

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutustekniikka
Yhdyskuntatekniikka

opinnäytetyö

Juha Leppänen

Massansiirron logistiikan suunnittelu suurissa tiehankkeissa

Työn ohjaaja TkL Reijo Rasmus

Työn teettäjä Niska & Nyysönen Oy Sami Immonen

Helsinki 2007

TIIIVISTELMÄ ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Yleistä massansiirtosuunnittelusta ja sen merkityksestä	6
1.2	Työn tavoitteet	6
2	MASSANSIIRTOSUUNNITELMAN VAIHEISTUS JA LÄHTÖTIETOJEN KÄSITTELY	6
2.1	Massansiirtosuunnittelun lähtötiedot ja niiden käsittely	8
2.2	Massojen vastaavuuksien määrittäminen	9
2.3	Suomessa käytössä oleva massojen tilavuuden määrittämisjärjestelmä	9
2.4	Massakertoimin määrittäminen	10
2.5	Muita massan arviointitapoja	12
2.6	Erimassalaatujen käyttömahdollisuudet	13
2.7	Maalajien käytön mahdollisuudet	13
2.8	Kalliomassat	14
2.9	kiviainesten saatavuus ja käyttö	14
3	MASSAN HANKINTAMAHDOLLISUUKSIA URAKKA-ALUEEN ULKOPUOLELTA	16
3.1	Sivutuotteiden käyttö maarakenteissa	16
3.2	Jäte ja sivutuotteet ja niiden käyttökohteet	16
3.3	Jäte ja sivutuotteiden käyttöönottoon vaikuttavia seikkoja	18
3.4	Betonimurske ja sen käyttö	19
3.5	Betonimurskeen käyttö tulevaisuudessa	20
3.6	Lupien hankinta ympäristöluvan kautta	20
4	MAALAJIN KÄYTTÄYTYMISEN ARVIOINTI TYÖN KANNALTA JA SEN HUOMIOINTI SUUNNITTELUVAIHEESSA	22
4.1	Maalajien käyttäytyminen ja siihen vaikuttavat seikat	22
4.2	Massalatujen arviointimenetelmiä työn ja suunnittelun kannalta	22
4.3	Kaivuun luokitusperusteet	23
4.4	Suhteellisen kaivuvastuksen esittäminen	24
4.5	Talven vaikutus työhön ja sen suunnitteluun	24
4.6	Maan routaantuminen	25
4.7	Routaantumisen ja pakkasen aiheuttamat haitat	25
4.8	Talven helpottava vaikutus	26
4.9	Talven vaikutus kustannuksiin	26
4.10	Avain tehokkaaseen talvityöskentelyyn	26
5	VARSINAINEN MASSANSIIRTOSUUNNITTELU JA OPTIMOINTI	27
5.1	Massojen jako siirtotavan mukaan	27
5.2	Massasiirron optimointimenetelmät	27
5.3	Klassinen massakäyrämenetelmä	28
5.4	Suomalainen massakäyrämenetelmä	29
5.5	Operaatioanalyttinen menetelmä	29
5.6	Menetelmien vertailu	29
5.7	Lineaarisen ohjelmoinnin edut suurissa hankkeissa	30
5.8	Nykyaikaiset massansiirtosuunnitteluohjelmat	30
6	KULJETUS JA KONEKAPASITEETTI HALLINTA TAVAT	31
6.1	Yleistä konekapasiteetista	31
6.2	Kaivinkone ja sen käyttö	31
6.3	Pyöräkuormaaja	32
6.4	Puskutraktori	33
6.5	Massojen siirtoon käytettävä kuljetuskalusto	34

6.6	Kuljetettavuuteen vaikuttavat seikat.....	36
6.7	Läjitettävyys	36
6.8	Tiivistäminen	36
7	MASSANSIIRRON SUUNNITTELU VT3	38
7.1	Kohteen esittely	38
7.2	Massansiirronsuunnittelu Vt 3.....	39
7.3	Varsinainen massansiirron suunnittelu.....	39
8	VT3 URAKKAMUOTO JA SEN VAIKUTUS.....	40
8.1	ST urakan vaikutuksia	40
8.2	ST urakan mahdollisuudet ja ongelmat massansiirron kannalta	41
8.3	ST urakan vaikutus massansiirtosuunnitteluun lähtötietojen osalta.	41
9	TYÖNTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	42

LÄHDELUETTELO

Yhdyskuntatekniikka
Leppänen, Juha Tutkielma Massansiirrosta
Tutkintotyö 44
Työnohjaaja TkL Reijo Rasmus
Työnteettävä Niska & Nyyssönen Oy Sami Immonen
Toukokuu 2007
Hakusanat Massansiirto, Tienrakennus ja suunnittelu

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee massansiirron suunnitteluvaihetta lähtötietojen keruusta aina valmiiseen massansiirtotaulukkoon ja massadiagrammiin. Massansiirtoa käsitellään aikatauluttamiseen ja muiden seikkojen kannalta joita on huomioitava tehtäessä massansiirtosuunnittelua. lisäksi talvityön vaikutuksia käsitellään, joka nykyisin on lähes välttämätöntä ottaa huomioon. Massan siirtotapahtuma on usein kalleimpia tapahtumia tienrakennuksessa, joten siinä on tärkeä onnistua.

Työn tavoite on antaa vastauksia kysymykseen, miten massansiirto tulisi toteuttaa tehokkaasti ja mitä seikkoja siinä tulisi huomioida jo suunnitelmavaiheessa. Työssä käsitellään massansiirto-optimoinnin eri laskentatapoja ja laskennassa käytettäviä erilaisia tietokoneohjelmia. Samoin tarkastellaan miten lähtötietoja on mahdollista käsitellä ja mitä tietoja tarvitaan niin, että niitä voidaan hyödyntää tehokkaasti sekä erilaisten tienrakennuksessa käytettävien materiaalien käyttömahdollisuuksista ja niiden hankintatapoja. Materiaalien käytössä ja sen suunnittelusta on huomioitu eritoten jäte ja sivutuotteiden käyttö, joka varmasti kasvaa tulevaisuudessa.

Massansiirtokalustosta on esitelty yleisimmin käytettyjä koneita. Koneista on annettu työnsaavutus määriä. Työssä on käytetty kirjallista aineistoa ja henkilöhaastatteluja.

TAMPERE POLYTECHNIC

Engineering

Leppänen Juha

Engineering Thesis 44 pages

Thesis Supervisor Reijo Rasmus(Lic.Tech)

Commissioning Company Niska & Nyyssönen Oy. Supervisor: Sami Immonen (MSc)

April 2007

Keywords:earth moving, road building and planing

Abstract

This thesis covers the design phase of transfer of ground. The issue is discussed from the collecting of source information to the final table and diagram of the transfer. The scheduling of the whole process is also discussed; what is essential for an effective scheduling and how it is organized in winter conditions. A transfer of ground is usually the most expensive phase in road building. Hence, it is very important to perform it successfully. For optimizing the process several methods of calculation, with a help of computer softwares, are covered. Moreover, the use of different types of building materials and their acquisition methods are concerned. The operative word is within the end use properties of waste material and by-products, which will be an important issue in the future. The most common facilities are presented and capacity definitions are also given. Acknowledgements and interviews are used as this thesis is established.

