinkangas ennen kantavan kerroksen rakentamista. Kantava ja kulutus kerros tehdään puskukoneella. Murskeiden hinnat laskelmissa on materiaalit toimitettuna hintoja.

6.1.3 Geoverkkorakenne

Geoverkkorakenteen laskelma on liitteessä 10. Geoverkkorakenteessa materiaalit on laskettu kohteeseen toimitettuna- hinnoilla. Geoverkkojen avulla tehtävässä tiessä ei ole leikkaustyötä ollenkaan, joten työmenekkien laskelmissa on laskettu pelkästään murskeiden vastaanotosta ja tiivistämisestä koituvat työkustannukset. Murskeiden vastaanotto on ajateltu tehtävän KKHt 25:lla. Työtehona työmenekin laskemisessa on käytetty 83 tonnia tunnissa. Koneen työteho on saatu aiemman projektin toteutuneesta työtehosta vastaavan rakenteen rakentamisesta.

6.1.4 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää rajapinta, jossa geoverkkorakenne on taloudellisesti kannattavampi, kuin perinteiset massanvaihtovaihtoehdot. Taulukossa 8 on koottu yhteen kustannukset eri rakennevaihtoehdoista, sekä eri massanvaihtosyvyyksistä. Koontiin on laskettu materiaali ja työkustannukset, sekä rakenteiden metri ja neliö hinta.

Taulukko 8. Kustannusten koonti rakennevaihtoehdoista

Tyyppi	Materiaali	Työn kustannukset	Yhteensä	€/m	€/m ²
Geoverkko rakenne	18 488,71 €	2 693,84 €	21 182,55 €	211,83 €	31,15 €
Massanvaihto louhe 1m	10393,85	3332,17	13 726,02 €	137,26 €	27,45 €
Massanvaihto louhe 1,5m	14923,14	5073,25	19 996,39 €	199,96 €	39,99 €
Massanvaihto louhe 2m	20048,40	7036,95	27 085,35 €	270,85 €	54,17 €
Massanvaihto louhe 2,5m	25769,61	9223,57	34 993,18 €	349,93 €	69,99 €
Massanvaihto moreeni 1m	5658,86	5202,28	10861,14	108,61 €	21,72 €
Massanvaihto moreeni 1.5m	5658,86	8134,28	13793,14	137,93 €	27,59 €
Massanvaihto moreeni 2m	5658,86	11451,93	17110,78	171,11 €	34,22 €
Massanvaihto moreeni 2,5m	5658,86	15153,15	20812,01	208,12 €	41,62 €
Massanvaihto moreeni 3m	5658,86	19237,23	24896,08	248,96 €	49,79 €
Massanvaihto moreeni 3,5m	5658,86	23704,19	29363,05	293,63 €	58,73 €

Laskelmien mukaan geoverkkorakenteen kokonaishinta on 21 182,5 € ALV 0 %. Rakenteen neliöhinta on 31,15 € ALV 0 % ja metrihinta on 211,83 € ALV 0 %. Laskelmien mukaan geoverkon kannattavuuden rajapinta on 1,5 ja 2 metrin välissä, kun kyseessä on louheella tehtävä massanvaihto. Louheella tehtävän 1,5

