



**SAVONIA**

- OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# ULKOISTEN MASSOJEN SEURANTA MAARAKENNUS- TYÖMAALLA

TEKIJÄ: Juhamatti Mäkinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Juhamatti Mäkinen	
Työn nimi Ulkoisten massojen seuranta maarakennustyömaalla	
Päiväys	1.6.2015
Sivumäärä/Liitteet	36
Ohjaajat Raimo Lehtiniemi, lehtori Pasi Pajula, yliopettaja	
Toimeksiantaja Ari-Pekka Olkkonen, työmaapäällikkö, Destia Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä insinöörityö on tehty Destia Oy:lle helpottamaan massaseurantaa. Työn tarkoituksena oli kehittää Destia Oy:n käyttöön Excel-pohjainen maarakennustyömailla käytettävä laskentatyökalu ulkoisten kiviainesten seurantaan ja kokeilla kiviainestoitimittaja KAK Oy:n käyttämän AC-tietojärjestelmän soveltuvuutta työmaille toimitettujen massojen seurantaan. Valmiiseen työkaluun voitaisiin syöttää suunniteltujen massojen ja toteutuneiden massojen tiedot ja vertailla niitä keskenään.</p> <p>Massojen seurantaa varten perehdyttiin maarakennustyömailla yleisimmin käytettyihin massoihin ja niiden ominaisiin määrämittausohjeen mukaisiin massakertoimiin ja tilavuusyksiköihin. Laskentatyökalua kehitettiin ja AC-tietojärjestelmää kokeiltiin kesällä 2014 Laukaalla urakan ”Maantien 637 Lahnajärvenkadun ja Raunilantien sekä paloaseman liittymän rakentaminen” yhteydessä.</p> <p>Lopputuloksena saatiin Excel-laskentatyökalu Destia Oy:n käyttöön sekä jatkokehitykseen, ja analyysi käyttökokeuksista AC-tietojärjestelmän soveltuvuudesta maarakennustyömaakäyttöön.</p>	
Avainsanat kiviainekset, Excel, massaseuranta, massakertoimet, tilavuusyksiköt, tietomallinnus, massalaskenta	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author Juhamatti Mäkinen			
Title of Thesis Following of External Aggregates in Earthworks site			
Date	1 June 2015	Pages/Appendices	36
Supervisors Mr Raimo Lehtiniemi, Lecturer Mr Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Client Organisation Mr Ari-Pekka Olkkonen, Site Manager Destia Inc.			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made for Destia Inc to ease supervision of external aggregates on earthworks sites. The aim of this thesis was to create an Excelbased calculation tool for following of external aggregates and to evaluate the functionality of the AC-information system for the following of delivered aggregates that is used by the aggregate supplier KAK Inc. To the finished tool, one can input the amounts of planned and delivered aggregates and compare them.</p> <p>The project was started by getting familiar with the most common aggregates on earthworks sites and to their attributes, as their mass index and volume units. The practical phase of the project was carried out in summer 2014, aside a road renewal project in Laukaa, Central Finland.</p> <p>As a result of this thesis an Excel tool was created for Destia Inc to be used and further developed as well as an analysis about the adequacy of the functionality of the AC-information system for its meant purpose.</p>			
<p>Keywords Aggregates, Excel, Mass control, Mass index, Volume units, Building information modeling, Mass calculation</p>			



## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Työn tausta ja tavoitteet .....	7
1.2	Lyhenteet ja määritelmät.....	8
2	MAARAKENTAMISEN MASSAT .....	9
2.1	Työmaan ulkopuoliset massat.....	9
2.2	Kivennäisaineet .....	11
2.3	Kivennäismaalajit työmaalla.....	12
2.3.1	Savi ja siltti.....	13
2.3.2	Hiekka.....	13
2.3.3	Sora ja murske .....	13
2.3.4	Moreeni.....	15
2.4	Kiviainesten laatu.....	15
2.5	Muut massat.....	17
2.5.1	Eloperäiset massat .....	17
2.5.2	Multa.....	17
2.5.3	Asfaltti.....	17
3	RAKENNUSSUUNNITELMAN MASSAT .....	19
3.1	Poikkileikkauspohjainen massalaskenta .....	19
3.2	Massalaskenta tietomallista .....	20
3.3	Työkoneautomaatio .....	21
4	TYÖMAAN MASSAT .....	23
4.1	Perinteinen massan seuranta .....	23
4.2	AC-Tietojärjestelmä.....	24
4.3	Tietojärjestelmän toiminta .....	24
4.4	Seurantapalvelun käyttö .....	25
5	MASSOJEN MUUNNOKSET .....	27
5.1	Tilavuuskäsitteet ja massakertoimet.....	27
5.2	Massojen kulku työmaalla.....	29
5.3	Massojen muunnokset.....	30
5.4	Massat tonneina .....	31

6	MASSASEURANTATAULUKKO.....	33
6.1	Taulukon käyttäminen.....	33
6.1.1	Lähtötiedot.....	33
6.1.2	Taulukon täyttäminen.....	34
6.1.3	Taulukon toiminta.....	34
6.1.4	Massaseurannan yhteeneto.....	34
7	YHTEENVETO.....	36
7.1	AC-tietojärjestelmä.....	36
7.2	Massaseurantataulukko.....	36
	LÄHTEET.....	37

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Destia Oy on Suomen suurimpia toimijoita maarakentamisen alalla. Yhtiön toteuttamissa urakoissa kiviainesten osuus urakoiden kokonaishinnoissa on 30–70% projektien luonteen mukaan. Kuitenkin massojen seuranta suoritetaan vielä suurelta osin ”manuaalisesti” käsin laskemalla kuorma-autokuskeilta kerättyjen ajolappujen perusteella tai kiviainestoimittajan laskujen lähettämisen yhteydessä. Tämä on hidasta ja epävarmaa, sillä paperilappujen selviytyminen työmailta toimiston laskupöydään ääreen voi joskus osoittautua vaikeaksi. Työn lopputuloksena on tarkoitus tuoda tilaajaorganisaatio tietokoneaikaan massojen seurannan suhteen ja helpottaa sekä nopeuttaa seurannan suorittamista.

Tämä insinööryö on tehty Destia Oy:lle kehittämään maanrakennustyömaille tuotavien kiviainesmassojen seuranta. Lisäksi sen tavoitteena on kehittää yhteistyötä Destia Oy:n ja KAK Oy:n välille kokeilemalla KAK Oy:n käytössä olevan kuljetustenseurantajärjestelmän sopivuutta maanrakennustyömaiden käyttöön. Työn tilaajana toimi työmaapäällikkö Ari-Pekka Olkkonen Destia Oy:stä.

Työn käytännön osuus suoritettiin keväällä ja kesällä 2014. Laskentatyökalun toimintaa varten perehdyttiin maarakentamisessa yleisiin massoihin ja niiden ominaisiin kiinto-, irtto-, ja rakennetilavuuksiin, sekä massakertoihin. Keväällä 2014 kehitettiin ensimmäinen massaseurantatyökalun versio, jota kehitettiin kesällä työmaalla ja paranneltiin kokemusten mukaan. Samaan aikaan tutustuttiin ja alettiin kokeyttamaan Internet-pohjaista AC-tietojärjestelmää kuljetusten seuranta varten.

Kehitystyön tuloksena luotiin Excel-pohjainen laskentatyökalu työmaille tuotavien ulkopuolisten massojen seuraamista varten. Työkalun taulukkoon kirjataan rakennussuunnitelman mukaiset massat ja työmaalle vastaanotetut massat sekä näiden paaluvälit. Tämän jälkeen niitä voidaan verrata havainnollisesti keskenään. Lisäksi yhteistyössä kiviainestoimittaja KAK Oy:n kanssa tässä työssä koeponnistetaan uuden Internetin kautta toimivan kuljetustenseurantapalvelun (AC) toimivuutta työmaan käytössä. Näin päästään periaatteessa reaaliaikaiseen massatilanteen seurantaan ja eroon papereista jolloin raportoinnin viive lyhenee ja suunnitelmista poikkeavat massamenekkien kohteet saadaan havainnollisesti selville.

## 1.2 Lyhenteet ja määritelmät

Sa	Savi
Si	Siltti
HHk	Hieno hiekka
Hk	Hiekka
KHk	Karkea hiekka
Sr	Sora
HkMr	Hiekkamoreeni
SrMr	Soramoreeni
Mr	Moreeni
Msr	Murskesora
M	Murske
E	Eloperäiset maalajit
H	Hienorakeiset maalajit
K	Karkearakeiset maalajit
M	Moreenimaalajit
$m^3ktr$	Teoreettinen kiintotilavuus eli kaivettavan maan tilavuus laskettuna lopullisen suunnitelman mukaisten teoreettisten arvojen ja maastossa mitattujen todellisten arvojen (maan pinta, kallion pinta) perusteella
$m^3ktd$	Todellinen kiintotilavuus eli massan tilavuus luonnontilassa mitattuna todellisten poikileikkausten mukaisesti
$m^3itd$	Todellinen irtotilavuus eli tilavuus laskettuna kuljetusvälineen lavalle kuormattuna
$m^3rtd$	Todellinen rakennetilavuus eli massan tilavuus rakenteessa mitattuna todellisten poikileikkausten mukaan
$m^3rtr$	Teoreettinen rakennetilavuus eli lopullisen suunnitelman mukainen teoreettinen rakennetilavuus
CAD	Computer-aided Desing, Tietokoneavusteinen suunnittelu. Tietokoneen avulla piiretty, yleensä kaksiulotteinen rakennussuunnitelma
BIM	Building Information Model, Rakennuksen tietomalli. Tietokoneen avulla suunniteltu virtuaalinen ja kolmiulotteinen malli rakennettavasta kohteesta.



## 2 MAARAKENTAMISEN MASSAT

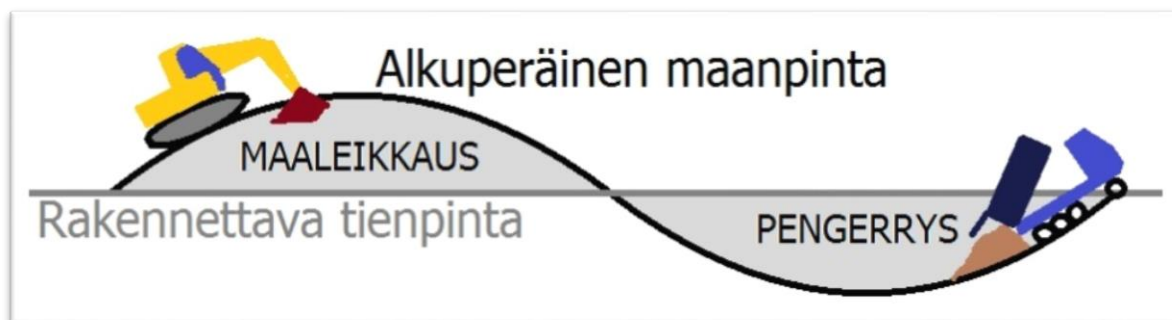
Maarakennustyömaalla siirretään, sinne viedään, ja sieltä ajetaan pois maamassoja – multaa, turvetta, savea, hiekkaa, soraa, yms. Nämä massat koostuvat erilaisista maa-aineksista, jotka jaetaan geoteknisen maalajiluokituksen mukaan neljään ryhmään, joita ovat eloperäiset maalajit, hienorakeiset maalajit, karkearakeiset maalajit ja moreenimaalajit (Hartikainen, 2007, 7). Näistä ensimmäinen ryhmä koostuu nimensä mukaisesti eloperäisistä aineksista ja loput ovat kivennäismaalajeja, siis peräisin kallioperästä. Näitä maa-aineksia työmaalla kutsutaan massoiksi. Nämä maa-ainekset on lueteltu taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Geotekninen maalajiluokitus (Korhonen, Gardemeister, Tammirinne, 1974, 11)

Maalajiryhmä	Maalaji	Lyhennys	Lajitepitoisuus, paino-%			Rackoko $d_{50}$ , mm
			Savi	Hienoaines	Sora	
Eloperäiset maalajit	Turve	Tv				
	Lieju	Lj				
Hienorakeiset maalajit	Savi	Sa	> 30			
	Siltti	Si	< 30	> 50	< 5	< 0,06
Karkearakeiset maalajit	Hiekka	Hk		< 50	< 50	> 0,06...2
	Sora	Sr		< 5	> 50	> 2...60
Moreenimaalajit	Silttimoreeni	SiMr		> 50	> 5	< 0,06
	Hiekkamoreeni	HkMr		5...50	5...50	> 0,06...2
	Soramoreeni	SrMr		> 5	> 50	> 2

### 2.1 Työmaan ulkopuoliset massat

Rakentamisen kustannusten kannalta työmaa pyritään suunnittelemaan niin, että massojen kuljetukset ja yli- ja alijäämäiset massat minimoitaisiin, eli saataisiin aikaan massatasapaino, jonka periaate on esitetty kuvassa 1. Tämä ei kuitenkaan yleensä ole sataprosenttisesti mahdollista, vaan huonolaa-tuisia massoja joudutaan usein korvaamaan parempia ominaisuuksia omaavilla massoilla, ja esimerkiksi tierakenteisiin tarvittavat massat (murskeet ja hiekat) joudutaan usein tuomaan työmaan ulko-puolelta – nämä ovat siis ulkoisia massoja. Näiden massojen tarve voi olla työmaan tyypistä ja sijainnista riippuen hyvinkin suuri, jolloin kustannukset pyrkivät nousemaan. Kustannusten seuraamista ja aisoissa pitämistä varten on syytä panostaa massojen seurantamenetelmiin.