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä massansiirtosuunnittelusta ja sen merkityksestä

Opinnäytetyö tehdään maanrakennusyritys Niska & Nyyssönen Oy:lle. Tämä opinnäytetyö käsittelee massansiirron suunnitteluvaihetta ja seikkoja, joita on huomioitava massan siirtosuunnitelman laatimisessa. Työn tarkoituksena on käsitellä massansiirtosuunnittelua suurissa maansiirtohankeissa ja mitä seikkoja on huomioitava, jos kyseessä on vielä ST-urakka. ST-urakassa suunnitteleminen ja toteuttaminen kuuluu urakoitsijalle. Massansiirrosta opinnäytetyön katsantokanta on pääasiassa tienrakennuksen hankkeissa. Tämä opinnäytetyö ottaa huomioon myös muunlaiset massansiirtotyöt, joissa on maamassoja siirrettävänä. Työssä on seurattu massansiirtosuunnittelua ja siihen vaikuttavia seikkoja Vt 3-näkökulmasta. Työssä on tavoitteena ottaa esille uusia ja vanhoja seikkoja, joilla on merkitystä suurissa massansiirtourakoissa ja varsinkin St-urakoissa. Samoin selvitetään sitä, mitä mahdollisuuksia on nykytekniikalla voi tuoda massansiirtosuunnitteluun. Työssä ei ole tarkoitus mennä varsinaisen massansiirron toteutuksen puolelle, vaan pitäytyä niissä seikoissa, joilla on merkitystä juuri massansiirtosuunnittelun ja aikataulutuksen kannalta.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on antaa vastaus kysymykseen millaista on tehokas massansiirron suunnittelu, ja mitä siinä olisi huomioitava. Työn tarkoituksena on pysyä massan siirron suunnittelun puolella. Eikä käsitellä varsinaista massansiirto tapahtumaa. Työssä on käytetty kirjallisia lähteitä sekä henkilöhaastatteluja.

2 MASSANSIIRTOSUUNNITELMAN VAIHEISTUS JA LÄHTÖTIETOJEN KÄSITELY

Massansiirtosuunnitelma kuuluu yleisesti tuotesuunnitteluvaiheeseen. Monissa maanrakennusurakoissa juuri massansiirtotapahtuma on hinnallisesti kaikkein kalleimpia. Mutta kohteen lähtökohdat voivat olla hyvin erilaiset, kuten kuvista 1 ja 2 näkyy. Tämän takia massansiirtosuunnitteluun on paneuduttava huolellisesti. Yleisesti kuitenkin lähdetäänkin siitä, että massojen siirtäminen tapahtuisi mahdollisimman pienin kustannuksin mutta tehokkaasti. Kuitenkaan tämä ei aina ole mahdollista, vaan itse työn tekeminen ja olosuhteet vaikuttavat massansiirtoon.



Kuva 1 Hakamäntiellä Helsingissä massansiirron suurin ongelma ulkopuolinen suuriliikenne.



Kuva 2 Vuosaaren satamassa pyritään kuljettamaan mahdollisin edullisesti.

Massansiirtosuunnitteluun kuuluu lähtötietojen keruu ja niiden muuntaminen käsiteltävään muotoon. Tämän jälkeen massan, jonka siirtoon ei ole kuin yksi mahdollisuus, merkataan massansiirtotaulukkoon.

Varsinainen massojen optimointi tehdään tämän jälkeen. Optimointina voidaan pitää varsinaisen siirtotyön minimoimista. Massan kuljetusta pyritään tekemään mahdollisimman vähän. Yleisesti siirtotyön minimillä päästään myös mahdollisimman pieniin kustannuksiin. Kustannusten minimi onkin yleisesti massansiirron suunnittelun lopullinen päämäärä. On myös olemassa muita päämääriä, jotka vaikuttavat optimoinnin tuloksen valintaan. Yksi vaihtoehto aikatauluun perustuva massansiirtosuunnitelma, kun halutaan saada projekti valmiiksi mahdollisimman nopeasti. Esimerkiksi kun rakennusaikaa saadaan lyhennettyä pystytään kohde ottamaan aiemmin käyttöön ja rakennusaikaisen rahoitus pienenee.

Ympäristölliset seikat voivat olla myös nykyisin merkityksellisiä jonkin massansiirto-optimointituloksen valinnalle, esimerkiksi silloin, kun halutaan, ettei massoista synny ympäristöä rumentavia massan läjityspaikkoja. Optimointi tehdään massoille, joille on useampia siirtomahdollisuuksia. Optimoinnilla voidaan saada monta erilaista halpahintaista ratkaisua. Erilaisista vaihtoehtoista onkin valittava parhaiten toteutettava vaihtoehto, joka ei aina ole kaikkein halvin. Lopuksi massat viedään massataulukon ja laaditaan massadiagrammi, jolla määritetään leikkaus ja pengerrytys rakennettavalla tielinjalla./1/

2.1 Massansiirtosuunnittelun lähtötiedot ja niiden käsittely

Ennen varsinaisen massansiirtosuunnitelman aloittamista on hankittava tietoa alueesta. Lähtötiedot ovat välttämättömiä, jotta massansiirtosuunnittelu voidaan tehdä. Lähtötietojen määrään ja laatuun kannattaa panostaa. Hyvät tiedot ovat avain onnistuneeseen lopputulokseen. Pääpiirteissään lähtötiedot ovat seuraavat:

- tie, kartta, pituusleikkaus ja pohjatutkimustiedot
- massalaskennan tulokset
- materiaalien laatu ja käyttökelpoisuus eri rakenteissa
- varamaa ja läjitysalueiden sijainti
- kuljetukseen soveltuva tiestö ja työkohteen massatalousalueisiin jakavat esteet
- käytettävissä oleva maansiirtokalusto ja kustannustiedot
- geotekniset olosuhteet
- työmenetelmät

- työn ajoitus, jossa otetaan huomioon myös muut työt, esim. erikoisrakenteet
- vuodenaajat
- yleinen liikenne työalueella
- kulkumahdollisuudet tielinjalla. /1/

2.2 *Massojen vastaavuuksien määrittäminen*

Massansiirtosuunnitteluun alustaviin töihin kuuluvat vastaavuuksien määrittäminen ja laskeminen eli massat muutetaan vastaamaan toisiaan. Maamassojen tilavuus vaihtelee suuresti käsittelyn eri vaiheissa. Eri massalaaduilla vaihtelut keskenään voivat olla hyvin suuria. Tämä seikka on otettava huomioon jo massansiirtosuunnittelussa. Tilavuudet on muutettava massansiirtosuunnittelussa vastaamaan toisiaan. Suomessa käytettävässä järjestelmässä tilavuuskäsitteitä on kaikkiaan viisi.

2.3 *Suomessa käytössä oleva massojen tilavuuden määrittäjäjärjestelmä*

Suomessa käytettävä massojen vastaavuusjärjestelmässä tilavuus käsitteitä on kaikkiaan viisi kappaletta. Jokainen niistä kuvaa massamäärän tilavuusvaihteluita eri työvaiheissa. Erilaisia tilavuuskäsitteitä onkin käytettävä massansiirron suunnittelun ja varsinaisen työn yhteydessä. Tilavuus käsitteet ovat seuraavat:/1/

- teoreettinen kiintotilavuus m_{3ktr}
- todellinen kiintotilavuus m_{3td}
- todellinen irtotilavuus m_{3itd}
- todellinen rakennetilavuus m_{3rtd}
- teoreettinen rakennetilavuus m_{3trr} .

Teoreettisella kiintotilavuudella tarkoitetaan massan tilavuutta luonnontilassa suunnitelman mukaisten teoreettisten poikkileikkausten perusteella mitattuna.

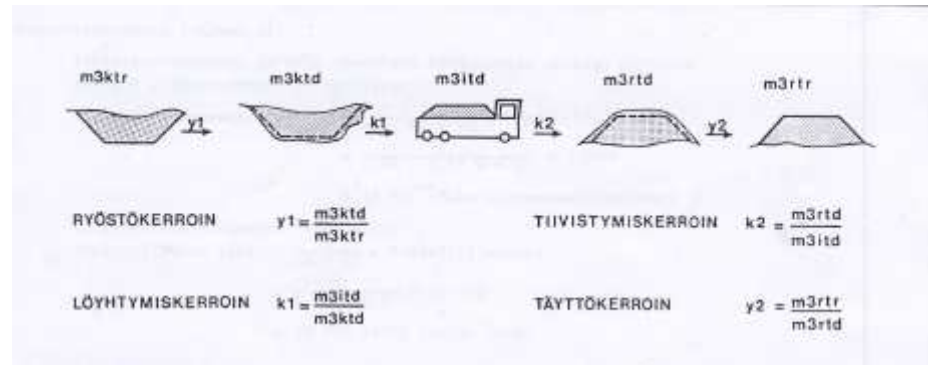
Todellisella kiintotilavuudella tarkoitetaan massan tilavuutta luonnontilassa mitattuna todellisten poikkileikkausten mukaisesti.