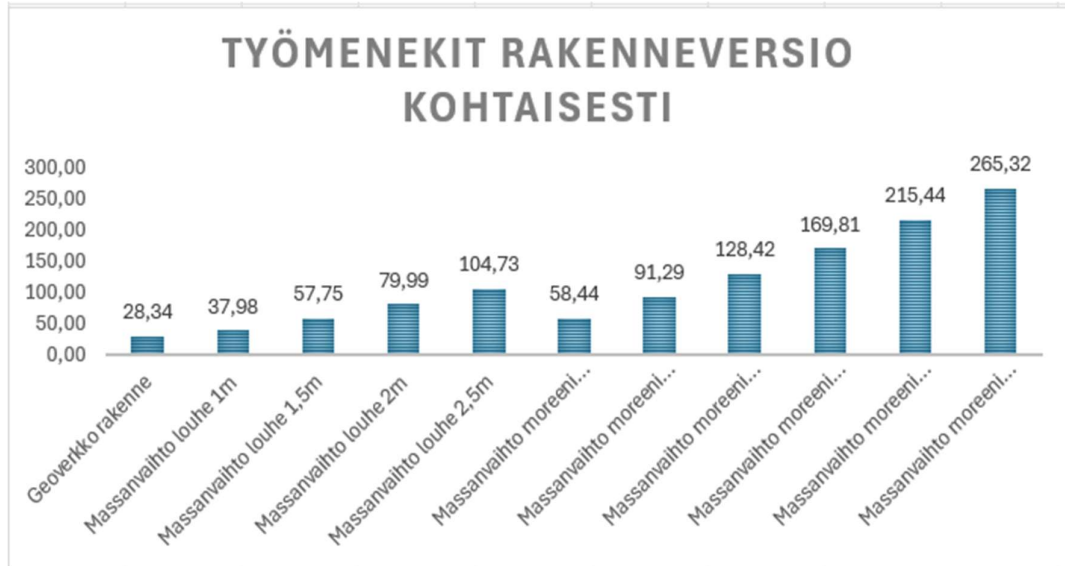
metrin vahvuisen massanvaihdon kustannukset ovat 19 996,39 € ALV 0 % ja 2 metrin vahvuisena kustannukset ovat 27 085,35 € ALV 0 %. Pengermateriaalin ollessa moreeni on rajapinta 2,5 ja 3 metrin välillä. 2,5 metrin massanvaihdon kokonaishinta laskelmissa on 20 812,01 € ALV 0 % ja 3 metrin vahvuisen kustannukset ovat 24 896,08 € ALV 0 %.

6.2 Työmenekit

Työmenekkilaskelmissa on laskettu koneiden työtunnit massanvaihdon eri työvaiheissa. Laskelmissa on leikkaustyöhön kuluvat konetyötunnit, sekä poistettavan maa-aineksen kuljetus maanläjitykseen tai muuhun sille tarkoitettuun paikkaa.

Lisäksi työmenekkeihin on laskettu tierakenteiden täyttötyöhön kuluvat konetyötunnit, moreenin lastaus, sekä maa-ainesten vastaanotto läjitysalueella. Rakenteiden tiivistystyöhön käytettävät työtunnit on sisällytetty laskelmiin. Laskelmissa ei ole huomioitu toimihenkilöiden työtunteja, eikä mahdollisten asentajien työmenekkejä geoverkkojen tai suodatinkankaiden asentamisessa.

Tien rakentaminen geoverkkojen avulla suolle tuulipuistossa on nopeaa, sillä laskelmien mukaan 100 metrin matkalle kuluu työtunteja 28,34 tuntia, joka on 25,4 prosenttia vähemmän mitä yhden metrin vahvuinen massanvaihto louheella tehtäessä. Kuvio 9:n taulukossa on laskelmien mukaiset työmenekit jokaiselle rakennevaihtoehdolle.



Kuvio 9. Työmenekit tunteina laskelmien mukaan

7 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli suolle rakennettava tie tuulipuistossa. Työssä tarkasteltiin erilaisia rakenneversiovaihtoehtoja tierakenteeksi, kun tie tehdään pehmeälle maaperälle. Tavoitteena tässä työssä oli selvittää massanvaihdon syvyyden rajapinta, jossa on taloudellisesti kannattavampi rakentaa tie geoverkkorakenteena massanvaihdon sijaan. Lisäksi työn tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajalle käytännönläheistä tietoa eri rakennevaihtoehtojen kustannuksista ja työmenekkeistä urakkalaskennan sekä työsuunnittelun tueksi. Tavoitteet tässä opinnäytetyössä toteutuivat, sillä laskelmien avulla pystyttiin määrittämään suuntaa antavat syvyydet massanvaihdolle eri pengermateriaaleilla, missä geoverkkorakenne on taloudellisesti kannattavampi.

Laskennan tuloksien mukaan massanvaihdossa pengermateriaalin ollessa louhe, geoverkkorakenteen taloudellinen rajapinta saavutetaan noin 1,5–2 metrin syvyydessä. Massanvaihdossa pengermateriaalin ollessa moreeni geoverkkorakenteen taloudellinen rajapinta saavutetaan noin 2,5–3 metrin syvyydessä. Laskelmien mukaan geoverkkorakenteen kokonaiskustannus 100 metrin pituisella tieosuudella on 21 182,55 euroa. Geoverkkorakenne on kustannustehokas ratkaisu erityisesti silloin, kun massanvaihdon syvyydet kasvavat suureksi. Suurena etuna geoverkkorakenteella on sen todella nopea ja helppo rakentaminen, sekä geoverkolla rakentaminen vaatii paljon pienemmät kone resurssit rakentamisessa kuin massanvaihdolla rakennettavat tiet pehmeälle maaperälle.