KUVA 1. Massatasapaino pähkinänkuoressa

Tämä opinnäytetyö keskittyy erityisesti ulkoisten kivennäismaamassojen seurantaan. Yleisimpiä maarakennustyömailla tarvittavia ulkoisia massoja ovat murskeet, hiekka ja asfaltti, kuten kuvan 2 maantien paljastetuista rakennekerroksista näkyy. Kivennäisainekset ovat tärkeä elementti maarakennuksessa. Erilaisia kiviaineksia käyttämällä erilaisissa kohteissa voidaan muun muassa parantaa kantavuutta ja vähentää routimista. Esimerkiksi Suomen suurimpien maarakennusurakoitsijoiden joukkoon kuuluvan Destia Oy:n urakoissa kiviainesten osuus urakoitten kokonaishinnoista vaihtelee projektin mukaan 30 prosentista jopa 70 prosenttiin.



KUVA 2. Maantien rakennekerrokset esillä

## 2.2 Kivennäisainekset

Tietyömailla tien rakenteissa käytetään erityisesti hiekkaa ja soraa (tai murskettä), eli kivennäisainek-  
sia. Kaikki kivennäisainekset ovat peräisin kallioperästä josta ne on irroittanut ja hienontanut joko aika  
ja eroosio tai ihminen ja tekniikka. Kiviainesten ominaisuuksia ovat muun muassa (Kuula-Väisänen,  
2010, 8):

- raekokojakautuma (vaikuttaa mm. tiivistettävyyteen, routivuuteen, kapillaarisuuteen)
- rakeiden muoto
- kiviaineksen iskunkestävyys
- kiviaineksen kulutuskestävyys
- rapautuvuus (esim. jäädytys-sulatuskestävyys).

Kivennäisainekset luokitellaan niiden raekokojen mukaan taulukon 2 mukaisesti. Taulukossa ilmoitettu  
läpimitta kertoo sen seulan silmäkoon, jonka on läpäissyt 50 painoprosenttia kyseisestä kivennäisai-  
neksestä, poikkeuksena savi, jonka nimeämiseen riittää että 30 painoprosenttia on lävistänyt  
0,002mm seulan.

TAULUKKO 2. Kivennäismaalajien lajitteet (Korhonen ym, 1974, 10)

Nimi	Päälajite		Alalajite	Rakeiden läpimitta, mm
		Lyhennys		
Savi		Sa		< 0,002
Siltti		Si		> 0,002...0,06
			Hienosiltti	> 0,002...0,006
			Keskisiltti	> 0,006...0,02
			Karkeasiltti	> 0,02 ...0,06
Hiekka		Hk		> 0,06...2,0
			Hienohiekka	> 0,06...0,2
			Keskihiekka	> 0,2 ...0,6
			Karkeahiekka	> 0,6 ...2,0
Sora		Sr		> 2,0...60,0
			Hienosora	> 2,0... 6,0
			Keskisora	> 6,0...20,0
			Karkeasora	> 20,0...60,0
Kivet		Ki		> 60...600
			Pienet kivet	> 60...200
			Suuret kivet	> 200...600
Lohkareet		Lo		> 600

## 2.3 Kivennäismaalajit työmaalla

Suuressa osassa maarakennustyömaita perustavana ajatuksena on parantaa maa-alueiden kantavuutta korvaamalla huonosti kantavat maamassat paremmin kantavilla ja routimattomilla massoilla. Tätä toimenpidettä kutsutaan massanvaihdoksi. Raekoosta riippuen erilaisilla kivennäisaineksilla on erilaisia ominaisuuksia (taulukot 3 ja 4) ja täten myös erilaisia käyttötarkoituksia. Osa aineksista on luonnollisia ja niitä on mahdollista saada työmaan käyttöön paikan päältä. Osa joudutaan hankkimaan muualta ja tuottamaan keinotekoisesti.

TAULUKKO 3. Kivennäismaalajien routivuus. (Korhonen ym, 1974, 17)

Maalaji	Routivuus
Savi	Routiva
Siltti	Routiva
Hiekka	Yleensä routimaton; jos hiekka sisältää hienoainesta, routimattomuus on tarvittaessa tarkistettava
Sora	Routimaton
Silttimoreeni	Routiva
Hiekkamoreeni	Yleensä routiva; jos hienoainesta hyvin vähän, routimattomuus on tarvittaessa tarkistettava
Soramoreeni	

TAULUKKO 4. Maalajien keskimääräisiä kantavuusarvoja (Nyman, 2005, 36)

Maalaji	Tarkennus	Lyhennys	Luokka	Kantavuus
Kallio	kallio louhe <sup>1</sup> murske <sup>1</sup>	Ka	A	A = 300 MN/m <sup>2</sup>
		Lo		
		M		
Kivet <sup>1</sup>		KI	A	
Sora		Sr	B	B = 200 MN/m <sup>2</sup> (150 ... 280)
Sora- moreeni	routimaton	rton SrMr	C	C = 100 MN/m <sup>2</sup> (70 ... 150)
	routiva <sup>2</sup>	SrMr	E (F) <sup>4</sup>	
Hiekka	routimaton karkea • keskik. • hieno routiva keskik. • hieno	rton kaHk	C	D = 50 MN/m <sup>2</sup> (35 ... 70)
		rton keHk	D	
		rton hHk	D (E) <sup>4</sup>	
		keHk hHk	E E (F) <sup>4</sup>	
Hiekka- moreeni	routimaton routiva <sup>2</sup>	rton HkMr	D (E) <sup>4</sup>	E = 20 MN/m <sup>2</sup> (15 ... 35)
		HkMr	E (F) <sup>4</sup>	
Siltti Siltti- moreeni		SI	F (G <sup>4</sup> , E <sup>5</sup> )	F = 10 MN/m <sup>2</sup> (5 ... 15)
		SIMr		
Savi	kuivakuori (h ≥ 1 m) sitkeä (Su ≥ 25 kN/m <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> pehmeä (Su < 25 kN/m <sup>2</sup> ) <sup>3</sup>	kuivak. Sa	E	G = 5 MN/m <sup>2</sup>
		Sa	F (E) <sup>3</sup>	
		Sa	G	
Lieju Turve		LJ	G	
		Tv		

### 2.3.1 Savi ja siltti

Saveksi (lyhenne Sa) sanotaan maalajia, jonka sisältää savimaalajitetta, eli alle 0,002 mm kokoisia rakeita yli 30 painoprosenttia. Silttiainekset (lyhenne Si) ovat maita, joissa yli 50 painoprosenttia lajitteesta on raekooltaan  $d_{50}$  0,002–0,06 mm. (Korhonen, ym.) Ne ovat hienorakeisina aineksina hyvin vettä pidättäviä ja siksi routivia. Lisäksi ne kantavat huonosti. Näin ollen niitä ei käytetä rakenteissa, eikä niitä yleensä ole tarve hankkia työmaalle – yleensä niitä ajetaan työmaalta pois. Toisaalta niitä voidaan penkoissa (esim meluvallit), joissa ei tarvita kantavuutta, tai luiskissa. Niitä voidaan myös käyttää kun halutaan ohjailla pintavesien kulkeutumista ja imeytymistä – tiivis savikerros päästää heikosti vettä lävitseen.

### 2.3.2 Hiekka

Hiekkaa (lyhenne Hk) käytetään suodatinkerroksissa estämään rakenteiden ja pohjamaan sekoittumista keskenään. Hieno hiekka (50 painoprosentista rakeiden läpimitta 0,0–60,2 mm) on vielä routivaa, mutta karkeampirakeinen (raekoko yli 50 painoprosentissa 0,2–2,0 mm) hiekka ei enää pidätä vettä eikä näin ollen roudi (Jääskeläinen 2011, 91). Hiekkaa käytetään myös suojaamaan teiden ja katujen sisään jääviä rakenteita ja laitteita, esim. vesihuolto- ja kaukolämpöputkia tai kaapeleita. Nykyään suodatinhiekkakerroksia pyritään korvaamaan keinotekoisilla suodatinkankailla ja muilla geotekstiileillä luonnon säästämiseksi silloin, jos se on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista ja järkevää.

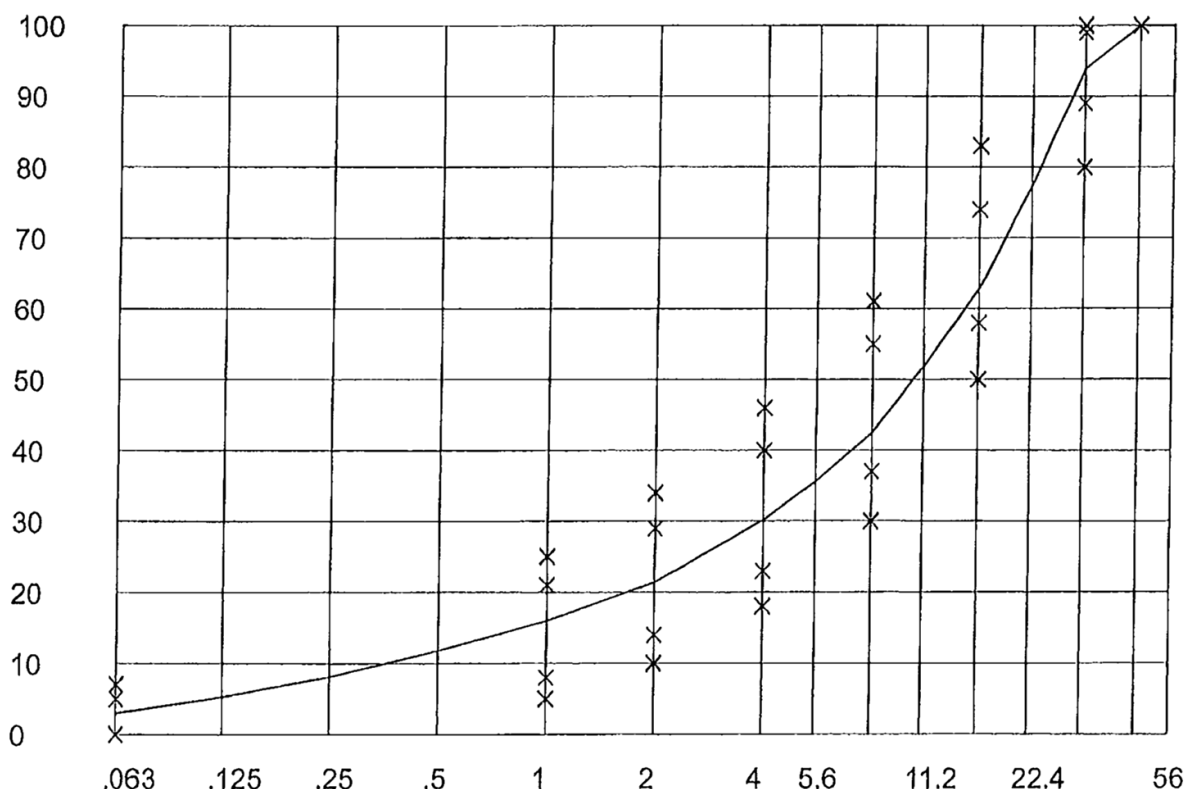
### 2.3.3 Sora ja murske

Soraksi (lyhenne Sr) kutsutaan pääaineksen raekoolta 2,0–60,0 mm luonnonmukaista kiviainesta, raekooltaan 60,0–600,0 mm välissä olevaa ainesta kutsutaan kiviksi (Jääskeläinen, 2011, 20). Soraa voidaan myös tarvittaessa jalostaa ja hienontaa murskaamalla, jolloin puhutaan soramurskeesta (SrM). Sora on - tai oli - tierakenteiden peruselementti. Nykyään luonnonsoravarantojen ehtyessä sen käyttö yleensä korvataan kalliosta louhitulla ja murskauslaitoksessa hienonnetulla murskeella (lyhenne KaM). Sora- ja murskeaineksista tehdyt rakenteet eivät roudi eivätkä tue kapillaari-ilmiötä. Niistä saadaan tehtyä hyvin kantavia ja tiiviitä rakenteita, jota hyödynnetään esimerkiksi teiden jakavissa ja kantavissa kerroksissa tai rakennusten kantavissa pohjarakenteissa. Murskattuja kiviaineksia voidaan käyttää myös esimerkiksi sorateiden kulutuspinnoitana, tai runkorakenteena asfalttipäällysteissä.