Todellisella irtotilavuudella tarkoitetaan massan todellista tilavuutta, joka massalla on kuormauskohteella kuljetusvälineen lavalla.

Todellisella rakennetilavuudella tarkoitetaan teoreettisten poikkileikkausten mukaista rakennetilavuutta.

Teoreettisella rakennetilavuudella tarkoitetaan teoreettisten poikkileikkausten mukaista rakennetilavuutta. /suoralainaus 1 s166-167/

Taulukko 1 Massakertoimet ja niiden keskinäiset suhteet/6/



Näiden viiden tilavuuskäsitteen välistä riippuvuutta voidaan ilmaista neljän erilaisen massakertoimen avulla.

Taulukko 2 Materiaalin kulku työn erivaiheissa

1) Tielinjan leikkauksesta rakenteeseen ($m3ktr \rightarrow m3rtr$)	$V(m3rtr) = y_1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot y_2 \cdot V(m3ktr)$
2) Tielinjan leikkauksesta kuljetusvälineen lavalle ($m3ktr \rightarrow m3itd$)	$V(m3itd) = y_1 \cdot k_1 \cdot V(m3ktr)$
3) Varaamattomasta rakenteesta rakenteeseen ($m3ktd \rightarrow m3rtr$)	$V(m3rtr) = k_1 \cdot k_2 \cdot y_2 \cdot V(m3ktd)$
4) Kuljetusvälineen lavalta rakenteeseen ($m3itd \rightarrow m3rtr$)	$V(m3rtr) = k_2 \cdot y_2 \cdot V(m3itd)$

2.4 Massakertoimin määrittäminen

Massakertoimista onkin julkaistu erilaisia taulukoita, joista massan tilavuus työn eri vaiheissa selviää. ”Muutostaulukot perustuvat joko standardeihin, tutkimustuloksiin tai kokemuseräiseen tietoon. Kuten taulukoista näkee, massan tilavuus on pienin luonnontilaisessa olomuodossa. Suurin se on taas kuljetusvälineen lavalla. Lisäksi eri maamateriaaleilla on vaikutusta siihen, kuinka suuri on tilavuuden vaihtelu massan siirron aikana /1/ Löyhtyvyyden ja tiivistymisen määrään samallakin materiaalilla vaikuttavat kivisyys, kosteus sekä käsittelytapa. Myös talviaikaisessa

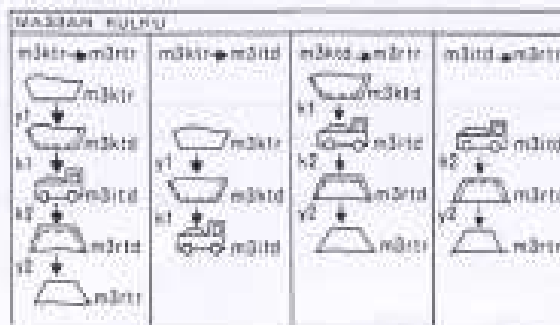
työskentelyssä routaantuminen vaikuttaa löyhtymisen ja tiivistymisen suhteeseen./
1/s12/

Taulukko 3 Maamassojen yhdistelmäkertoimia/6/

Rakennus	Maalajit (G/C-luokitus)	Tielineen leikkauksesta rakenteeseen $y1 \cdot k1 \cdot k2 \cdot y2$	Tielineen leikkauksesta kuljetusväli- näiseen $y1 \cdot k1$	Varmuus - sallitusta rakenteeseen $k1 \cdot k2 \cdot y2$	Kuljetusväli- näisen lävältä rakenteeseen $k2 \cdot y2$
Penger	Sa	-	1,70	-	-
	Si	1,05	1,60	0,95	0,65
	HHa	0,95	1,35	0,90	0,70
	Hh	0,95	1,30	0,90	0,75
	KHa	0,95	1,40	0,85	0,70
	Sr	0,90	1,30	0,80	0,70
	H&Mr	1,05	1,50	0,95	0,70
Soodatin	Hh	0,85	1,30	0,80	0,65
Jakava	Sr	0,85	1,30	0,75	0,65
	MSr (1...100%)	-	-	-	0,65
Kantava	Sr	0,85	1,30	0,75	0,65
	MSr	-	-	-	0,70
	M	1,25	1,90	1,20	0,65

HOON:

Kydetä tai täyttökerto-
men (y1, y2) allaan
hupattimen suuri tai
pieni, on sen vaikutus
olellava hupattimen erik-
seen.



Taulukko 4 Kalliomassojen massakertoimet/6/

Rintaus (m)	Kallion muoto ja louhintatapa	Kallion leikkauksesta perheeseen y1 & y2 & y3 (m3/m3)		Kallion leikkauksesta kalliin + luonnonkallion y1 & y2 (m3/m3)			
		MATERIAALI		HUURAT JA LOUNAT	ESPELT		
		HUURAT	LOUNAT		5...6	6...12	12...15
1	A	1.00	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35
	B	1.10	2.45	2.35	2.45	2.45	2.45
	C	1.00	2.60	2.65	2.65	2.65	2.65
2	A	1.40	2.10	2.10	2.20	2.20	2.20
	B	1.50	2.20	2.20	2.30	2.30	2.30
	C	1.60	2.30	2.35	2.50	2.50	2.50
3	A	1.35	2.00	2.00	2.15	2.15	2.15
	B	1.40	2.10	2.10	2.25	2.25	2.25
	C	1.50	2.20	2.20	2.40	2.40	2.40
4	A	1.30	1.90	1.90	2.05	2.05	2.05
	B	1.35	2.00	2.00	2.15	2.15	2.15
	C	1.45	2.10	2.10	2.30	2.30	2.30
5 tai ei louh- ettua	A	1.30	1.85	1.85	2.00	2.00	2.00
	B	1.35	1.90	1.95	2.10	2.10	2.10
	C	1.40	2.05	2.10	2.25	2.25	2.25

Kun leikkauskuoppa ei anneta louhepattua käytetään tilavuuskerrointa suotokertoimena ja jotta saadaan B = rintauksen kerroin.

KALLION MUOTO JA LOUHINTATAPA A = ENNÄ KALLIO + rakennusmaa B = ENNÄ KALLIO + ei rakennusmaa RIKKONAISEN KALLIO + rakennusmaa C = RIKKONAISEN KALLIO + ei rakennusmaa	MASSOJEN MITTAUSTAPA Tietokortti sisältää leikkauskuoppa- ja louhepattujen massat (m3/m3) ja louhepattujen yläpinnan ja jaa louhepattujen ei ole, niin leikkauskuoppa- ja louhepattujen yläpinnan. Tietokortissa käytetty la- kenta- louhepattujen yläpinnan	MASSOJEN KULU m3/m3 → m3/m3 m3/m3 → m3/m3 m3/m3 → m3/m3 m3/m3 → m3/m3 m3/m3 → m3/m3 m3/m3 → m3/m3
--	---	--

2.5 Muita massan arviointitapoja

Yleisen geoteknisen maalajiluokituksen lisäksi maamassoista voidaan myös arvioida seuraavia ominaisuuksia. Massan ominaisuudet vaikuttavat maarakennuskoneiden työsaavutuksiin ja työkustannuksiin. Tärkeimpiä maarakenneominaisuuksia ovat

- kaivuvastus
- kaivettavuus
- löyhtyminen
- tiivistyminen
- kuljetettavuus
- läjitettävyyys.