Työn tulokset tukevat havaintoja käytännön rakentamisesta siten, että geosyn-teettisiä lujitemateriaaleja hyödyntämällä voidaan nopeuttaa rakentamista erityisesti pehmeillä mailla ja säästyään suurilta massanvaihto töiltä. Tuulipuisto rakentamisessa voidaan saada merkittäviä kustannus ja aikataulu säästöjä välttämällä suurten massojen siirto massanvaihdossa.

Opinnäytetyön luotettavuutta arvioitaessa on syytä huomioida, että laskelmien kustannustiedot perustuvat aiempien projektien kustannustietoihin. Hankkeissa merkittäviä tekijöitä kustannuksiin sekä työmenekkeihin ovat työmaaolosuhteet,

rakennettavan maaperän laatu, materiaalien saatavuus sekä materiaalien kuljetusmatkat. Tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina, mutta ne antavat rakenneratkaisujen vertailulle ja urakkalaskennan alkuvaiheille hyvä perustan.

Lisätutkimuksia ajatellen olisi hyödyllistä tarkastella laajemmin eri rakennevaihtoehtoja rakennettaessa erilaisissa maaperä olosuhteissa. Tutkimuksissa olisi hyvä tarkastella kustannuksia sekä työmenekkejä erilaisilla materiaalien kuljetusetaisyyksillä ja työmaan erilaisilla logistisilla olosuhteilla. Lisäksi olisi hyvä tutkia geoverkko- rakenteiden käyttäytymistä pitkän aikavälin rakenteena tuulipuistotien rakentamisessa sekä rakenteen painumakäyttäytymistä tuulipuistotien rakenteena. Tällä saataisi lisää tietoa rakenneratkaisujen toimivuudesta erilaisissa infrarakentamisen kohteissa.

LÄHTEET

InfraRyl 2025a. 16250 Massanvaihtoon kuuluvat kaivannot. https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2025_2/16200.html#RYL-pala_ycm_mbw_chc.

InfraRyl 2025b. 16250.3.1 Massanvaihtoon kuuluvien kaivantojen tekeminen, yleistä. https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2025_2/16200.html#RYL-pala_ycm_mbw_chc.

Keski-Suomen Betonirakenne Oy 2025. Meistä. Viitattu 27.1.2026 <https://ksbr.fi/meista/>.

Rakennustieto 2018. Ratu 0441 Maankaivu. <https://ratu.rakennustieto.fi/content/441>.

Somero 2026. Aineistoja opinnäytetyöhön. Yksityinen sähköpostiviesti 19.2.2026. Viestin saaja: Eero Tervämäki.

Viacon 2021. Miten geoverkko vahvistaa maaperää. <https://viacon.fi/miten-geoverkko-vahvistaa-maaperaa/>.

Viacon 2021. Viacon geoverkko. <https://viacon.fi/geotechnical-solutions/geoverkot/>.

Viacon 2021. Viacon yhdistelmälujitteet. Viitattu 16.2.2026. <https://viacon.fi/geotechnical-solutions/yhdistelmalujitteet/>.

Väylävirasto 2011. Massanvaihdon suunnittelu. Tien pohjarakenteen suunniteluohjeet. Viitattu 16.2.2026. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121274/lo_2011-11_978-952-255-677-6.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

LIITTEET

Liite 1. Massanvaihdon kustannuslaskelma louheella tehtäessä.

Liite 2. Massanvaihdon kustannuslaskelma moreenilla tehtäessä

Liite 3. Geoverkkorakenteen kustannuslaskelma

Liite 1. 1(2) Massanvaihdon kustannuslaskelmat louheella tehtässä

1 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma louheella tehtässä.