Merkittävin ero soran, soramurskeen, ja kalliomurskeen välillä on alkuperän lisäksi rakeiden muoto. Luonnon sora on eroosion vaikutuksessa pyöristynyttä, soramurske on osittain pyöristynyttä ja osittain (murtopinnoiltaan) teräväsärmäistä. Kokonaan keinotekoisesti kalliosta hienonnettu murske on raemuodoltaan kauttaaltaan teräväsärmäistä. Rakeiden muodolla on vaikutusta mm. rakennekerroksen leikkauslujuuteen, jolla taas on merkitystä maan kantavuuteen (Jääskeläinen 2011, 100).

Murskeet luokitellaan rakeisuuskäyriensä ala- ja yläpään mukaan, koska ne ovat tuotettu keinotekoisesti, ja luonnollinen lajittuneisuus puuttuu. Esimerkiksi nollasta 32 millimetrin kalliomurske merkitään yleensä "KaM 0/32". Tällöin lajikkeessa on mukana kaikki 32 mm pienemmät rakeet. Tällaisen murskelajin rakeisuuskäyrä on esillä kuviossa 1. Jos rakeisuuskäyrä on leikattu, eli osa pienistä rakeista on seulottu pois (esim. 8/16 mm), on kyseessä sepeli, jota käytetään mm. salaojittamiseen. Kivituhkalla sen sijaan tarkoitetaan todella hienoksi jauhettuja murskelajitteita (raekoko 0–6 mm). Kivituhkaa käytetään yleisimmin pihojen pintauksissa.

Murskattujen kiviainesten hintojen suhteen nyrkkisääntö on, että mitä enemmän tuotetta on jalostettu ja käsitelty, sitä enemmän sillä on hintaa. Niinpä käsittelemätön luonnonsora on halvempaa kuin karka murske ja pienemmäksi murskatut tai leikatut lajikkeet kalliimpia. Yleisimmät työmailla käytetyt murskeet ovat väliltä 0/16 - 0/90 mm. Tätä isompiakin raekokoja käytetään joskus rakenteissa, ja eritoten kiviheitokkeena luiskissa tai ojissa, joissa tarvitaan eroosionkestoa. Murskeiden tärkeimpiä laatuvaatimuksia ovat puhtaus, tasalaatuisuus ja tekninen sopivuus kohteeseen (InfraRYL 2006, 390). Lisää laatuvaatimuksista kappaleessa 2.4.



KUVIO 1. Rakeisuuskäyrä 0/32 mm murskeelle (Lemminkäinen Oy, 2014)

### 2.3.4 Moreeni

Moreenimaat ovat lajittumattomia maa-aineita, joissa on siis sekoittuneena raekooltaan kaikenlaisia luonnonmukaisia kivennäisaineita savesta kivilohkareisiin. Yleensä jokin tietty maalaji on kuitenkin korostunut, jolloin kyseinen moreenimaa nimetään kyseisen pääajitteen mukaan. Esimerkiksi Suomen yleisin maalaji, hiekkamoreeni HkMr. (Lojander, 2015, 3.) Moreenimaat ovat yleensä routivia ja menettävät kantavuutensa veden vaikutuksesta, eikä niitä käytetä tierakenteissa, mutta pohja- ja pengermaiksi ne sopivat hyvin.

## 2.4 Kiviainesten laatu

Projekteissa käytettävien kiviainesten laatu määrittää paljolti rakennettujen kohteiden kestävyyttä ja käyttöikää, kun ne jäävät valmistuttuaan esimerkiksi liikenteen ja luonnonilmiöiden armolle. Siksi työmailla käytettävien materiaalien laatuun kannattaa kiinnittää hippunen huomiota. Esimerkki InfraRYL:in asettamista laatuvaatimuksista on esitetty taulukossa 5. Rakennustyömailla käytettävien kiviainesten laatuvaatimuksia määrittävät (Kuula, 2013):

- rakentamismääräyskokoelma
- kiviaineksen tuotestandardit ja niihin liittyvät testausmenetelmästandardit
- kansalliset soveltamisstandardit nk. SFS 7000-sarja (tällä hetkellä SFS 7003...7007)
- infraRYL
- asfalttinormit
- betonin kiviainesohjeet
- hankekohtaiset vaatimukset.

TAULUKKO 5. Esimerkki InfraRYL:in asettamista laatuvaatimuksista. (InfraRYL 20016)

Seula, mm	Raekoko, mm ja rakeisuusluokka							
	0/32		0/40		0/45		0/56 ja 0/63	
	G <sub>O</sub>	G <sub>A</sub>	G <sub>O</sub>	G <sub>A</sub>	G <sub>O</sub>	G <sub>A</sub>	G <sub>O</sub>	G <sub>A</sub>
0,5	5...15	5...15	5...15	5...15	5...15	5...15	—	—
1	11...21	15...30	11...21	15...30	11...21	15...30	5...15	5...15
2	17...28	22...33	17...28	22...33	17...28	22...33	11...21	15...30
4	26...38	30...42	26...38	30...42	—	—	17...28	22...33
5,6	—	—	—	—	26...38	30...42	—	—
8	39...51	43...57	—	—	—	—	26...38	30...42
10	—	—	39...51	43...57	—	—	—	—
11,2	—	—	—	—	39...51	43...57	—	—
16	58...70	63...77	—	—	—	—	39...51	43...57
20	—	—	58...70	63...77	—	—	—	—
22,4	—	—	—	—	58...70	63...77	—	—
31,5	—	—	—	—	—	—	58...70	63...77

Myytävien (eli ulkoisten) kiviainesten CE-merkinnät tulivat pakollisiksi 1.7.2013 voimaan tulleen rakennustuoteasetuksen myötä. CE-merkintää ei tarvita kun kiviaines on peräisin rakennuspaikalta, kyseessä on raekooltaan yli 90 mm kiviainekset, tai hiekoitusSORA. Asetuksen myötä kiviainestoimittajien täytyy selvittää tuotteidensa ominaisuudet standardisoiduilla menetelmillä ja noudattaa harmonisoitua tuotestandardia hEN, EU:n asettamat yleiseurooppalaiset menetelmästandardit. Kiviainesten toimittajan tulee antaa urakoitsijan laatukansioon CE-merkintätodistus muun laatuaineistonsa mukana. (Kuula, 2013.) Esimerkki laatuaineistoon kuuluvasta CE-merkinnästä on esitetty kuvassa 2.

<b>CE</b>																											
13																											
<b>Lemminkäinen Infra Oy</b> PL 169 00181 HELSINKI																											
DoP n:o LIOY-2-418-015																											
<b>EN 13242</b> Maa- ja vesirakentamisessa ja tierakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset Kauppanimi: KaM 0/32 Tuotantoerä: 1394/10034 Tuotantopaikka: 1422/40, 200523 Laukaa, Lamminmäki Murskattu kalliokiviaines																											
Raekoko	0/32																										
Rakeisuus	G <sub>A</sub> 85 GT <sub>A</sub> 20																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tyyppirakeisuus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45 mm</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>31,5 mm</td> <td>94 %</td> </tr> <tr> <td>22,4 mm</td> <td>77 %</td> </tr> <tr> <td>16 mm</td> <td>63 %</td> </tr> <tr> <td>11,2 mm</td> <td>52 %</td> </tr> <tr> <td>8 mm</td> <td>43 %</td> </tr> <tr> <td>5,6 mm</td> <td>36 %</td> </tr> <tr> <td>4 mm</td> <td>30 %</td> </tr> <tr> <td>2 mm</td> <td>21 %</td> </tr> <tr> <td>1 mm</td> <td>16 %</td> </tr> <tr> <td>0,5 mm</td> <td>12 %</td> </tr> <tr> <td>0,063 mm</td> <td>3,0 %</td> </tr> </tbody> </table>	Tyyppirakeisuus		45 mm	100 %	31,5 mm	94 %	22,4 mm	77 %	16 mm	63 %	11,2 mm	52 %	8 mm	43 %	5,6 mm	36 %	4 mm	30 %	2 mm	21 %	1 mm	16 %	0,5 mm	12 %	0,063 mm	3,0 %
Tyyppirakeisuus																											
45 mm	100 %																										
31,5 mm	94 %																										
22,4 mm	77 %																										
16 mm	63 %																										
11,2 mm	52 %																										
8 mm	43 %																										
5,6 mm	36 %																										
4 mm	30 %																										
2 mm	21 %																										
1 mm	16 %																										
0,5 mm	12 %																										
0,063 mm	3,0 %																										
Raemuoto	Fl <sub>20</sub>																										
Kiintotiheys	2,9 Mg/m <sup>3</sup>																										
Vedenimeytyminen	0,30 %																										
Hienoainespitoisuus	f <sub>5</sub>																										
Murtopintaisten rakeiden osuus	NPD																										
Iskunkestävyys	LA <sub>25</sub>																										
Koostumus	Kvartsidioriitti																										
Happoliukoiset Sulfaatit	AS <sub>NR</sub>																										
Kokonaisriikki	Hyväksytty S<1%																										
Jäädytys-sulatuskestävyys	Hyväksytty, WA <sub>24</sub> 1																										

KUVA 2. CE-merkintä. (Lemminkäinen Infra Oy, 2014)



## 2.5 Muut massat

Kivennäisainesten lisäksi muita maarakennustyömaan massoja ovat mm. eloperäiset maamassat ja asfaltti, joka on sekoitus kiviaineksia ja bitumia. Näidenkin massojen kuljetus, hankinta, poisvienti tai vastaanotto on yleensä huomattava kuluerä maarakennusprojekteissa.

### 2.5.1 Eloperäiset massat

Turve ja lieju ovat eloperäisiä maamassoja. Niille on ominaista huonot kantavuusarvot, sekä suuri kokoonpuristuvuus, joka voi kestää pitkiäkin aikoja. Täten ne ovat rakennuspohjina haasteellisia ja ne pyritään korvaamaan tarkoituksenmukaisemmilla massoilla, eikä niitä käsitellä tässä työssä enempää. (Poiskuormausta varten hyödylliset tilavuuspainot kuutiota kohti on esitetty taulukossa 9

### 2.5.2 Multa

Multa on maa-ainesseosta, joka sisältää turvetta, hiekkaa ja kompostoituneita kasvinosia. Maarakennustyömailla multaa käytetään luiskissa ja muissa viheralueissa ruokamultana nurmetukselle. Tilavuuspainot on esitetty taulukossa 9.

### 2.5.3 Asfaltti

Asfaltti on yleinen päällyste kaduilla ja teillä, jossa on paljon liikennettä. Asfaltti koostuu runkoaineesta, eli kiviaineksesta, jonka maksimiraekoko on yleensä 16 – 22 mm päällystettävän kohteen liikennemääristä ja tieluokasta riippuen, sekä sideaineesta eli bitumista. Näiden lisäksi asfalttimassaan sekoitetaan erilaisia asfaltin ominaisuuksia haluttuun suuntaan muuttavista lisäaineita. Yleisimpiä asfalttityyppejä ovat asfalttibetoni (AB) ja kivimastikiasfaltti (SMA). Suurin ero näiden kahden välillä on runkoaineen rakeisuus. Asfalttibetonissa kiviaineksen rakeisuutta ei ole leikattu, kun taas SMA:n runkoaines voi olla hyvinkin tasarakeista.

Muita asfalttityyppejä ovat muodonmuutoksia paremmin kestävä pehmeä asfaltti (PAB), vettä hyvin läpäisevä avoin asfaltti (AA), rengasmelua vähentävä hiljainen asfaltti (HA) sekä erityisesti paikkauksiin kehitetty valuasfaltti (VA). Suunniteltujen asfalttimassojen tyypit ja vahvuudet ilmoitetaan edellä mainituilla lyhenteillä, runkoaineen maksimiraekokona ja kerroksen massana neliömetrille (esimerkiksi AB 16/100). Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että neliömetrin alalla senttimetrin paksuinen kerros painaa noin 25 kiloa. Asfaltin hintaan vaikuttavat öljyn ja kiviaineksen hinta, jonka lisäksi vaikutusta on työryhmän määrällä – siinä missä tierakenteita voidaan tehdä yhdelläkin kaivinkoneella melko pitkälle, asfalttipinnoitusta tehdessä työryhmä koostuu helposti 5-10 henkilöstä ja erityisesti työhön suunnitelluista koneista. Kuvassa 3 esitetään kantavan asfalttibetonikerroksen levitystyötä 0/32 mm murskepohjalle.