Maarakenneominaisuuksiin voidaan jonkin verran vaikuttaa työn suunnittelulla. Monet maarakenneominaisuudet ovat riippuvaisia ilmastollisista tekijöistä. Varsinkin Suomen leveyspiireillä ilmastolliset vaikutukset ovat suuria maamassojen käyttäytymiseen, onhan Suomessa neljä vuodenaikaa. Kaksi suurinta ilmastollisesti vaikuttavaa seikkaa ovat sade ja routaantuminen. Esimerkiksi sateella hienorakeisten maalajien käsiteltävyys vaikeutuu selvästi. Pahimmassa tapauksessa se on lähes mahdotonta. Routaantuminen aiheuttaa kaivuvastuksen huomattavaa lisääntymistä. Vastaavasti taas eloperäisten materiaalien kaivu helpottuu materiaalin kantavuuden takia. Lisääntynyt kantavuus mahdollistaa suurien koneiden käytön. Tämä seikka on otettava huomioon pyrittäessä tehokkaaseen ja taloudelliseen massansiirtoon. Myös jotkin massalaadut ovat vähemmän alttiita ilmaston muutoksille. Tällaisia ovat kalliomassat. Niiden käsiteltävyys on lähes samanlaista kaikissa olosuhteissa./2/

2.6 Erimassalaatujen käyttömahdollisuudet

Lähdettäessä suunnittelemaan massansiirtoa on huomioitava, onko massan siirto alueella oleva massa käypää tavaraa rakenteisiin vai onko massa vietävä läjitysalueelle. Maamassojen laatua voidaan työn suunnitteluvaiheessa päätellä kairauspisteiden ja maaperätutkimusten avulla. Myöskin alueella aikaisemmin tehtyjen töiden avulla voidaan arvioida maa-aineksia.

2.7 Maalajien käytön mahdollisuudet

Tien rakennuksessa pengermateriaaleiksi kelpaavat kaikki kivennäismaalajit savea lukuun ottamatta. Joidenkin materiaalien käyttö on selvästi helpompaa ja varmempaa kuin toisten. Vaikka materiaali olisi teoreettisilta olosuhteiltaan käyttökelpoista niin aina näitä materiaaleja ei voida käyttää. Sääolosuhteet ja pohjavesi voivat haitata joidenkin materiaalien käyttöä. Kuitenkin savea voidaan käyttää esimerkiksi luiskissa, sillä ehdolla että materiaali pysyy luiskassa. Jos materiaali on käyttökelpotonta se on vietävä läjitysalueelle tai maankaatopaikalle./2/

2.8 Kalliomassat

Kalliomassoiksi lasketaan kivet, lohkareet ja louhe. Kalliomassoja jalostetaan, jotta niistä saadaan halutun ominaisuuden omaavia tuotteita. Jalostustapoja ovat louhinta ja murskaus. Jalostuksen lopputuotteena saatu tavara voidaan käyttää esim. penger-rykseen rakennekerroksiin.

Kalliomassojen ominaisuuksissa tärkeää tietää kiven laatu. Kiven rakenneluokkaa on tärkeää rakennekerroksissa, ja varsinkin asfalttikerroksissa./2/ Asfalttinormien mukaan kiviainekset luokitellaan neljään lujuusluokkaan. Tietenkin on vielä luokaton kivi, joka ei täytä mitään laatuluokitusta. Kiviaineksen arviointiperusteita ovat muun muassa rakeisuus, puhtaus, lujuus, rakeidenmuoto ja murtopintaisuus, vesipitoisuus ja petrologiset ominaisuudet./7/ Kiven laadulla on suurta merkitystä rakennekerroksissa. Kaikkein suurin vaikutus sillä on asfalttikerroksissa.

Nykyisin hyvän kiven saanti ei ole aina helppoa. Ongelmat koskevat varsinkin I ja II kiviaineksia. Yleensä näiden kiviainesten kuljetusmatkat kasvavat suuriksi. Tämä nostaa taas vastaavasti lopputuotteen hintaa. Esimerkiksi tämän opinnäytetyön esimerkkitapahtumassa Vt3 oli vaikeuksia hankkia I luokan kiviaineksia asfalttikerroksiin. Kalliomassojen etuna on yleensä suurempi homogeenisuus, ja helpompi käsiteltävyys. Myös kalliomassoista on selvästi muita helpompi rakentaa ongelmallisissa olosuhteissa. Varsinkin talviaikaan niiden käyttö on selvästi helpompaa kuin maamassojen käyttö rakenteissa.

Taulukko 5 Päälystekiviainesten lujuusluokat (SFS-EN 1097-9) /7/

Lujuusluokka	I	II	III	IV
Kuulamylyarvo	≤ 7,0	≤ 10,0	≤ 14,0	≤ 19,0

2.9 kiviainesten saatavuus ja käyttö

Suomessa kiviaineksia on runsaasti. Kiviainesta tarvitaan noin 20 tn/asukas, jotta päästäisiin länsimaisen yhteiskunnan tarpeita vastaaviin määriin. Suomessa on saatavissa kiviainesta hyvin. Kuten korkealuokkaisesta kiviaineksesta on huutava pula. Tämä näkyy varsinkin suurissa kaupungeissa. Näillä alueilla laadukkaan kiviaineksen kuljetusmatkat ovat jo 150 km. Korkealaatuista kiviainesta tarvitaan betonin valmistuksessa, asfaltissa ja rautateillä ratasepelin muodossa.

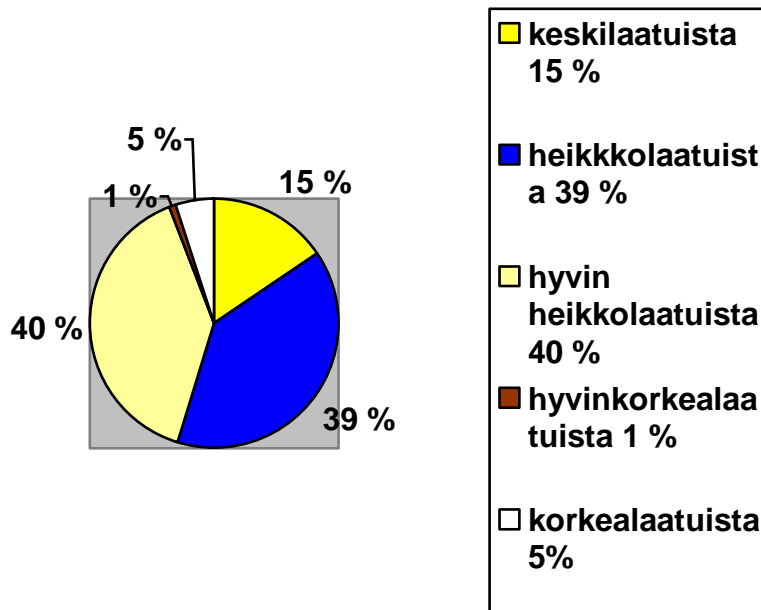
Suomessa on parhaimmillaan noin 7500 maa-ainelain mukaista maa-aineksen ottolupaa joista käytössä on noin 3200 maa-ainesten ottolupaa. Kallio kohteita on

300. Eli kiviainesten ottaminen keskittyy pieniin yksiköihin. Suomessa kiviainesten käyttö on noin 95 miljoonaa tonnia vuodessa. Tästä määrästä saadaan noin 15 miljoonaa tonnia maa-aineslain ulkopuolisilta alueilta. Tällaisia alueita on esimerkiksi tielinjoilta ja rakennustyömailta. Tien rakennus käyttää noin puolet käsittelemättömästä kiviainestuotannosta. Asfaltti ja betoni tuotanto käyttää noin 10 % kokonais kiviainesmäärästä. Tästä kiviainesmäärästä vähintään puolet on kovinta ja parasta laatua. /9/

Ratkaisumalliksi tulevaisuudessa laadukkaan kiviaineksen hankkimiseksi on esitetty erilaisia vaihtoehtoja. Louhittavaa kiviainesta voitaisiin tuottaa kallioluolastoissa. Samalla saataisiin ratkaistuksi kiviaineksen säilytysongelma. Kiviaines säilytettäisiin louhituissa luolastoissa. Myös yhtenä mahdollisuudessa voidaan pitää meressä olevia merihiekka varoja. Tämän ongelman voi olla luonnonsuojelulliset seikat. Merihiekan käytöstä esimerkkinä voidaan pitää Vuosaaren satamaa, jossa on käytetty merihiekka rakenteissa. Yksi ratkaisu voi olla jäte ja sivutuotteiden käyttö. Yleensä näiden tapojen käytön esteenä on lopputuotteen kasvanut hinta. Mutta tulevaisuudessa näitäkin vaihtoehtoja voi olla jo käytössä enimmäksä määrin. /9/