Louhe 1 m											1:1	
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.pint.ala	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02	1,1			
	1	5	1	7	6	100	600	612	673,2			
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.pint.ala	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	m3itd/t	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,2	5,02	1	5,42	1,04	100	104,4	149,14	165,71	281,71	7,50 €	2 112,86 €
Louhe	1	5,1	1	7,1	6,1	100	610	677,78	684,62	1232,32	5,90 €	7 270,71 €
											Yhteensä:	10 393,85 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä			Kok.aik	Yksikkö hinta	Kokonais hinta		
Turve leikkaus	KKhT 25	0,0089	h/m3itd					5,99	100,00 €	599,15 €		
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	h/kuorma	21,3	31,6	kpl		12,01	80,00 €	960,81 €		
Läjitys vast.otto	KKhT 20	0,005	m3itd/h					3,37	80,00 €	269,28 €		
Louhe vastaanotto	KKhT 25	80	m3itd/h					8,56	100,00 €	855,78 €		
Kantava	PT	80	m3itd/h					2,07	100,00 €	207,14 €		
Kulutus	PT	40	m3itd/h					2,02	100,00 €	202,38 €		
Tiivistys työ	JTM	131,3	m2/h					3,96	60,00 €	237,62 €		
										Yhteensä:	3 332,17 €	
										Kustannukset yhteensä:	13 726,02 €	

1,5 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma louheella tehtässä.

Louhe 1,5 m												
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.pint.ala	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02	1,1			
	1,5	5	1	8	9,75	100	975	994,5	1093,95			
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.pint.ala	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	m3itd/t	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,2	5,02	1	5,42	1,04	100	104,4	149,14	165,71	281,71	7,50 €	2 112,86 €
Louhe	1,5	5,1	1	8,1	9,9	100	990	1100	1111,11	2000	5,90 €	11 800,00 €
											Yhteensä:	14 923,14 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä			Kok.aik	Yksikkö hinta	Kokonais hinta		
Turve leikkaus	KKhT 25	0,0089	h/m3itd					9,74	100,00 €	973,62 €		
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	Kuorma/h	21,3	51,4	kpl		19,52	80,00 €	1 561,32 €		
Läjitys vast.otto	KKhT 20	0,005	m3itd/h					5,47	80,00 €	437,58 €		
Louhe vastaanotto	KKhT 25	80	m3itd/h					13,89	100,00 €	1 388,89 €		
Kantava	PT	80	m3itd/h					2,07	100,00 €	207,14 €		
Kulutus	PT	40	m3itd/h					2,02	100,00 €	202,38 €		
Tiivistys työ	JTM	103,2	m2/h					5,04	60,00 €	302,33 €		
										Yhteensä:	5 073,25 €	
										Kustannukset yhteensä:	19 996,39 €	

2 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma louheella tehtässä.

Louhe 2 m												
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.pint.ala	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02	1,1			
	2	5	1	9	14	100	1400	1428	1570,8			
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.pint.ala	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	m3itd/t	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,2	5,02	1	5,42	1,04	100	104,4	149,14	165,71	281,71	7,50 €	2 112,86 €
Louhe	2	5,1	1	9,1	14,2	100	1420	1577,78	1593,71	2868,69	5,90 €	16 925,25 €
											Yhteensä:	20 048,40 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä			Kok.aik	Yksikkö hinta	Kokonais hinta		
Turve leikkaus	KKhT 25	0,0089	h/m3itd					13,98	100,00 €	1 398,01 €		
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	Kuorma/h	21,3	73,7	kpl		28,02	80,00 €	2 241,89 €		
Läjitys vast.otto	KKhT 20	0,005	m3itd/h					7,85	80,00 €	628,32 €		
Louhe vastaanotto	KKhT 25	80	m3itd/h					19,92	100,00 €	1 992,14 €		
Kantava	PT	80	m3itd/h					2,07	100,00 €	207,14 €		
Kulutus	PT	40	m3itd/h					2,02	100,00 €	202,38 €		
Tiivistys työ	JTM	85	m2/h					6,12	60,00 €	367,06 €		
										Yhteensä:	7 036,95 €	
										Kustannukset yhteensä:	27 085,35 €	

Liite 1. 2(2) Massanvaihdon kustannuslaskelmat louheella tehtässä

2,5 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma louheella tehtässä.