KUVA 3. ABK -asfalttimassan levitystä

### 3 RAKENUSSUUNNITELMAN MASSAT

Suurimmat taloudelliset säästöt työmaalle saadaan aikaan jo suunnitteluvaiheessa pyrittäessä työmaan olemassa olevien massojen mahdollisimman täysinäiseen käyttöön sekä massojen kuljetusmatkojen minimoimiseen. Projektin suunnitelman valmistettua suunnittelija tekee kohteesta massalaskelman hyödyntäen suunnitelmasta mitattavia aloja ja tilavuuksia, sekä tietoa siitä mihin mitäkin massoja on suunniteltu käytettävän. Suunnittelija ilmoittaa vastaan otettavat massat yleensä teoreettisena rakennetilavuutena ( $m^3rtr$ ) ja leikattavat massat teoreettisina kiintotilavuuksina ( $m^3ktr$ ). Massojen laskemiseen käytetään perinteistä käsinlaskentaa tai nykyaikaisempaa tietokoneavusteista laskentaa tietomallista.

#### 3.1 Poikkileikkauspohjainen massalaskenta

Perinteisen menetelmän mukaan tietyömaiden massoista tehdään massaluettelo mittaamalla ja laskemalla leikattavien ja ajettavien massojen alat rakennussuunnitelmien poikkileikkauksista ja kertomalla ne kuvien välisellä etäisyydellä (yleensä 20 metriä). Tämä tapa on kuitenkin aikaavieppää ja altistaa laskennat inhimillisille virheille ja laskentatarkkuuden yleiseen epätarkkuuteen – nämä ovatkin lähinnä arvioita massojen menekistä. Menetelmä toimii teoriassa hyvin ja tarkasti jos tiet olisivat muodoltaan suorakulmaisia särmiöitä vailla kaarteita ja taitteita. Käytännössä näin ei kuitenkaan ole.

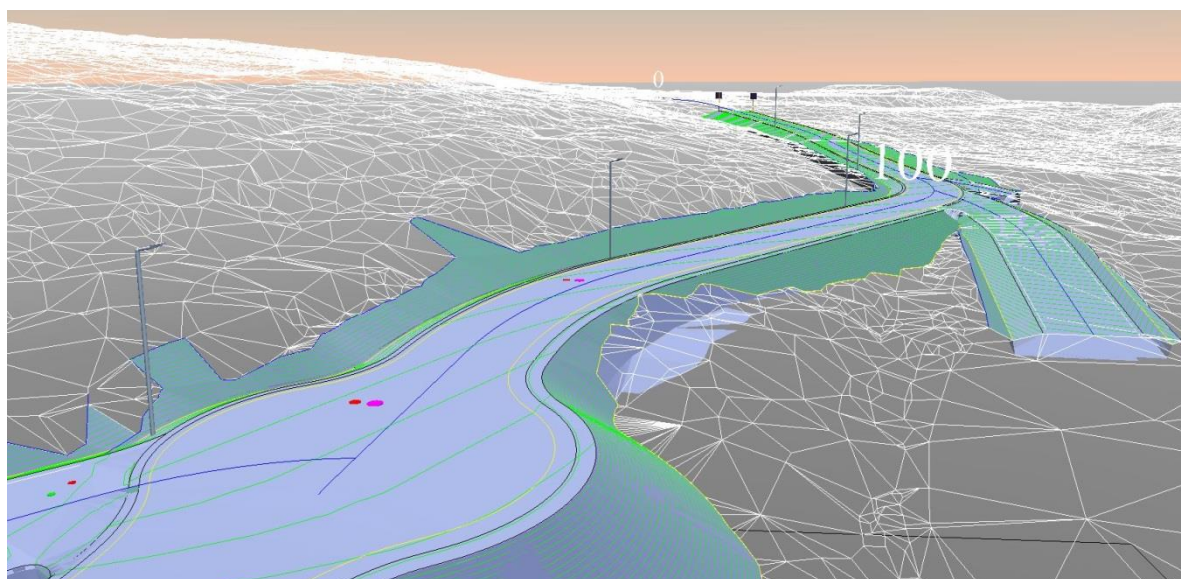
CAD-ohjelmistolla DWG-kuvista poikkileikkausten pinta-alat saadaan laskettua jo tarkemmin ja nopeammin. Geometrialtaan monimutkaisempia teitä laskettaessa oikeaan tulokseen päätyminen on silti varsin pitkän polun takana - esimerkkitapauksen 140 metriä pitkän tien rakenteiden massojen laskemiseen poikkileikkauksista kului aikaa noin 15 minuuttia ja ero tietomallista saatujen määrien ja käsin laskettujen massojen välillä on lähes kymmenen prosenttia.



KUVA 4. Massalaskentaa poikkileikkauksista

### 3.2 Massalaskenta tietomallista

Nykyään projektien suunnittelutyöt tehdään enenemissä määrin tietomallipohjaisesti. Tietomalli, eli Building Information Model (BIM), luodaan tekemällä suunnittelukohteesta tietokonepohjainen 3D-malli. Tietomalli sisältää maastomallin, joka on esimerkiksi laserkeilattu mallinnos alueen maastosta, kallionpintamallin, joka on kairausten ja paljaiden kalliopintojen keilauksella perusteella luotu malli kallion pinnasta, sekä väylämallin, joka on itse suunniteltavan väylän tai alueen kolmiulotteinen suunnitelma. Tunnetuimpia ohjelmia ovat Vianova:n kehittämä NovaPoint ja Tekla Oy:n Tekla Civil. Tietomallista saadaan tavallisten kaksiulotteisten suunnitelma- ja karttakuvien lisäksi kolmiulotteisia näkymiä alueesta, kuten esimerkiksi kuvan 5 otos Destia Oy:n Jyväskylän kaupungille tekemästä katusuunnitelmasta.



KUVA 5. Kolmiulotteinen näkymä tietomallista (Destia Oy, 2015)

Kun mallinnus työkohteesta on valmis, ohjelma laskee sen sisältämät massat tarkasti vain muutamalla napin painalluksella ja muuntaa ne vaikkapa Excel-taulukoksi, kuten kuvan 5 kadun massoille on tehty kuvassa 6.. Massamäärät ovat tarkasti laskettuja, mutta pohjautuvat esimerkiksi maan ja kallion pinta- ja sijaintitietoihin, ja näiden pohjalta luotuun maastomalliin. Tällöin luonnollisesti virheellisen maastomallin mukana myös todellinen massojen virhe kasvaa, mutta nykyteknologian avulla tämäkin ongelma saadaan minimoitua, kun käytetään tarkkoja laserkeilattuja lähtöaineistoja maastomallin luomiseen. Tietomallin käytön yleistymisellä on myös positiivinen vaikutus työmaan massatalouteen. Kun tietomallin myötä on mahdollista siirtyä GPS-ohjattuun työkonemaatointiin, tuotannon tarkkuus kasvaa ja työmaan virheet, kuten alikaivut tai ylitäytöt, vähenevät ja massoja säästyy.

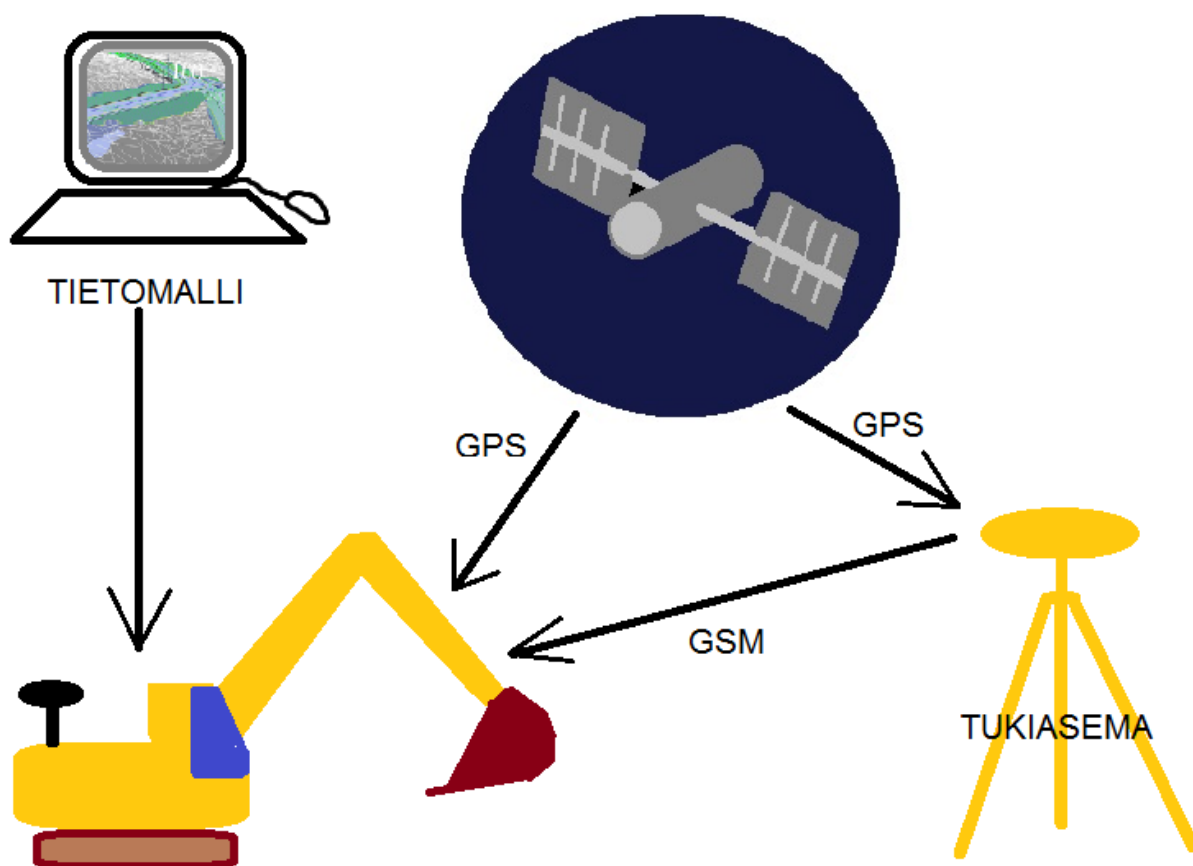
		ALKU PAALU	LOPPU PAALU	M2/ M3		Työlaji	
133							
134	sum	29.50	179.00	1610.32 m2	-	suodatinkangas	
135	sum	29.50	179.00	834.20 m2	-	paallyste I	
136	sum	29.50	169.37	51.76 m3	-	maapenger	
137	sum	29.50	179.00	1426.08 m3	-	maaleikkaus	
138	sum	55.00	179.00	250.90 m3	-	kallioleikkaus	
139	sum	58.00	135.00	53.64 m2 xy	-	yli 1m syv.kalliol.	
140	sum	58.00	135.00	66.35 m3	-	yli 1m syv.kalliol.	
141	sum	45.00	179.00	396.57 m2 xy	-	alle 1m syv.kalliol.	
142	sum	55.00	179.00	184.54 m3	-	alle 1m syv.kalliol.	
143	sum	29.50	179.00	886.29 m3	-	suodatinkerros/Hk	
144	sum	29.50	179.00	340.22 m3	-	jakava kerros/Sr tai Mk	
145	sum	29.50	179.00	252.89 m3	-	sitomaton kantava kerros	
146	sum	29.50	179.00	119.96 m3	-	luiskataytto	
147	sum	87.24	167.04	238.75 m3	-	alkutaytto	
148	sum	29.50	179.00	41.38 m3	-	salaojituserkerros	

KUVA 6. BIM –massayhteenveto

### 3.3 Työkoneautomaatio

Tietomallinnuksen saattelemana työkoneautomaatio on yleistymässä maarakennustyömailla. Työkoneautomaatio perustuu työkoneen ja työkoneen osan, esimerkiksi kaivinkoneen ja kaivinkoneen kauhan huulilevyn tarkkaan reaaliaikaiseen satelliittipaikannukseen GPS-järjestelmän ja erilaisten antureiden avustuksella. Kohdetta rakennettaessa työkoneen päätte vertaa kauhan sijaintia X- Y- Z-koordinaatistossa tietomallin suunniteltujen pintojen vastaaviin koordinaatteihin. (Jääskeläinen 2011, 40) Työkoneautomaation periaate on esitetty kuvassa 7.