Taulukko 6 kallioalueitten laatuja kautuma (tutkittu noin 1000 kohdetta) /9/

Kiviainestutkimukset 1989-2002



3 MASSAN HANKINTAMAHDOLLISUUKSIA URAKKA-ALUEEN ULKOPUOLELTA

3.1 Sivutuotteiden käyttö maarakenteissa

Suomessa käytetään keskimääriin 70 miljoonaa tonnia luonnonkiviaineksia vuodessa. Luonnonkiviainesmäärät eivät ole loputtomat. Nykyisin pääkaupunkiseudulla kiviainesvarat ovat ehtymässä ja kiviaineksen kuljetusmatkat pitenevät koko ajan. Parhaiden materiaalien puuttuminen on johtanut tilanteeseen, jossa hiekkaa ja soraa pyritään korvaamaan muilla tuotteilla. Tulevaisuudessa näiden korvaavien materiaalien tarve tulee kasvamaan. Yksi vaihtoehto korvaaville materiaaleille on teollisuudessa ja rakennustoiminnassa syntyvä mineraalinen jäte ja sivutuotteet. Monet näistä tuotteista käyvätkin hyvin maanrakennukseen. Myös nykyaikaiset asenteet tukevat uusiomateriaalien käyttöä. Tiehallinto onkin suosinut varsinkin ST urakoissa jäte- ja sivutuotteiden innovatiivista käyttöä. Myöskin urakka-alueen ulkopuolelta tuotavalla halvalla, joissain tapauksissa lähes ilmaisella materiaalilla voidaan ratkaista massansiirron logistisia ongelmia tai massataloudellisia ongelmia. Kuitenkin jäte ja sivutuotteita käytettäessä materiaalin käytöstä on oltava enemmän luotettavaa tietoa. Lisäksi näiden materiaalien käyttö lisää paperityötä, kun siihen yleensä pitää anoa lupaa./5/

3.2 Jäte ja sivutuotteet ja niiden käyttökohteet

Maanrakennuksessa käytettävät jäte- ja sivutuotteet tulevat joko teollisuudesta tai rakennustuotannosta. Materiaalit ovat yleensä joko orgaanisia tai mineerisia. Käytetyimmät tuotteet tulevat energian tuotannosta syntyvistä tuhista. Metalliteollisuudesta syntyvä käytettävä materiaali koostuu erilaisista kuona-aineista. Rakennusteollisuuden tuotteet ovat pääsääntöisesti erilaisia purkujätteitä. Metsäteollisuus tuottaa erilaisia sakkoja ja kuitujätteitä, joita voidaan hyödyntää maanrakennuksessa. Erilaisten jäte ja sivutuotteiden käyttö on alkanut 1970-luvulla. Kuitenkaan vielä tänä päivänä niiden käyttö ei ole kovin yleistä. Taulukkoon on koottu yleisimmät materiaalit ja niiden käyttöasteet.

Taulukko 7 Mahdolliset sivutuotteet /5/

Teollisuudenala	Vuosittain syntyvä Määrä, t/a	Mahdollinen käyttökohde
Energiantuotanto		
Märkämenetelmä kipsi	80 000 v.97	
Kivihiiilen rikinpoistotuotteet	78 000	
Sekatuhka	300 000	
Puutuhka		
Metallurginen teollisuus		
Nikkelikuona	120 000	
Cu-rikastehiekka	250 000	
Rikinpoistokuona	50 000	
teräsenkkakuona	20 000	
Jaloteräskuona	160 000	
Sähkoteräskuona	25 000	
Kaivos- ja valimoteollisuus		
Valimohiekka	130 000	
Sivukivi/malmikaivokset	6 200 000	
Sivukivi/kalkkikaivokset	900 000	
Sivukivi/Mineraalikaivokset	3 200 000	
Jätekivi	4 500 000	
Rakennustoiminta		
Tiilijäte	75 000	
Kemianteollisuus		
Kipsi	1 300 000	
muta (ilmeniittijäte)	50 000	
Metsäteollisuus		
Siistausjäte	53 000	
Viherlipeäsakka	70 000	
Jätevesilietteet	337 000	
Yhdyskuntajäte		
Muovirouhe		Asfaltinvalmistus
lasijäte	64 000	
Saastunut maa		
Kiinnitetty maa-aines		
Lievästi saastunut tai		
puhdistettu maa-aines		

Näitä materiaaleja on mahdollista käyttää tie-, katu- ja kenttärakenteina sekä pohjarakenteina. Sivutuotteita suositellaan käytettäväksi suurissa ja keskisuurissa kohteissa, eli tällöin myös isot KVR-urakat tulevat kysymykseen. Yksi syy tähän on se, että isoja kohteita on helppo valvoa./5/



Kuva 3 Tuhkarakenne Vuosaaren sataman lastauslaiturissa

3.3 Jäte ja sivutuotteiden käyttöönottoon vaikuttavia seikkoja

Sivutuotteita käytettäessä on suurimmassa osassa materiaaleista osoitettava tuotteen ympäristökelpoisuus kuin rakenteellinen kelpoisuus./5/ Kuitenkin 15.7.2006 voimaan tullut valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä maa-rakentamisessa on vaikuttanut paljon joidenkin materiaalien käyttöä./15/ Tämän päiväyksen jälkeen ei tarvitse hakea ympäristölupaa seuraaville materiaaleille. Betonimurskeelle sekä kivihiilen ja puunpolton yhteydessä syntyville lentotuhkille. Ilmoitus ympäristökeskukselle materiaalin käytöstä on kuitenkin tehtävä. Lisäksi materiaalin käytölle on seuraavat vaatimukset:

- Jätteenluovuttajalla on oltava laadun varmistusjärjestelmä
- Haitallisten aineiden pitoisuus ja liukoisuusarvot eivät saa ylittää asetuksissa säädettyjä raja-arvoja
- Jätettä sisältävän rakenteen kokonaispaksuus saa olla korkeintaan 150 cm
- Jäte ei saa olla kosketuksissa pohjaveden kanssa
- Jäterakenne on peitettävä

Tämä asetus on helpottanut suuresti tällaisten materiaalien käyttöä, ovathan kyseiset materiaalit olleet kaiken aikaa hyvin suosittuja. Käsittelen tässä opinnäytetyössä

hieman tarkemmin betonimurskeen käyttöä. Onhan materiaalilla selvästikin käyttömahdollisuutta maanrakennuksessa/11/.

Taulukko 8 Betonimurskeen laatuluokat /11/

Lajite	Raaka-aine
BeM I	Epäpuhtauksista vapaa betonijäte, joka on peräisin esim. betoniteollisuudesta.
BeM II	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte.
BeM III	Purkutyömaalta tai muualta peräisin oleva betonijäte, jonka lujittuminen on epävarmaa.
BeM IV	Purkutyömaalta tai muualta peräisin oleva betonijäte, joka ei lujitu rakenteeseen tiivistettynä vaan voi olla routivaa.

Taulukko 9 Betonimurskeen perusominaisuudet laatuluokittain /11/

lajite	Rakeisuus**	lujittuminen	routivuus	E-moduuli	puristuslujuus(28d)
BeM I	0-45	Lujittuu	Routimaton	700 Mpa	>1,2 Mpa
BeM II	0-45	Lujittuu	Routimaton	500 Mpa	> 0,8 Mpa
BeM III	0-45	Epävarma	Routimaton	280 Mpa	
BeM IV	vaihteleva	Ei lujitu	vaihtelee	<200 Mpa*	
* Harkittava tapauskohtaisesti ottaen huomioon mahdollinen routivuus					
** Tielaitoksen rakeisuusohjealue 0/45 (TYLT 1999)					

3.4 Betonimurske ja sen käyttö

Suomessa syntyy vuosittain 500 000...1000 000 tonnia betonijätettä. Betonijätettä syntyy pääasiassa purkutöiden yhteydessä. Myös betoniteollisuudessa syntyy betonijätettä. Vuosittain tästä materiaalmäärästä murskataan 100 000...200 000 tonnia. Betonimursketta on teknisesti mahdollista käyttää lähes kaikissa maanrakennuskohteissa korvaamaan rakeisuudelta vastaavia luonnonkiviaineita. Esimerkiksi I ja II toisen luokan betonimurskeet käyvät korvaamaan kantavan kerroksen kiviainesmateriaaleja. Betonimurskeen laatuun vaikuttavia seikkoja ovat betoni murskeen joukossa olevat epäpuhtaudet. Yleensä niitä ovat tiili. Tiili itsessään ei ole routimaton materiaali. Esimerkiksi jos tiilipitoisuus on 30 % routuminen on varsin merkittävää./5/



Kuva Betonimursketta jakavana kerroksena Vuosaaren satamassa.