Louhe 2,5 m												
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luiska kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.pint.ala	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
	2,5	5	1	10	18,75	100	1875	1912,5	2103,75			
							Kerroin	1,02	1,1			
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luiska kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.pint.ala	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	m3itd/t	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,2	5,02	1	5,42	1,044	100	104,4	149,14	165,71	281,71	7,50 €	2 112,86 €
Louhe	2,5	5,1	1	10,1	19	100	1900	2111,11	2132,44	3838,38	5,90 €	22 646,46 €
											Yhteensä:	25 769,61 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä		Kok.aik	Yksikkö hinta	Kokonais hinta			
Turve leikkaus	KKhT 25	0,0089	h/m3itd				18,72	100,00 €	1 872,34 €			
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	Kuorma/h	21,3	98,8 kpl		37,53	80,00 €	3 002,54 €			
Läjitys vast.otto	KKhT 20	0,005	m3itd/h				10,52	80,00 €	841,50 €			
Louhe vastaanotto	KKhT 25	80	m3itd/h				26,66	100,00 €	2 665,54 €			
Kantava	PT	80	m3itd/h				2,07	100,00 €	207,14 €			
Kulutus	PT	40	m3itd/h				2,02	100,00 €	202,38 €			
Tiivistys työ	JTM	72,2	m2/h				7,20	60,00 €	432,13 €			
										Yhteensä:		9 223,57 €
										Kustannukset yhteensä:		34 993,18 €

Liite 2. 1(2) Massanvaihdon kustannuslaskelmat moreenilla tehtäessä.

1 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma moreenilla tehtäessä.

Moreeni 1 m										1:1		
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02		1,1		
	1	5		1	7	6	100	600	612	673,2		
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	Paino/tn	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,4	5,02	1	5,18	2,04	100	204	291,43	323,81	550,48	7,50 €	4 128,57 €
Suodatinkangas		5,2				100				520	1,00 €	520,00 €
Moreeni	0,9	5,18	1	6,98	5,472	100	547,2	547,20	781,71			
											Yhteensä:	5 658,86 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä	Kok.aik/h	Yksikkö hinta	Kokonais hinta				
Turve leikkaus	KKHT 25	0,0089	h/m3itd			5,99	100,00 €	599,15 €				
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	h/kuorma	21,3	31,6	kpl	12,01	80,00 €	960,81 €			
Läjitys vast.otto	KKHT 20	0,005	m3itd/h			3,37	80,00 €	269,28 €				
Moreeni lastaus	KKHT 40	0,0067	h/m3itd			5,24	120,00 €	628,50 €				
Moreeni kuljetus	TRD35	0,38	h/kuorma	21,3	36,7	kpl	13,95	80,00 €	1 115,69 €			
Moreeni vastaanotto	KKHT 25	100	m3itd/h			7,82	100,00 €	781,71 €				
Kantava	PT	80	m3itd/h			4,05	100,00 €	404,76 €				
Kulutus	PT	40	m3itd/h			2,02	100,00 €	202,38 €				
Tiivistys työ	JTM	130	m2/h			4,00	60,00 €	240,00 €				
							Yhteensä:	5 202,28 €				
							Kustannukset yhteensä:	10 861,14 €				

1,5 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma moreenilla tehtäessä.

Moreeni 1,5 m										1:1		
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02		1,1		
	1,5	5		1	8	9,75	100	975	994,5	1093,95		
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	Paino/tn	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,4	5,02	1	5,18	2,04	100	204	291,43	323,81	550,48	7,50 €	4 128,57 €
Suodatinkangas		5,2				100				520	1,00 €	520,00 €
Moreeni	1,4	5,18	1	7,98	9,21	100	921,2	921,20	1316,00			
											Yhteensä:	5 658,86 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä	Kok.aika/h	Yksikkö hinta	Kokonais hinta				
Turve leikkaus	KKHT 25	0,0089	h/m3itd			9,74	100,00 €	973,62 €				
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	h/kuorma	21,3	51,4	kpl	19,52	80,00 €	1 561,32 €			
Läjitys vast.otto	KKHT 20	0,005	m3itd/h			5,47	80,00 €	437,58 €				
Moreeni lastaus	KKHT 40	0,0067	h/m3itd			8,82	120,00 €	1 058,06 €				
Moreeni kuljetus	TRD35	0,38	h/kuorma	21,3	61,78	kpl	23,48	80,00 €	1 878,23 €			
Moreeni vastaanotto	KKHT 25	100	m3itd/h			13,16	100,00 €	1 316,00 €				
Kantava	PT	80	m3itd/h			4,05	100,00 €	404,76 €				
Kulutus	PT	40	m3itd/h			2,02	100,00 €	202,38 €				
Tiivistys työ	JTM	103,2	m2/h			5,04	60,00 €	302,33 €				
							Yhteensä:	8 134,28 €				
							Kustannukset yhteensä:	13 793,14 €				

2 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma moreenilla tehtäessä.