Muutosvastarintaa automaatiota vastaan aiheuttavat eniten kallis alkuinvestointi laitteiden hankintaan liittyen, sekä laitteiden toimivuus ja käytön opettelu. Investointi ja opettelu kuitenkin mahdollistavat kustannussäästöjä. Työsuorituksen tarkkuus paranee, jolloin yli- tai alikaivut vähenevät, eikä ylimääräisiä massoja kulu. Mittamiesten tarve vähenee, kun mittakeppejä ei enää tarvita maastossa ja työkoneella voidaan toteuttaa myös tarkemittaukset työn ohessa, jolloin raportointiaineistokin saadaan ilman ylimääräistä mittaustyötä. Kaivinkoneen kuljettajan ei enää tarvitse hyppiä ulos koneesta mittaamaan korkoja, joten työsuoritteetkin nousevat.



KUVA 7. Työkoneautomaation perusteet

Työkoneautomaatio on arkipäiväistymässä eritoten isoilla väylähankkeilla. Esimerkiksi Destian Oy:n toteuttamassa Suomen suurimmassa ST-rataurakassa, Riippa-Eskolan kaksoisraideurakassa, on hyödynnetty laajasti tietomallintamisen ja työkoneautomaation mahdollisuuksia, kun suunnitelman muutokset saadaan ajettua suoraan työmaan päätteisiin. (Lippo, 1/2014, 16–18)

Työkoneautomaatiota voi tietenkin käyttää kaivinkoneiden lisäksi myös muissa työmaan koneissa, esimerkiksi tiehöylissä, pusku- ja traktoreissa ja jyrissä. Esimerkiksi tiiveysmittarilla ja gps-antureilla varustetulla jyrällä saadaan pitkilläkin linjoilla kätevästi selville jyräskerrat ja laajat tiiveysmittaukset kaikkialta, missä jyrää on käytetty.

## 4 TYÖMAAN MASSAT

Kuten mainittua, suuri osa maarakennustyömaiden tehtävistä liittyy massojen leikkaamiseen, siirtämiseen ja vastaanottamiseen. Jotta suunnitelmia ja rakennusaikaista toteutumista voidaan verrata keskenään ja tehdyt työmäärät selvittää, täytyy työmaan toimihenkilöiden ja mittamiesten suorittaa mittauksia. Arkipäiväisimmät mittaukset suoritetaan mittanauhalla mittakeppejä hyväksikäyttäen ja niillä selvitetään leikkausten, pengerrysten ja täyttöjen aloja ja tilavuuksia joiden perusteella laaditaan mittapöytäkirjoja. Yleisin näissä toimissa käytetty rakennetilavuusyksikkö on m<sup>3</sup>rtr, teoreettinen rakennetilavuus.

Nämä mittapöytäkirjat ovat perusta työmaan talouden pyörittämiselle. Tehtyjen työmäärien perusteella tilaaja maksaa pääurakoitsijalle maksuerät johon työmaan valmiustaso oikeuttaa, ja urakoitsija maksaa aliurakoitsijoille niille kuuluvat osat. Tässä työssä keskitytään erityisesti ulkoisten massojen määrämittaukseen, mutta sitä voidaan soveltaa myös työmaan sisäisten massojen siirtoon.



KUVA 8. Suodatinhiekkakerroksen mittaus käynnissä (Halonen, 2011)

### 4.1 Perinteinen massanseuranta

Työmaalla mittauksissa saatujen tilavuuksien tueksi tilatut ja vastaanotetut massat kirjataan ylös. Kuorma-autokukset toimittavat työmaalle yleensä kuormasta kuitin eli ajolapun. Kiviainestoimittaja voi myös lähettää yhteenvedon toimitetuista aineksista. Käytäntö on kuitenkin näyttänyt, että ajolaput ovat herkkiä vahingoittumaan ja katoamaan työmaan melskeessä, ja toimittaja lähettää yhteenvetoja kerran tai kaksi kuukaudessa. Näin ollen toiminta on hidasta ja työlästä massaseurantaa ja työmaan tilanneraportointia silmälläpitäen. Tietojen keräämisen jälkeen työmaan toimihenkilöstö laskee toimitetut massat ja vertaa niitä työmaan mittaustuloksiin. Destia Oy:llä ei ole ollut käytössä minkäänlaista yhtenäistä käytäntöä massojen vertailua ja seurantaa varten, vaan laskennat on suoritettu käsin kunkin parhaakseen katsomalla tavalla.

## 4.2 AC-Tietojärjestelmä

Kesällä 2014 Destia Oy:n työmaalla Laukaassa kokeiltiin yhteistyössä KAK Oy:n kanssa AC-sähköautot Oy:n tuottamaa tietojärjestelmäpalvelua reaaliaikaiseen massojen ajon seurantaan. Tietojärjestelmä pohjautuu yrityksen tuottamiin ajoneuvotietokoneisiin ja Internetin kautta toimivaan portaaliin, joihin kirjataan kunkin auton kuljettamat massat määrineen ja lajikkeineen. Ajoneuvotietokone on kuljetusajoneuvoihin suunniteltu tietokonepäätte, jossa on langaton Internet-yhteys ja GPS-paikannusjärjestelmä. Näin ajoneuvo on yhteydessä konttorille, mikä mahdollistaa nopean tietojen lähettämisen ja auton reaaliaikaisen paikannuksen. Työmaan kiviainestoimittajana toimi KAK Oy, jonka jokaisesta ope-roivasta kuorma-autosta löytyy asennettuna ajoneuvotietokone.

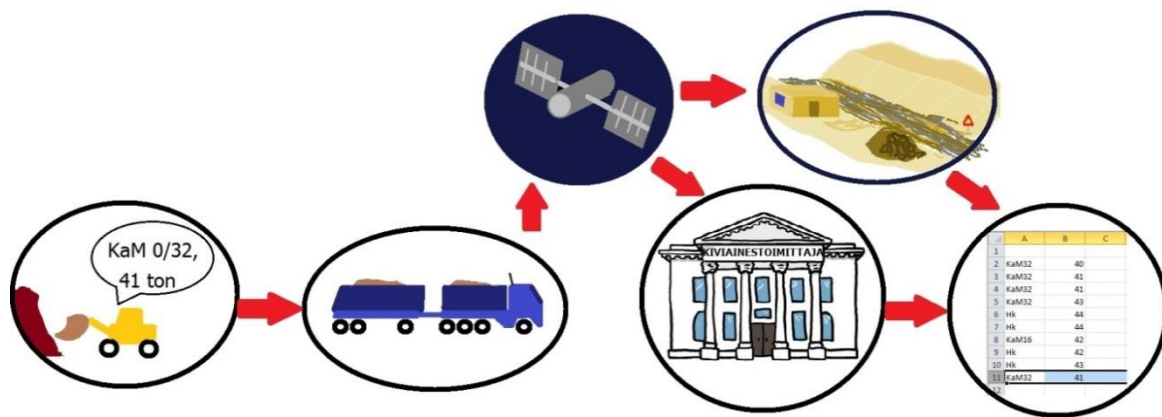


KUVA 9. Maalaatikon täyttö käynnissä

## 4.3 Tietojärjestelmän toiminta

Kun kiviaineksia tilataan työmaalle, kiviainestoimittaja lähettää tiedot tilatusta lajikkeesta ja osoitteesta suoraan auton ajoneuvotietokoneeseen. Auto ajaa montulle, jossa pyöräkuormaaja toimittaa kuormauksen jälkeen tiedon kuorman painosta tonneissa, ja se kirjataan ajoneuvotietokoneelle. Tämän jälkeen auto on valmis lähtemään työmaalle, ja massamäärätieto välittyy reaaliaikaisesti palvelimelle, josta se on työmaahenkilöstön Internetselainpohjaisesta seurantapalvelusta luettavissa, kirjatavissa ja kuitattavissa jo ennen kuin kuorma saapuu työmaalle. Tiedon kulku on myös havainnollistettuna kuvassa 10.





KUVA 10. Tiedon kulku murskekasalta työmaan kirjanpitoon

#### 4.4 Seurantapalvelun käyttö

Tietojärjestelmän tietoja seurattiin Internet-selaimella toimivassa AC-kuljetustenseurantapalvelussa, joka toimi osoitteessa [www.acev.fi/login](http://www.acev.fi/login). Palvelun käyttö vaatii urakoitsijakohtaiset tunnukset, jotka saatiin kiviainestöimittajalta. Palvelun lisenssi kuljetusten seurantaan varten maksaa 8,76 € kuukaudessa, ja esimerkiksi yhdellä Destian tunnuksella pystyttiin seuraamaan kaikkia Destian Jyväskylän yksikön ja KAK:n välisiä kuljetuksia.

The screenshot shows a web application interface for tracking transport orders. The main table is titled 'Tilaukset' and has the following columns: Aika, Auto, Tilausnumero, Asiakas, Työmaa, Rivejä, and Status. The table contains 20 rows of data, each representing a transport order with its specific details.

Aika	Auto	Tilausnumero	Asiakas	Työmaa	Rivejä	Status
27.8.2014 00:00		229758	DESTIA OY/RAKENTAJAT	OLKKONEN/LAHNAJARVEN LIITTYMÄT	3	E: Päätetty
19.8.2014 00:00		229379	DESTIA OY/RAKENTAJAT	OLKKONEN/LAHNAJARVEN LIITTYMÄT	1	E: Päätetty
14.8.2014 00:00		229167	DESTIA OY/RAKENTAJAT	OLKKONEN/LAHNAJARVEN LIITTYMÄT	1	E: Päätetty
14.8.2014 00:00		229166	DESTIA OY/RAKENTAJAT	OLKKONEN/RAUNILANTIEN LIITTYMÄ	2	E: Päätetty
22.7.2014 07:00		228025	DESTIA OY/RAKENTAJAT	VESTERINEN/HUPELINTIE	2	E: Päätetty
21.7.2014 00:00		227989	DESTIA OY/RAKENTAJAT	OLKKONEN/LAHNAJARVEN LIITTYMÄT	1	E: Päätetty
21.7.2014 00:00		227988	DESTIA OY/RAKENTAJAT	RAUNILANTIEN LIITTYMÄ	2	E: Päätetty
15.7.2014 00:00		227582	DESTIA OY/RAKENTAJAT	VESTERINEN/HUPELINTIE	4	E: Päätetty
16.6.2014 00:00		225972	DESTIA OY/RAKENTAJAT	AIJÄLÄNRANTAAN, KERROSTALOJEN	1	E: Päätetty
22.7.2013 00:00		213210	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KEHAVAYLA/OLKKONEN	1	E: Päätetty
6.5.2013 00:00		208980	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	2	E: Päätetty
2.5.2013 00:00		208773	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	1	E: Päätetty
9.4.2013 07:00		207998	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	1	E: Päätetty
15.2.2013 07:00		206401	DESTIA OY/RAKENTAJAT	AIJÄLÄNRANTA MASSANVAIHTO	1	E: Päätetty
7.2.2013 06:33		206185	DESTIA OY/RAKENTAJAT	AIJÄLÄNRANTA MASSANVAIHTO	4	E: Päätetty
6.2.2013 06:17		206138	DESTIA OY/RAKENTAJAT	AIJÄLÄNRANTA MASSANVAIHTO	2	E: Päätetty
5.2.2013 06:51		206086	DESTIA OY/RAKENTAJAT	AIJÄLÄNRANTA MASSANVAIHTO	2	E: Päätetty
4.2.2013 00:00		206018	DESTIA OY/RAKENTAJAT	AIJÄLÄNRANTA MASSANVAIHTO	2	E: Päätetty
5.11.2012 07:00		203221	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	1	E: Päätetty
1.11.2012 07:00		203143	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	3	E: Päätetty
22.10.2012 00:00		202618	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	1	E: Päätetty
18.10.2012 00:00		202505	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	2	E: Päätetty
10.10.2012 00:00		201984	DESTIA OY/RAKENTAJAT	AIJÄLÄNRANTA (VIHERLANDIAN)	1	E: Päätetty
17.9.2012 07:06		200344	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	3	E: Päätetty
14.9.2012 06:11		200278	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	3	E: Päätetty
13.9.2012 07:48		200228	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	3	E: Päätetty
12.9.2012 07:00		200131	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	3	E: Päätetty
24.8.2012 07:04		198936	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	9	E: Päätetty
24.8.2012 00:00		198946	DESTIA OY/RAKENTAJAT	KUOKKALAN KEHAVAYLA	1	E: Päätetty

KUVA 11. AC-kuljetustenseurantapalvelun pääikkuna.