3.5 *Betonimurskeen käyttö tulevaisuudessa*

Betonimurskeen käytölle tulevaisuudessa on selvää potentiaalia. Varsinkin valtioneuvoston päätöksen jälkeen käyttö helpottuu suuresti. Syntyvää betonijätettä ei nykyään murskata kuin 20 % syntyvästä jättemäärästä./5/ Tulevaisuudessa betonijätteen käyttöaste varmasti kohoaa suuresti. Tällä hetkellä betonimurskeen käyttöä tukee sen edullisuus. Myös monissa suurissa urakoissa, esimerkiksi Vuosaaren satamassa betonimurskeen käyttö on tilaajan puolelta sallittua. Heikkoutena betonimurskeen käytössä voidaan pitää siitä rakennettujen rakenteidenmyöhempää korjausta. Esimerkkinä tästä voidaan mainita vesihuoltolinjojen korjaus. Betonimurskeen lujittuminen vaikeuttaa suuresti kaivutyötä.

3.6 *Lupien hankinta ympäristöluvan kautta*

Jäte- ja sivutuotteiden käyttö vaatii eräiden lainsäädäntöjen täyttämistä. Poislukien materiaalit jotka mainitaan 15.7.2006 voimaan tullessa valtioneuvoston asetuksessa. Ensinnäkin on todistettava materiaalin rakenteellisen ominaisuuden sopivuus tulevaan rakenteeseen. Toinen tärkeä seikka, joka on selvitettävä, on ympäristölliset vaikutukset. Materiaalin käytöstä on tehtävä ympäristölupamenettely. Ympäristöluvasta päättää kunnallinen ympäristösuojeluviranomainen, jos sijoitettavan materi-

aalin määrä on alle 5000 tn. Jos sijoitettavan materiaalin määrä on yli 5000 tn päätöksen tekee alueellinen ympäristökeskus. Lupamenettelystä löytyy tietoa. Tekesin julkaisemasta kirjasta Sivutuotteet maanrakenteissa. On kuitenkin hyvä huomioida se seikka, että lupamenettelyn ja materiaalin sopivuuden arviointiohjelma on hyvä aloittaa hyvissä ajoin ennen työn aloitusta. Luvat käsitellään sitä nopeammin, mitä yleisemmän materiaalin käyttöön niitä haetaan. /5/

Taulukko 10 Mahdolliset sivutuotteet /5/

Teollisuudenala	Vuosittain syntyvä Määrä, t/a	Mahdollinen käyttökohde
Energiantuotanto		
Märkämenetelmä kipsi	80 000 v.97	
Kivihiilen rikinpoistotuotteet	78 000	
Sekatuhka	300 000	
Puutuhka		
Metallurginen teollisuus		
Nikkelikuona	120 000	
Cu-rikastehiekka	250 000	
Rikinpoistokuona	50 000	
teräsenkakuona	20 000	
Jaloteräskuona	160 000	
Sähkoteräskuona	25 000	
Kaivos- ja valimoteollisuus		
Valimohiekka	130 000	
Sivukivi/malmikaivokset	6 200 000	
Sivukivi/kalkkikaivokset	900 000	
Sivukivi/Mineraalikaivokset	3 200 000	
Jätekivi	4 500 000	
Rakennustoiminta		
Tiilijäte	75 000	
Kemianteollisuus		
Kipsi	1 300 000	
muta (ilmeniittijäte)	50 000	
Metsäteollisuus		
Siistausjäte	53 000	
Viherlipeäsakka	70 000	
Jätevesilietteet	337 000	
Yhdyskuntajäte		
Muovirouhe		Asfaltinvalmistus
lasijäte	64 000	
Saastunut maa		
Kiinnitetty maa-aines		
Lievästi saastunut tai		
puhdistettu maa-aines		

4 MAALAJIN KÄYTTÄYTYMISEN ARVIOINTI TYÖN KANNALTA JA SEN HUOMIOINTI SUUNNITTELUVAIHEESSA

4.1 Maalajien käyttäytyminen ja siihen vaikuttavat seikat

Maalajien taloudelliseen käyttöön vaikuttavat seikkoja pääpiirteissään ovat kuljetettavuus, läjitettävyyys ja kaivettavuus. Seikat on huomioitava suunniteltaessa maansiirtosuunnitelmaa. Kuljetettavuuteen, läjitykseen ja kaivettavuuteen voidaan vaikuttaa jo työn suunnitteluvaiheessa. Oikea-aikaisella työn toteutuksella voidaan ratkaista edellä mainittujen seikkojen ongelmia. Myös oikea-aikaisella työtavalla ja toteutuksella voi olla suuri vaikutus työn kustannuksiin.

4.2 Massalatuksen arviointimenetelmiä työn ja suunnittelun kannalta.

Kaivuluokituksen vaikutus on huomioitava tehtäessä maansiirtosuunnitelmaa. Eri-
laiset maalajit omaavat erilaisen kaivuvastuksen. Kaivuvastus kuvaakin kaivettavuudessa tärkeintä tapahtumaa maan irrotushetkeä. Kaivuluokituksen avulla voidaan arvioida työkoneiden tarvittavaa kapasiteettia ja työtapaa. Suomalaista kaivuluokitusta voidaan pitää maalajiluokituksen alaluokituksena. Kaivuluokitus huomioi maalajiominaisuuden kaivutapahtuman näkökulmasta. Kaivuluokitus ei kuitenkaan ota huomioon paikallisia ja ilmastollisia olosuhteita.

Kaivuluokituksesta käytetään myös nimeä GEO-kaivuluokitus. Kaivuluokitus on kaksivaiheinen. Yksinkertaisissa töissä tai suunnitteluvaiheessa voidaan käyttää pelkällä kirjaimella merkittyjä maalajiryhmiä. Jos pohjatietoa on tarpeeksi, voidaan nämä luokat jakaa vielä alaluokkiin numeroin (E1...M3).1/s15/ Kaivuluokitus voidaan määrittää joko kairausvastuksen tai silmävaraisen määrityksen avulla. Joidenkin luokkien määrittämiseen tarvitaan jopa laboratoriotutkimuksia. Tällaisia materiaaleja ovat humuspitoiset maat. /2 s76/

Taulukko 11 Kaivuluokituksen määrittäminen /1/

Maalajiryhmä	Kaivuluokka	Maalaji	painokai- rausvas- tus	heijarikai- rausvastus lyöntiä/m	seisminen no- peus pohjave- den yläpuolelle V ,m/s	Seisminen nopeus pohjaveden pinnana yläpuolella V, m/s
E	E1	liejut, muta	< 50 kg			
	E2	turpeet	< 50 kg			
	E3	turpeet	< 50 kg			
H	H1	savet	<100kg < 150			1100...1500
	H2	siltit	pk/m >10			1100...1500
	H3	kuivakuoret	pk/m		<300	
K	K1	hiekat	>50 pk/m	>50	200...500	1200...1600
	K2	sorat	>50 pk/m	>50	400...800	1500...1800
	K3	somerot	-	>50	500...1100	1600...1900
		kivikot				
M	M1	Löyhät, kivettömät tai kiviset moreenit	-	<300	700...1000	1600...1900
	M2	keskitiiviit, kivet- tömät tai kiviset moree- nit	-	300...700	800...1400	1800...2000
	M3	Tiiviit moreenit	-	700	1200...1600	2000...2300
		runsaskiviset moreenit	-	>400	1200...1600	2000...2300
		Lohkareiset ja runsas- lohkareiset mo- reenit	-			
		lauhikot	-	-	1200...1600	2000...2300