Moreeni 2 m										1:1		
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02		1,1		
	2	5		1	9	14	100	1400	1428	1570,8		
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	Paino/tn	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,4	5,02	1	5,18	2,04	100	204	291,43	323,81	550,48	7,50 €	4 128,57 €
Suodatinkangas		5,2				100				520	1,00 €	520,00 €
Moreeni	1,9	5,18	1	8,98	13,45	100	1345,2	1345,20	1921,71			
											Yhteensä:	5 658,86 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä	Kok.aika/h	Yksikkö hinta	Kokonais hinta				
Turve leikkaus	KKHT 25	0,0089	h/m3itd			13,98	100,00 €	1 398,01 €				
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	h/kuorma	21,3	73,7	kpl	28,02	80,00 €	2 241,89 €			
Läjitys vast.otto	KKHT 20	0,005	m3itd/h			7,85	80,00 €	628,32 €				
Moreeni lastaus	KKHT 40	0,0067	h/m3itd			12,88	120,00 €	1 545,06 €				
Moreeni kuljetus	TRD35	0,38	h/kuorma	21,3	90,2	kpl	34,28	80,00 €	2 742,73 €			
Moreeni vastaanotto	KKHT 25	100	m3itd/h			19,22	100,00 €	1 921,71 €				
Kantava	PT	80	m3itd/h			4,05	100,00 €	404,76 €				
Kulutus	PT	40	m3itd/h			2,02	100,00 €	202,38 €				
Tiivistys työ	JTM	85	m2/h			6,12	60,00 €	367,06 €				
							Yhteensä:	11 451,93 €				
							Kustannukset yhteensä:	17 110,78 €				

Liite 2. 2(2) Massanvaihdon kustannuslaskelmat moreenilla tehtäessä.

2,5 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma moreenilla tehtäessä.

Moreeni 2,5 m										1:1		
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02		1,1		
	2,5	5		1	10	18,75	1875	1912,5	2103,75			
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	Paino/tn	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,4	5,02	1	5,18	2,04	100	204	291,43	323,81	550,48	7,50 €	4 128,57 €
Suodatinkangas		5,2				100				520	1,00 €	520,00 €
Moreeni	2,4	5,18	1	9,98	18,19	100	1819,2	1819,20	2598,86			
											Yhteensä:	5 658,86 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä	Kok.aika/h	Yksikkö hinta	Kokonais hinta				
Turve leikkaus	KKHT 25	0,0089	h/m3itd			18,72	100,00 €	1 872,24 €				
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	h/kuorma	21,3	98,8	kpl	37,53	80,00 €	3 002,54 €			
Läjitys vast.otto	KKHT 20	0,005	m3itd/h			10,52	80,00 €	841,50 €				
Moreeni lastaus	KKHT 40	0,0067	h/m3itd			17,41	120,00 €	2 089,48 €				
Moreeni kuljetus	TRD35	0,38	h/kuorma	21,3	122,0	kpl	46,36	80,00 €	3 709,17 €			
Moreeni vastaanotto	KKHT 25	100	m3itd/h			25,99	100,00 €	2598,86 €				
Kantava	PT	80	m3itd/h			4,05	100,00 €	404,76 €				
Kulutus	PT	40	m3itd/h			2,02	100,00 €	202,38 €				
Tiivistys työ	JTM	72,2	m2/h			7,20	60,00 €	432,13 €				
							Yhteensä:	15 153,15 €				
							Kustannukset yhteensä:	20 812,01 €				

3 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma moreenilla tehtäessä.