Kuljetusten selaus tapahtui autokohtaisesti. Palveluun kirjautumisen jälkeen selaimen avautuu pääikkuna, (kuva 11) jossa vasemmalla sivulla on luettelo kaikkista toimittajan ajossa olevista autoista. Klikkaamalla kutakin luettelon autokohtaista linkkiä selain siirtyy auton välilehdelle, jossa näytetään kaikki kyseisen auton rakennustyömaille toimittamat kuljetukset aikajärjestyksessä (kuva 12). Ajetut massat saadaan näkyviin tietyn auton tietyn tilauksen sivulta.

Tilauksen tiedot –näkyssä esitetään ajettujen massojen lajike, kuormien massat tonneissa, sekä massojen alkuperäpaikka. Samalta sivulta massat on myös mahdollista kuitata vastaanotetuiksi. Massaseurantaa varten massojen määrät täytyy vielä kerätä Excel-taulukkoon kopioimalla ne jokaiselta tilaussivulta erikseen.

Yksittäisen työmaan kirjanpitoa ajatellen tämä ei ole yksinkertainen, selkein eikä nopein ratkaisu, koska tietyn työmaan ajot joudutaan etsimään lukuisten eri autojen välilehdiltä muiden työmaiden tilausten joukosta. Massaseurantaa helpottamaan olisikin toivottavaa, että palvelun kuljetusten seurannat saisi järjestettyä myös työmaakohtaisiksi. Suurimman avun tarjoaisi mahdollisuus saada palvelusta työmaakohtaisia massareportteja suoraan Excel-pohjaisesti.



**Tilauksen 229444 tiedot**

Edellinen tilaus (216467) | Seuraava tilaus (229622)  
Hyväksyjä:  Merkitse hyväksytyksi

Tiedot			
Auto:			
Asiakas:	DESTIA OY/RAKENTAJAT		
Tilausnumero:	229444		
Status:	E: Päätetty		
Tilattu toimitusaika:	20.8.2014		
Tilaaaja:	MÄKINEN		
Puhelinnumero:			
Laskutusosoite:	PL 153		
Laskutusosoite:	00521 HELSINKI		
Työmaan numero:	LAHNA		
Työmaan nimi:	OLKKONEN/LAHNAJÄRVEN LIITTYMÄT		
Toimitusosoite:	KAM56		
Toimitusosoite:			

<b>KAM56</b>	<b>0-56 MM KALLIOMURSKE</b>	<b>45.60 TN</b>	<b>LMK/KIVIMÄKI 2013</b>
20.8.2014 15:32	Kuorma 45.60 TN	Status: D: Toimitettu	vaakakuitti: 76901 KAUH: 4
<b>KAM31</b>	<b>0-31 MM KALLIOMURSKE</b>	<b>22.60 TN</b>	<b>LAMMINMÄKI</b>
21.8.2014 12:43	Kuorma 22.60 TN	Status: D: Toimitettu	
<b>KAM56</b>	<b>0-56 MM KALLIOMURSKE</b>	<b>372.95 TN</b>	<b>LAMMINMÄKI</b>
20.8.2014 16:37	Kuorma 46.45 TN	Status: D: Toimitettu	
20.8.2014 17:34	Kuorma 47.90 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 07:20	Kuorma 47.20 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 08:23	Kuorma 47.60 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 09:27	Kuorma 44.85 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 10:35	Kuorma 44.75 TN	Status: D: Toimitettu	
22.8.2014 08:01	Kuorma 47.20 TN	Status: D: Toimitettu	
22.8.2014 10:20	Kuorma 47.00 TN	Status: D: Toimitettu	
<b>KA180</b>	<b>0-180 MM KALLIOMURSKE</b>	<b>542.90 TN</b>	<b>LAMMINMÄKI</b>
21.8.2014 11:37	Kuorma 45.20 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 12:43	Kuorma 22.70 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 13:38	Kuorma 47.80 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 14:34	Kuorma 47.80 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 15:31	Kuorma 47.30 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 16:29	Kuorma 48.35 TN	Status: D: Toimitettu	
21.8.2014 17:28	Kuorma 47.25 TN	Status: D: Toimitettu	
22.8.2014 09:00	Kuorma 46.50 TN	Status: D: Toimitettu	
22.8.2014 11:21	Kuorma 48.05 TN	Status: D: Toimitettu	
22.8.2014 12:17	Kuorma 49.00 TN	Status: D: Toimitettu	
22.8.2014 13:15	Kuorma 45.45 TN	Status: D: Toimitettu	
22.8.2014 14:11	Kuorma 47.50 TN	Status: D: Toimitettu	

KUVA 12. Näkymä tietyn auton tietyn tilauksen tilasta

## 5 MASSOJEN MUUNNOKSET

Kun erilaisia maamassoja kaivetaan, kuormataan, otetaan vastaan ja tiivistetään, niiden tilavuus suhteessa painoon muuttuu sitä mukaa, kun ne löyhtyvät ja uudelleentiivistyvät eri käsittelyvaiheissa. Raekooltaan erilaiset massat käyttäytyvät eri tavalla. Eri maalajikkeilla on myös erilaiset ominaismassansa kuutiota kohden. Lavalle kuormattujen maa-ainesten tilavuuspainoja on esitetty taulukossa 9.

Kuten edellä on mainittu, suunnittelijat ilmoittavat tarvittavat massat massalaskelmissaan teoreettisina kiintokuutioina,  $m^3ktr$ . Ajolapuissa ja AC-kuljetustenseurantapalvelussa tuodut massat kuitenkin ilmoitetaan tonneina. Siksi on tärkeää tietää eri maalajikkeiden massat ja tiiviyden muutos niiden eri käsittelyvaiheissa.



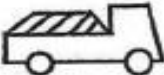


### 5.1 Tilavuuskäsitteet ja massakertoimet

Massojen eri käsittelyvaiheiden mukaisien tilavuuksien laskemisen avuksi on muodostettu viisi erilaista tilavuuskäsitettä. Näitä ovat teoreettinen ja todellinen kiintotilavuus,  $m^3ktr$  ja  $m^3ktd$ . Niitä käytetään kuvaamaan suunniteltuja eli teoreettisia ja rakennusvaiheessa toteutuneita, eli todellisia massojen tilavuuksia maaleikkaustöissä jolloin maita poistetaan linjalta. Todellisella irtotilavuudella  $m^3itd$  tarkoitetaan massojen tilavuutta esimerkiksi kuorma-auton lavalle kuormattuna tai väliaikaiselle maansijoituspaikalle ajettuna. Suunniteltujen ja rakennettavien penkereiden tai maalaatikoiden, eli linjalle tuotavien massojen tilavuuksia kuvaavat teoreettinen ja todellinen rakennetilavuus  $m^3rtr$  ja  $m^3rtd$ .

Näiden tilavuuskäsitteiden keskinäisiä suhteita kuvataan massakertoimilla, joita ovat ryöstökerroin, löyhtymiskerroin, tiivistymiskerroin ja täyttökerroin. Ryöstökerroin, joka kuvaa suunnitellun ja toteutuneen maaleikkauksen suhdetta. Löyhtymiskerroin kuvaa tiiviin maamassan löyhtymistä kuormaustilanteessa. Tiivistymiskerroin kuvaa löyhtyneen maamassan tiivistymistä, kun niitä vastaanotetaan ja levitetään linjalle. Täyttökerroin kuvaa suunnitellun ja rakennetun penkereen tai maalaatikon tilavuuksien suhdetta. Niiden merkitykset ovat havainnollistettu taulukossa 6.

Työkoneautomaation yleistyessä kertoimet tulevat pienenevänsä. Kun työn virhemarginaali suunnittelusta koko työkohteen alueella on enää muutamasta millistä pariin kymmeneen milliin, tarkkuus paranee huomattavasti. Niinpä esimerkiksi ryöstökerroin tulee tulevaisuudessa pienentyvänsä kun teoreettinen kiintotilavuus  $m^3ktr$  lähenee todellista kiintotilavuutta  $m^3ktd$ . Samoin todellinen rakennetilavuus  $m^3rtd$  tulee tarkkuuden myötä lähenemään teoreettista rakennetilavuutta  $m^3rtr$ , jolloin myös täyttökerroin pienenee. Vielä tässä vaiheessa uutta tutkittua tietoa keskimääräisistä ryöstökertoimista ei varsinaisesti ole, joten massojen muunnoslaskuihin käytetään edelleen TVL:n peruja olevia arvoja.

TAULUKKO 6. Maarakentamisen tilavuuskäsitteet ja massakertoimet (Määrämittausperusteet 02 Liite 1)

Lyhenne	Nimitys	Selitys	
$m^3ktr$	teoreettinen kiintotilavuus	luonnontilainen teoreettinen poikkileikkaus (mitattu piirustuksista)	
$y_1 = \frac{m^3ktd}{m^3ktr} \quad \text{ryöstökerroin}$			
$m^3ktd$	todellinen kiintotilavuus	luonnontilainen, todellinen poikkileikkaus (mitattu luonnossa)	
$k_1 = \frac{m^3itd}{m^3ktd} \quad \text{löyhtymiskerroin}$			
$m^3itd$	todellinen irtotilavuus	todellinen tietyssä käsittelyvaiheessa	
$k_2 = \frac{m^3rtd}{m^3itd} \quad \text{tiivistymiskerroin}$			
$m^3rtd$	todellinen rakennetilavuus	rakenteessa, todellinen poikkileikkaus (mitattu luonnossa)	
$y_2 = \frac{m^3rtr}{m^3rtd} \quad \text{täyttökerroin}$			
$m^3rtr$	teoreettinen rakennetilavuus	rakenteessa, teoreettinen poikkileikkaus	

## 5.2 Massojen kulku työmaalla

Yllä taulukossa 6 esitellyt tilavuuskäsitteet voidaan myös esittää logistis-kronologisesti alla olevan taulukon 7 mukaisesti.

TAULUKKO 7. Massakertoimet ja massojen kulku (TVL)

**MASSAKERTOIMET**

RYÖSTÖKERROIN  $y_1 = \frac{m_{3ktd}}{m_{3ktr}}$

TIIVISTYISKERROIN  $k_2 = \frac{m_{3rtd}}{m_{3itd}}$

LÖYHTYISKERROIN  $k_1 = \frac{m_{3itd}}{m_{3ktd}}$

TÄYTTÖKERROIN  $y_2 = \frac{m_{3rtr}}{m_{3rtd}}$

**MATERIAALIN KULKU**

1. Tielinjan leikkauksesta rakenteeseen  
( $m_{3ktr} \rightarrow m_{3rtr}$ )

$$V(m_{3rtr}) = y_1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot y_2 \cdot V(m_{3ktr})$$

2. Tielinjan leikkauksesta kuljetusvälineen  
lavalle ( $m_{3ktr} \rightarrow m_{3itd}$ )

$$V(m_{3itd}) = y_1 \cdot k_1 \cdot V(m_{3ktr})$$

3. Varamaanottopaikoista rakenteeseen  
( $m_{3ktd} \rightarrow m_{3rtr}$ )

$$V(m_{3rtr}) = k_1 \cdot k_2 \cdot y_2 \cdot V(m_{3ktd})$$

4. Kuorma-auton lavalta rakenteeseen  
( $m_{3itd} \rightarrow m_{3rtr}$ )

$$V(m_{3rtr}) = k_2 \cdot y_2 \cdot V(m_{3itd})$$

## 5.3 Massojen muunnokset.

Massojen tilavuuksien muunnoslaskelmien nopeuttamiseksi on laadittu InfraRYL 2006:n liitteeksi massakertoimien muunnostaulukon (taulukko 8). Sen avulla tietyn olomuodon omaavat maakuutiot on helppo muuntaa suoraan haluttuun muotoon käsittelyvaiheen mukaan.