4.3 Kaivuun luokitusperusteet

Luonnontilaisessa maalajien kaivuluokituksessa on neljä pääluokkaa. Lisäksi on olemassa erilliset rakennettujen ja täytemaan kaivuluokat. Myös louheen ja murskeen kuormaukselle on omat luokituksensa. Luonnontilaisten maalajien tunnuksat ovat E, H, K ja M. Eloperäisten E-maalajien luokitusperusteena on puisuus. Puisuus kertoo, sisältääkö maa-aines yli vai alle 30 % tilavuudestaan puujätettä. Hienora-keisten (H) maalajien luokitusperusteena on maalajin raekoostumus ja leikkauslujuus. Karkearakeisten (K) maalajien ja moreenien (M) luokitusperusteina kivisyys,

lohkareisuus ja tiheys. Kivisyys ja lohkareisuudenmäärä kerrotaan prosentteina maa-aineksen kokonaismäärästä./1s15/

4.4 Suhteellisen kaivuvastuksen esittäminen

Maalajien kaivuluokitusjärjestelmässä olisi tarkoitus antaa kuva maamassasta, miten se käyttäytyy kaivettaessa. Keskimääräisenä kaivuvastuksena käytetään karkearakeisten maalajien 1 luokkaa, jonka keskimääräiseksi kaivuvastukseksi on annettu arvo 100. Annetut arviot perustuvat koekaivauksissa tehtyihin arviointeihin. On myös hyvä huomioda, että kaivuvastukset menevät ristiin eri maalajiryhmissä./1s17/

Taulukko 12 Suhteellisen kaivuvastuksen esittäminen /1/

Maalajiryhmä	kaivuluokka	maalajit	suhteellinen kaivu- vastus
E	E1	Liejut, muta	5...15
	E2	Turpeet	10...30
	E3	Turpeet	30...40
H	H1	Savet	15...30
	H2	Siltiit	20...50
	H3	Kuivakuoret	>50
K	K1	hiekat	50...150
	K2	sorat	50...150
	K3	somerot, kivi- kot	200...300
M	M1	Moreenit	150...300
	M2	Moreenit	250...500
	M3	Moreenit	>450

4.5 Talven vaikutus työhön ja sen suunnitteluun.

ST urakoissa kuin tavallisissa urakoissa joudutaan työskentelemään niin kesällä kuin talvella. Nykyään ei ole kustannustehokasta työskennellä pelkästään maan ollessa sulana. Talvityöskentely onkin nykyään avainsana tehokkaaseen ja taloudelliseen maarakentamiseen. Varsinkin ST urakoinnissa joissa urakan kestot ovat pitkiä.

Talven vaikutus maanrakennuksessa on hankekohtainen ja siihen vaikuttaa kohteen maantieteellinen sijainti. Myöskin vuosittaisella vaihtelulla on suurta vaikutusta. On

myös huomioitava, että joitakin töitä ei voida tehdä olleenkaan, jos talvi on normaali. Talvenvaikutukset ovat yleisesti tehtävän työn kuluja nostavaa, kuitenkin joissain tapauksissa se voi olla myös kuluja alentava tekijä. Talven vaikutukset voidaan maarakennustöissä jakaa pääpiirteissään seuraaviin pääryhmiin./6/

- Pienentyneet työsaavutukset
- Lisääntyneet työmäärät
- Talven työtä helpottava vaikutus
- Talvilisäpäivät työn keston
- Kesäsidonnaisten tehtävien lisäkustannukset.

4.6 Maan routaantuminen

Talven suurin vaikutus kohdistuu maansiirtotöissä maan routaantumiseen. Maan routaantuminen alkaa vaikuttaa, kun routaantuneen kerroksen paksuus on yli 0,4 m. Routaantuminen 0,4 m syvyyteen kestää noin 1-1,5 kuukauteen pakkasten alkamisesta. Roudan syvyyteen vaikuttaa vallitsevat pakkasmäärät. Vallitseva lumimäärä vaikuttaa lisäksi roudan paksuuteen. Lumipeitteen alla roudan määrä voi olla lähes puolet pienempi kuin alueella, josta lumi on poistettu. Lisäksi maalajilla ja kasvillisuudella on vaikutusta routaantumisen nopeuteen. Vastaavasti roudansulaminen kestää 0,5-1,5 kuukautta pakkasten loppumisesta.

4.7 Routaantumisen ja pakkasen aiheuttamat haitat

Routaantumisen johdosta työsaavutukset pienentyvät. Konetyössä työmenekit lisääntyvät. Lisäksi miestyön tuottavuus heikkenee työolosuhteiden huonontumisen takia. Myöskään talviaikana ei pystytä parhaaseen mahdolliseen työjärjestykseen vaan esimerkiksi leikkausten viimeistely joudutaan tekemään omana vaiheena. Kun sulana aikana se voidaan tehdä työn edetessä. Myöskin maa-ainesten tiivistäminen ei ole mahdollista, jos lämpötila on -2 C alapuolella. Huomioitava seikka on myös talviaikana aiheutuvat seisokkipäivät, jolloin kovan pakkasen takia töitä ei ole mahdollista tehdä. Töiden keskeytymisrajat niin koneilla, materiaaleilla kuin työntekeillä on erilainen./6/



Kuva 4 Kaivinkone talvityössä työssään routapiikin kanssa

4.8 Talven helpottava vaikutus

Talven työtä helpottava vaikutus kohdistuu usein päätyövaiheisiin. Talviaikana roudan tuoma lisääntynyt kantavuus voi helpottaa pehmeillä paikoilla liikkumista. Lisäksi maan tukemisen tarve vähenee. On myös hyvä huomioda, että joidenkin massojen siirtämiseen routaantuminen tai pakkanen ei vaikuta. Tällaisia ovat esimerkiksi louhe.

4.9 Talven vaikutus kustannuksiin

Yksiselitteistä numeroa talvitöiden kustannuksista on mahdoton antaa. Kustannusvaikutus on hyvin hanke ja talvikohtainen. Isoissa tierakenne kohteissa voidaan sanoa, että talven lisäävä työkohdekustannus on noin 15 %. Vastaavasti yhteiskustannukset nousevat 20 %. Puolet talvikustannuksista tulevat alentuneista työn saavutuksista./6/

4.10 Avain tehokkaaseen talvityöskentelyyn

Nykyisin tehokas talvityöskentely on avainsana suurissa maanrakennusurakoissa. Nykyisin kuningasajatuksena on ollut työskennellä suurissa maanrakennusurakoissa läpi vuoden täydellä kapasiteetillä. Päämäärän saavuttamiseksi on talvella tehtävä

isoja maan ja kallion leikkauksia. Alentunutta työn tuottavuutta on kompensoitava raskaan konekaluston käyttöastetta nostamalla. Yleisimmin käytetty maanrakennuskoneen kaivinkoneen koko olisi oltava vähintään 25tn, kuitenkin mielellään 40 tn. Raskaiden koneiden avulla saadaan yksikkökustannukset pienemmiksi. Lisäksi raskasta kalustoa käytettäessä roudan merkitys pienenee. Samoin lumen ja jään kuljetustarve pienenee. Raskaan kaluston käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista yleisen liikenteen seassa. Raskasliikenne vaatii suljetun alueen. Tällöin työmaaliikenteen olisi päästävä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tehtävälle tielinjalle. Talvisin roudan vaikutus auttaa työmaateiden ylläpidossa, koska rou- taantumisen ansiosta työmaateiden kantavuus kasvaa, joka mahdollistaa raskaan kaluston käytön. Talvikaudella työskenneltäessä voidaan vähentää työmaan kokonaiskestoja ja näin ollen pienentää talven aiheuttamaa työmaan yhteiskustannuksia. Talvityö suunnittelu ja toteuttaminen vaatii sen tekijältä raskasta ammattitaitoa./4 /

5 VARSINAINEN MASSANSIIRTOSUNNITTELU JA OPTIMOINTI

5.1 *Massojen jako siirtotavan mukaan*

Aloitettaessa massan siirtosuunnittelua ensimmäisessä massansiirtosuunnittelun vaiheessa määritetään pakkosiirrot. Ne pakkosiirrot jotka, ovat sidottu vain yhteen paikkaan. Materiaaleilla ei tulisi olla kuin yksi sijoituspaikka. Työn tahdistuksen kannalta siirto on pakollinen. Hyvänä esimerkkinä pakkosiirroista on kalliomateriaalien kuljetus murskattavaksi. Joissakin tapauksissa työn yksilölliset olosuhteet voivat myös määrätä massojen käytön yksiselitteisesti.