Moreeni 3 m										1:1		
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02		1,1		
	3	5		1	11	24	100	2400	2448	2692,8		
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	Paino/tn	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,4	5,02	1	5,18	2,04	100	204	291,43	323,81	550,48	7,50 €	4 128,57 €
Suodatinkangas		5,2				100				520	1,00 €	520,00 €
Moreeni	2,9	5,18	1	10,98	23,43	100	2343,2	2343,20	3347,43			
											Yhteensä:	5 658,86 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä	Kok.aika/h	Yksikkö hinta	Kokonais hinta				
Turve leikkaus	KKHT 25	0,0089	h/m3itd			23,97	100,00 €	2 396,59 €				
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	h/kuorma	21,3	126,4	kpl	48,04	80,00 €	3 843,25 €			
Läjitys vast.otto	KKHT 20	0,005	m3itd/h			13,46	80,00 €	1 077,12 €				
Moreeni lastaus	KKHT 40	0,0067	h/m3itd			22,43	120,00 €	2 691,33 €				
Moreeni kuljetus	TRD35	0,38	h/kuorma	21,3	157,2	kpl	59,72	80,00 €	4 777,55 €			
Moreeni vastaanotto	KKHT 25	100	m3itd/h			33,47	100,00 €	3347,43 €				
Kantava	PT	80	m3itd/h			4,05	100,00 €	404,76 €				
Kulutus	PT	40	m3itd/h			2,02	100,00 €	202,38 €				
Tiivistys työ	JTM	62,8	m2/h			8,28	60,00 €	496,82 €				
							Yhteensä:	19 237,23 €				
							Kustannukset yhteensä:	24 896,08 €				

3,5 metrin massanvaihdon kustannuslaskelma moreenilla tehtäessä.

Moreeni 3,5m										1:1		
Leikkaus	Syvyys	Tien leveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3ktr	m3ktd	m3itd			
							Kerroin	1,02		1,1		
	3,5	5		1	12	29,75	100	2975	3034,5	3337,95		
Täyttö	Syvyys	Tienleveys	Luisa kaltevuus	Pohja leveys	Poik.leik.p	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	Paino/tn	Yksikkö hinta	Materiaali kok.hinta
Kulutus 0-32	0,1	5	1	5,2	0,51	100	51	72,86	80,95	129,52	7,80 €	1 010,29 €
Kantava 0-90	0,4	5,02	1	5,18	2,04	100	204	291,43	323,81	550,48	7,50 €	4 128,57 €
Suodatinkangas		5,2				100				520	1,00 €	520,00 €
Moreeni	3,4	5,18	1	11,98	29,17	100	2917,2	2917,20	4167,43			
											Yhteensä:	5 658,86 €
Työvaihe	Kone	Työmenekki	Yksikkö	Lava til. m3itd	Kuorma määrä	Kok.aika/h	Yksikkö hinta	Kokonais hinta				
Turve leikkaus	KKHT 25	0,0089	h/m3itd			29,71	100,00 €	2 970,78 €				
Turve, kuljetus läjitykseen	TRD 35	0,38	h/kuorma	21,3	156,7	kpl	59,55	80,00 €	4 764,02 €			
Läjitys vast.otto	KKHT 20	0,005	m3itd/h			16,69	80,00 €	1 335,18 €				
Moreeni lastaus	KKHT 40	0,0067	h/m3itd			27,92	120,00 €	3 350,61 €				
Moreeni kuljetus	TRD35	0,38	h/kuorma	21,3	195,7	kpl	74,35	80,00 €	5 947,88 €			
Moreeni vastaanotto	KKHT 25	100	m3itd/h			41,67	100,00 €	4167,43 €				
Kantava	PT	80	m3itd/h			4,05	100,00 €	404,76 €				
Kulutus	PT	40	m3itd/h			2,02	100,00 €	202,38 €				
Tiivistys työ	JTM	55,6	m2/h			9,35	60,00 €	561,15 €				
							Yhteensä:	23 704,19 €				
							Kustannukset yhteensä:	29 363,05 €				

Liite 3. Geoverkkorakenteen kustannuslaskelma.

Geoverkko rakenne	Syvyys	Leveys	Pituus	m3rtr	m3rtd	m3itd	m3itd/t	Yksikkö hinta	Kokonais hinta
Kantava 0-90	1	7	100	700	1000	1111,1	1888,9	7,50 €	14 166,67 €
Kulutus 0-32	0,1	6,8	100	68	97,14	107,94	172,7	7,80 €	1 347,05 €
Yhdistelmälujite 40/40		7	100	700	m2			2,60 €	1 820,00 €
Lujiteverkko 30/30		7	100	700	m2			1,65 €	1 155,00 €
Materiaalit yhteensä:									18 488,71 €
Konetyöt Geo	Työmenekki	Kok.määrä	Kokonaisaika						
Kkht 25 vast.otto	83 t/h	2061,5873	24,8					100,00 €	2 483,84 €
JTM 16 tiivistys	200 m2/h	700	3,50					60,00 €	210,00 €
Yhteensä:									2 693,84 €
Kokonaisuus yhteensä:									21 182,55 €