TAULUKKO 8. Massakertoimien muunnostaulukko. (InfraRYL 2006)

Maalaji	Massakertoimien yhdistelmät ja käänteisarvot					
	Tilavuusyksikkö ennen kertomista massakertoimella					
	1) m <sup>3</sup> ctr	2) m <sup>3</sup> ktd	3) m <sup>3</sup> itd	4) m <sup>3</sup> rtd	5) m <sup>3</sup> rtr	
		$\frac{1}{y_1}$	$\frac{1}{k_1} \times \frac{1}{y_1}$	$\frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1} \times \frac{1}{y_1}$	$\frac{1}{y_2} \times \frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1} \times \frac{1}{y_1}$	
Savi		0,95	0,60	1,10	1,10	1) m <sup>3</sup> ctr
Siltti		0,94	0,63	0,98	0,98	
Hiekka		0,95	0,77	1,05	1,16	
Sora		0,87	0,77	1,05	1,16	
Louhe		0,91	0,52	0,57	0,52	
M-sora		0,83	0,46	0,60	0,67	
Murske		0,83	0,40	0,54	0,60	
	$y_1$		$\frac{1}{k_1}$	$\frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1}$	$\frac{1}{y_2} \times \frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1}$	2) m <sup>3</sup> ktd
Savi	1,05		0,63	1,16	1,16	
Siltti	1,06		0,66	1,04	1,04	
Hiekka	1,05		0,80	1,10	1,21	
Sora	1,15		0,87	1,20	1,33	
Louhe	1,10		0,57	0,63	0,57	
M-sora	1,20		0,56	0,72	0,80	
Murske	1,20		0,48	0,65	0,73	
	$y_1 \times k_1$	$k_1$		$\frac{1}{k_1}$	$\frac{1}{y_2} \times \frac{1}{k_2}$	3) m <sup>3</sup> itd
Savi	1,68	1,60		1,85	1,85	
Siltti	1,59	1,50		1,56	1,56	
Hiekka	1,30	1,25		1,37	1,52	
Sora	1,32	1,15		1,39	1,54	
Louhe	1,93	1,75		1,11	1,01	
M-sora	2,16	1,80		1,30	1,45	
Murske	2,52	2,10		1,37	1,52	
	$y_1 \times k_1 \times k_2$	$k_1 \times k_2$	$k_2$		$\frac{1}{y_2}$	4) m <sup>3</sup> rtd
Savi	0,91	0,86	0,54		1,00	
Siltti	1,02	0,96	0,64		1,00	
Hiekka	0,95	0,91	0,73		1,11	
Sora	0,95	0,83	0,72		1,11	
Louhe	1,74	1,58	0,90		0,91	
M-sora	1,66	1,39	0,77		1,11	
Murske	1,84	1,53	0,73		1,11	
	$y_1 \times k_1 \times k_2 \times y_2$	$k_1 \times k_2 \times y_2$	$k_2 \times y_2$	$y_2$		5) m <sup>3</sup> rtr
Savi	0,91	0,86	0,54	1,00		
Siltti	1,02	0,96	0,64	1,00		
Hiekka	0,86	0,82	0,66	0,90		
Sora	0,86	0,75	0,65	0,90		
Louhe	1,91	1,74	0,99	1,10		
M-sora	1,49	1,25	0,69	0,90		
Murske	1,66	1,38	0,66	0,90		

Massakertoimien yhdistelmät ja käänteisarvot on laskettu valmiiksi numeroarvoiksi.

## 5.4 Massat tonneina

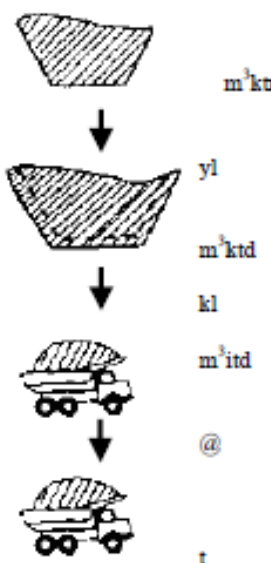
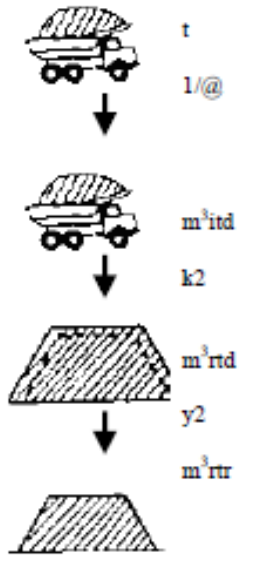
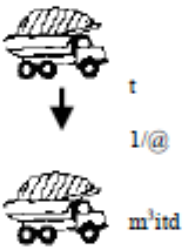
Koska maamassojen tilavuudet vaihtelevat, on yksinkertainen tapa massojen määrien mittaamiseen määrittää ne painon mukaan. Koska näin ollen yleisin yksikkö maa-aineksia hankkiessa on tonni, on niitä aineksia ostaessa ja kuljetettaessa myös hyvä tietää niiden likimääräiset tilavuuspainot tonneita. Ne on esitetty taulukossa 9.

TAULUKKO 9. Likimääräiset maa- ja kiviainesten tilavuuspainot auton lavalle kuormattuna (Maarakentajan työmaakansio, 29)

<b>Turve</b> .....	<b>1.100 ton/m<sup>3</sup>itd</b>
<b>Lieju</b> .....	<b>1.200 "</b>
<b>Multa</b> .....	<b>1.300 "</b>
<b>Savi</b> .....	<b>1.500 "</b>
<b>Siltti (Hiesu)</b> .....	<b>1.600 "</b>
<b>Hiekka</b>	
- hieno .....	<b>1.300 "</b>
- karkea.....	<b>1.500 "</b>
<b>Sora</b>	
- hieno .....	<b>1.600 "</b>
- karkea.....	<b>1.800 "</b>
<b>Moreeni</b>	
- hieno .....	<b>1.500 "</b>
- karkea.....	<b>1.700 "</b>
- kivinen.....	<b>1.900 "</b>
<b>Louhe</b> .....	<b>1.800 "</b>
<b>Soramurske</b>	
- 0-20 mm.....	<b>1.550 "</b>
- 0-35 mm.....	<b>1.650 "</b>
- 0-65 mm.....	<b>1.750 "</b>
<b>Kalliomurske</b>	
- 0-20 mm.....	<b>1.500 "</b>
- 0-35 mm.....	<b>1.600 "</b>
- 0-65 mm.....	<b>1.700 "</b>

Taulukon 8 ja taulukon 9 arvoja yhdistämällä olisi jo mahdollista muuntaa suunnittelijan ilmoittamat teoreettiset kiintotilavuudet tarvittaviksi kuorma-autolla kuljetettaviksi tonneiksi, ja toisinpäin. InfraRYL 2006:n liitteissä on tarjolla muunnostaulukko (taulukko 10), jonka avulla saadaan muunnettua yleisimmät kiviainesten tilavuusyksiköt yksiköstä toiseen yhdistettyjen tilavuus- ja massakertoimien avulla. Myös tämän opinnäytetyön puitteissa toteutetun massaseurantatyökalun muunnoslaskut pohjautuvat kyseisen taulukon arvoihin.

TAULUKKO 10. Yhdistetyt tilavuus- ja massakertoimet. (InfraRYL 2006)

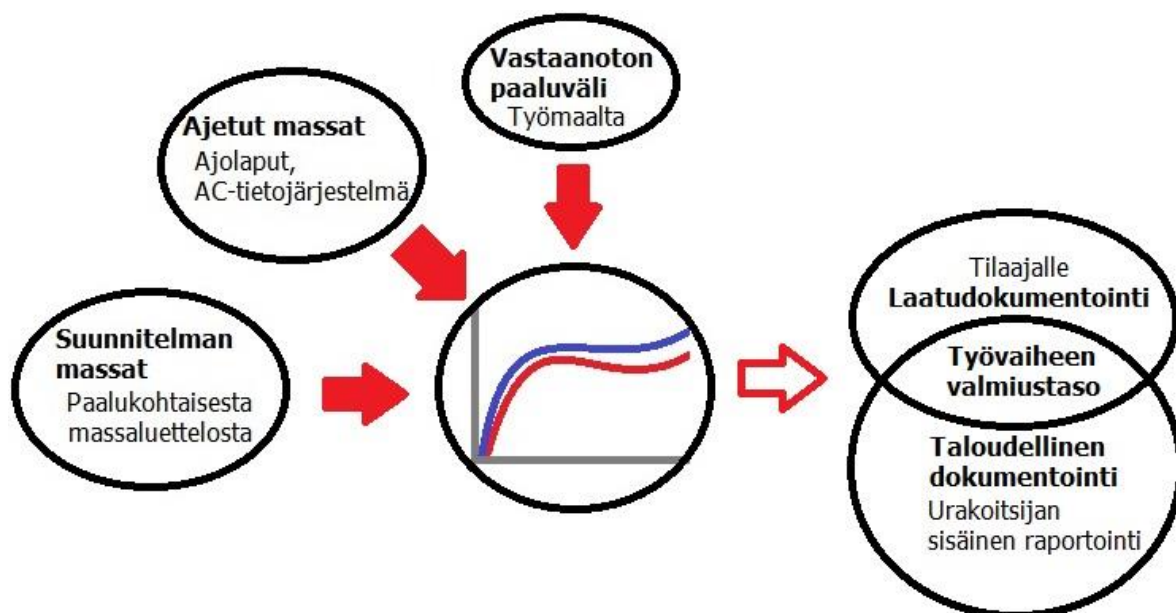
HKR TALOUDELLISUUS- STANDARDIT MAARAKENNUSALA KUNNALLISTEKNILISET TYÖT TILAVUUS- JA PAINOYKSI- KÖIDEN MUUNTOKERTOIMET		0000 KÄSITTEIDÖT JA LAATUSTANDAR- DIT	SUOITUS KAN- SIOON	REK. NRO	TYÖN- VAIHE N, RO
		MASSAKERTOIMET	0	2254/1 (5)	2100, 3100
		y1, k1, k2, y2, @	LAATIJA	HKR/Kao	1996
MATERIAALI			LAADINTAPERUSTEET		
Sa, Si, (Hs, Ht), HHk, Hk, srHk, hkSr, Sr, HtMr, HkMr, M (= murske)			TVL-standardeja HKR:n työntutkimuksia		
TILAVUUS- JA PAINOYKSIKÖIDEN MUUNTOKERTOIMET			Taulukko 1		
Rakenne	Maalajit	Leikkauksesta kuljetusvälineeseen y1 x k1 x @ (m <sup>3</sup> ktr → t)	Kuljetusvälineestä rakenteeseen 1/@ x k2 x y2 (t → m <sup>3</sup> rtr)	Kuljetusvälineessä 1/@ (t → m <sup>3</sup> itd)	
Penger	Sa	2,52	0,36	0,66	
	Si (Hs, Ht)	2,54	0,40	0,62	
	HHk	1,90	0,50	0,70	
	Hk	1,82	0,47	0,71	
	srHk	1,95	0,45	0,65	
	hkSr	2,20	0,40	0,60	
	Sr	2,24	0,38	0,58	
	HtMr	2,55	0,40	0,60	
	HkMr	2,30	0,40	0,60	
Eristys	Hk	1,83	0,47	0,71	
Jakava	Sr	2,27	0,38	0,58	
	M	3,56	0,41	0,60	
Kantava	Sr	2,27	0,38	0,58	
	M	3,56	0,41	0,60	
Massankulku		m <sup>3</sup> ktr → t	t → m <sup>3</sup> rtr	t → m <sup>3</sup> itd	
					
	@ = irtotiheys = t/m <sup>3</sup> itd				



## 6 MASSASEURANTATAULUKKO

Tämän opinnäytetyön päätarkoituksena on tuottaa toimeksiantajaorganisaation käyttöön soveltuva Excel-pohjainen laskentatyökalu helpottamaan rakennustyömaiden, eritoten tietyömaiden, paaluväli-kohtaista massaseurantaa. Taulukon toiminta perustuu AC- tietojärjestelmästä saataviin maa-ainesten tonneina ilmoitettuihin määriin sekä edellä esitettyihin massojen muunnostaulukoihin ja tilavuuspainoihin. Sen toimintakaavio on esitettyä kuvassa 13.

Taulukon käytön tulisi olla mahdollisimman selkeää, ja taulukon tulisi näyttää työmaalle toimitettujen massojen tilanne myös mahdollisimman visuaalisesti. Taulukon pitäisi siis näyttää työmaan valmiustaso rakenteisiin levitettyjen massojen osalta, ja verrata toteutunutta tilannetta suunniteltuihin. Taulukon näkymiä voi tämän jälkeen tulostaa ja käyttää liitteinä työmaaorganisaation raporteissa.



KUVA 13. Massaseurantataulukon toimintakaavio

### 6.1 Taulukon käyttäminen

#### 6.1.1 Lähtötiedot

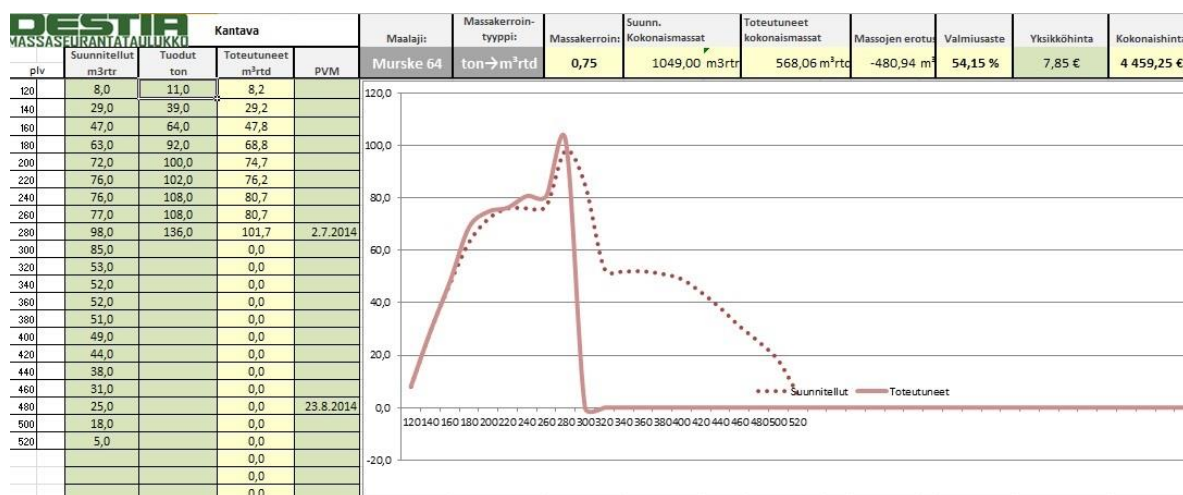
Massavertailun pohjana käytetään suunnittelijan ilmoittamia määriä. Ulkoisia, tuotuja massoja käsitellessä nämä määrät ovat yleensä ilmoitettu teoreettisena rakennelavuutena  $m^3/rtr$ . Arvot kirjataan taulukon "suunnitellut massat" -sarakkeisiin paaluvälien mukaisesti. Taulukossa on oletuksena omat välilehtensä kaikille yleisimmille rakennekerroksille. Välilehdille on valittu oletukseksi tietyjen kerrostyypien massakertoimet ylälaidan valikoista. Tarvittaessa asetuksia on mahdollista vaihtaa ja uuden rakennekerrostyypin eli välilehden luominen onnistuu helposti kopioimalla vanha välilehti pohjaksi. Tarpeen mukaan taulukko muuntaa suunnitellut massat kuorma-auton lavalle kuormatuiksi tonneiksi, tai muihin haluttuihin tilavuusyksiköihin.

### 6.1.2 Taulukon täyttäminen

Työmaalta tulee työpäivän loppuksi saada tieto siitä paalusta, eli kohdasta työmaan linjalla, johon massojen ajaminen on kulloinkin päätetty. Yleensä tämä tieto kirjataan myös työmaapäiväkirjoihin. Päivän aikana ajatut massat kootaan ja jyvitetään päivän aikana rakennetulle paaluvälille sarakkeeseen "tuodut massat". Kirjatut massat muunnetaan toteutuneet massat -sarakkeessa sopimaan yhteen suunnitelman massojen kanssa sen perusteella, mikä maalaji ja tilavuustyyppi valikoista on valittuna.

### 6.1.3 Taulukon toiminta

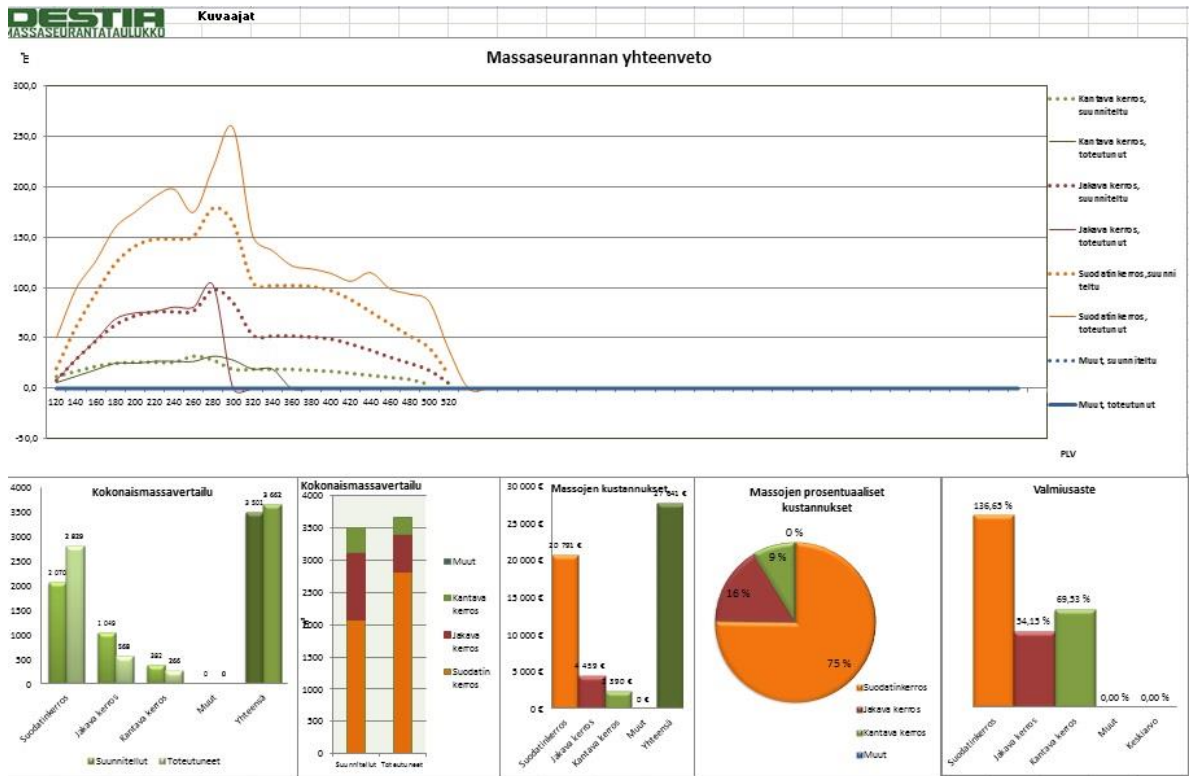
Edellä annettujen tietojen perusteella taulukko piirtää kuvaajaan rakennekerroksen suunnitelman ja toteutuman käyrät kyseiselle paaluvälille  $m^3/rtr$  -muodossa. Suunniteltujen ja toteutuneiden massojen käyrien trendien suhteista näkyy siten, onko kerrokseen käytettäviä massoja kulunut suunniteltua liikaa tai liian vähän, vai onko suunnitelma ja toteutuma tasapainossa.



KUVA 15. Massaseurantataulukon näkymä kantavan kerroksen välilehdellä

### 6.1.4 Massaseurannan yhteeneto

Massatöiden kokonaistilanne näytetään yhteenvedo –välilehdellä, joka sisältää kuvaajan kaikkien syötettyjen rakennekerrosten vertailukäyristä. Tämän kuvaajan lisäksi näkymä sisältää omat kuvaajat myös massojen kustannuksista (jos yksikköhintatiedot on syötetty rakennekerrosten välilehdille) ja laskennallisen työvaiheiden valmiusasteen (suunniteltuihin massoihin verrattuna). Näkymä on sovitettu niin, että sen saa vaivattomasti tulostettua esimerkiksi A3-arkille raporttien liitteeksi.



KUVA 16. Massaseurannan yhteenveto –näky

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tilaajaorganisaatio Destia Oy:n käyttöön massaseurantaa helpottava laskentatyökalu ja kehittää Destia Oy:n ja KAK Oy:n välistä yhteistyötä koeponnistamalla KAK Oy:n käytössä ollutta AC-tietojärjestelmää työmaakäytössä. Massaseurantataulukko tehtiin keväällä 2014, ja sitä paranneltiin kesällä 2014 oikeissa työmaolosuhteissa suoritetun kokeilun saatujen kokemusten mukaan. Tietojärjestelmän sopivuutta kokeiltiin samaan aikaan kesällä 2014.

### 7.1 AC-tietojärjestelmä

AC-tietojärjestelmä on tervetullut apuväline ajojen seurantaan ja – lastentaudeista huolimatta - siinä on paljon potentiaalia helpottamaan massaseurantaa. Nykyisen kaltaisella selantalogiikalla on vielä kuitenkin kyseenalaista, helpottaako se todella ajettujen massojen seuranta. Tietojen päivittyminen nopeutuu entisestä reaaliaikaiseksi, mutta niiden helposti käsiteltävään muotoon saaminen on vielä kompastuskivi.

### 7.2 Massaseurantataulukko

Massaseurantataulukosta tuli tehtävänsä varsin kätevä työkalu, mutta sen toiminta on optimaalista (vielä) oikeastaan vain yksinkeirtaisissa linjaprojekteissa, jossa työ, siis massojen ajo ja levitys, etenee suoraviivaisesti paikasta A paikkaan B. Jos samalla työmaalla on vaikkapa monta massojenvastaanottoa pitkin samaa linjaa, vaikeutuu massojen vastaanottoaikkojen erittely, jos kaikki ajossa olevat kuorma-autot ajavat massoja sekalaisessa järjestyksessä kullekin vastaanottoaikalle. Tällöin massojen jyvityksestä taulukkoon tulee vaikeaa ja taulukon piirtämien käyrien paikkansapitävyys on jo varsin kyseenalaista.

Yksinkertaisin ratkaisu tähän ongelmaan lienee niin sanotusti "nimikkoautojen" osoittaminen kullekin vastaanottoaikalle. Kun vain tietyt autot ajavat materiaalia tietyille pisteille, seurannan ongelmat häviävät. Tämä ei kuitenkaan aina ole välttämättä resurssien kannalta järkevää ja kannattavaa. Jatkokehitystyön tuloksena tietojärjestelmä ja massaseurantataulukko voisi olla mahdollista saada kommunikoimaan keskenään (esimerkiksi pivot-taulukoilla) niin, että seurantataulukko päivittäisi massat automaattisesti, kun uusia massatietoja syötetään tietopalveluun.

## LÄHTEET

DESTIA OY. 2015. Ruutukaappaus tietomallin 3D-näkymästä.

HALONEN, Ville. 2011. Digitaalinen kuva Hirvaskankaan työmaalta.

HARTIKAINEN Olli-Pekka, 2007. Maarakennustekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy

Infra RYL 2006. Rakennustieto Oy. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy

JÄÄSKELÄINEN, Raimo. 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. Porvoo: WS Bookwell Oy

JÄÄSKELÄINEN, Raimo. 2011. Geotekniikan perusteet. Jyväskylä: WS Bookwell Oy

KORHONEN, Kalle-Heikki, GARDEMEISTER, Reijo ja TAMMIRINNE, Markku. Geotekninen maaluokitus. Otaniemi: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1974 - (Tiedonanto / Valtion teknillinen tutkimuskeskus, geotekniikan laboratorio

KUULA, Pirjo. 2014 Inframateriaalien CE-merkintä. Luentoesitys. Tampereen Tekninen yliopisto [Viitattu 2015-03-25]. Saatavissa: [http://www.tamk.fi/cms/hakumm.nsf/lupGraphics/CE%20merkint%C3%A4%20Kuula.pdf/\\$file/CE%20merkint%C3%A4%20Kuula.pdf](http://www.tamk.fi/cms/hakumm.nsf/lupGraphics/CE%20merkint%C3%A4%20Kuula.pdf/$file/CE%20merkint%C3%A4%20Kuula.pdf)

KUULA, Pirjo. 2010. Kivi- ja maa-aineksen ominaisuuksien määrittäminen ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Luentoesitys. Tampereen Tekninen yliopisto [Viitattu 2015-03-273]. Saatavissa: <http://www.kainuunetu.fi/UserFiles/d763e312-4069-4815-82bd-f6886b1871ca/Web/Kivi%20ja%20kaivos/Kivi-%20ja%20maa-aineksen%20ominaisuuksien%20m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4minen%20ja%20soveltuvuus%20eri%20k%C3%A4ytt%C3%B6tarkoituksiin.%20Pirjo%20Kuula-V%C3%A4is%C3%A4nen%20Tampereen%20Teknillinen%20yliopisto.pdf>

LOJANDER, Matti. 2015. MAAN FYSIKAALISET OMINAISUUDET. Luentomoniste. [Viitattu 2015-05-11]. Saatavissa [https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/eny-c2004/luennot/ENY-C2004\\_maalajien\\_nimeaminen-m.lojander.pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/eny-c2004/luennot/ENY-C2004_maalajien_nimeaminen-m.lojander.pdf)

NYMAN, Martti. 2005. Kadut. Luentomoniste. Savonia-ammattikorkeakoulu.

MAARAKENTAJAN TYÖMAAKANSIO SML 2000. Tientekemisen työn suunnittelu. TVH 1977.

LIPPO, Risto. 2014/1. Riippa-Eskola osana Pohjanmaan ratahanketta. Tierakennusmestari. [Viitattu 2015-05-03]. Saatavissa: <http://www.tierakennusmestari.com/lehdet/Lippo.pdf>