Tämän jälkeen jäävät jäljelle massat, joiden siirtämiseen on monta mahdollisuutta. Tässä vaiheessa pyritään saamaan mahdollisimman halpahintainen massan siirtotapa näille massoille. Halpahintaisimpaan siirtotapaan pyritään pääsemään oikealla massojen optimoinnilla.

5.2 *Massasiirron optimointimenetelmät*

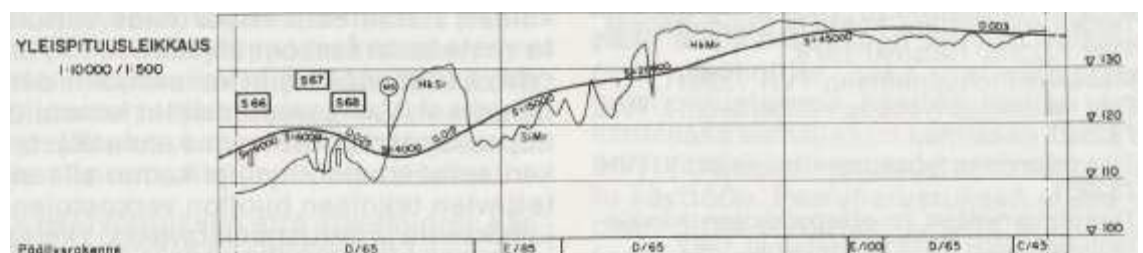
Tienrakentamisessa pyritään suunnittelemaan työ niin, että rakenteen laatuvaatimukset täyttyvät mahdollisimman alhaisin kustannuksin. Massan siirtotapahtumaa pidetään massatalouden kriteerinä. Nämä komponentit ovat ainoita tapahtumia, joita

voidaan optimoida matemaattisten menetelmien avulla. Kuitenkin optimoinnin lisäksi on otettava huomioon, etteivät muut kustannukset ylitä optimoinnilla saavutettuja siirtokustannussäästöjä. Optimointimenetelmiä on kehitetty ajan saatossa monia. Varhaisimmat ovat jo 1800-luvun puolivälistä, jolloin klassista massakäyrämenetelmää alettiin käyttää rautatierakennuksen massansiirtosuunnittelussa. Suomessa massakäyrästä on julkaistu materiaalia jo 1940-luvun alkupuoliskolla/1s175-176/. Nykyisin massamäärien laskemiseksi on kehitetty erilaisia tietokoneohjelmia. Yksi tunnetuimmista ja käytetyimmistä on Dynaroad -ohjelma.

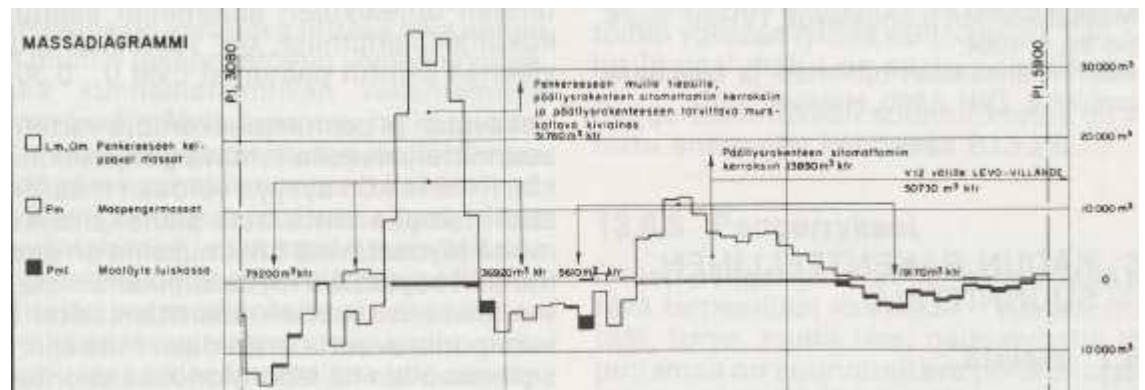
5.3 Klassinen massakäyrämenetelmä

Klassinen massakäyrämenetelmä on yksi vanhimmista massakäyrämenetelmistä. Klassinen massakäyrämenetelmä on pohja monelle nykyaikaiselle massansiirtosuunnittelutavalle. Klassinen massakäyrämenetelmä mahdollistaa massan suunnittelun kun massaa ei tuoda tai vie rakennettavan linjan ulkopuolelle. Klassisen massakäyrämenetelmän voidaan määrittää leikkaus pengermassojen suhteet. Myös kuljetus kalusto voidaan jakaa mahdollisimman tehokkaasti. Klassisessa Massadiagrammissa nähdään leikkausmassat massatasapainoviivan (0 viiva) alapuolelle ja pengermassat viivan yläpuolella./1s176/

Taulukko 13 Tien yleispituusleikkaus jonka avulla määritetään massadiagrammi /2/



Taulukko 14 Massadiagrammi /2/



5.4 Suomalainen massakäyrämenetelmä

Suomalainen massakäyrämenetelmä on myös graafinen menetelmä. Massakäyrän avulla pyritään selvittämään hinnaltaan halvin siirtojärjestelmä. Suomalaisessa massakäyrä menetelmässä pyritään maamassat ja kalliomassat erottelemaan toisistaan, koska niiden siirtotavat poikkeavat toisistaan. Suomalaisessa menetelmässä siirtokustannusten minimi pyritään määrittämään jakoviivojen avulla. Suomalaista massakäyrämenetelmää voidaan käyttää vaikka ei ole tiedossa käytettävää siirto kalustoa. Menetelmä määrittääkin siirtotyön minimin./2s177-181/

5.5 Operaatioanalyttinen menetelmä

Nykyään yleisesti käytetty menetelmä on operaatioanalyttinen menetelmä. Operaatioanalyttinen menetelmä perustuu lineaariseen ohjelmointiin. Optimoinnin lähtötietona tarvitaan yhteismitalliseksi muutettu leikkaus ja pengertilavuuksien määrä. Lisäksi tarvitaan leikkaus ja pengerrys painopisteiden väliset etäisyydet. Kuljetuskustannukset on tunnettava etäisyyden funktiona. Varsinainen optimointi tapahtuu matemaattisen laskennan avulla. Laskennassa käytetäänkin yleisesti apuna tietokoneen laskentakapasiteettia./1s183-184/

5.6 Menetelmien vertailu

Kaikilla menetelmillä pyritään ratkaisuun, joka on siirtokustannusten minimi. Samalla se on yleensä myös siirtotyön minimi. Massakäyrä menetelmät antavat graafisessa muodossaan hyvän yleiskuvan massansiirtotapahtumasta. Niiden käyttö on

usein helpompaa. Myös niiden hallitseminen on hieman helpompaa. Massakäyrä menetelmien ongelmana on yksiulotteisuus. Massakäyrämenetelmillä ei voida käsitellä alueita, joissa on varamaa ja läjityspaikkoja enemmän kuin yksi. Myöskään massakäyrämenetelmät eivät sovellu esimerkiksi lentokenttien massan siirtosuunnitteluun. Massakäyrä menetelmillä massaa on siirrettävä yhtä linjaa pitkin. Kaksiulotteisissa probleemoissa onkin käytettävä jo lineaarista ohjelmointia. Voidaankin sanoa, että lineaarinen ohjelmointi on ainoa mahdollisuus isommissa urakoissa. Jollainen vt3:nenkin on./1 s185/

5.7 Lineaarisen ohjelmoinnin edut suurissa hankkeissa

Lineaarinen ohjelmointi mahdollistaa kaksiulotteisten probleemoiden ratkaisun. Käytettäessä lineaarista ohjelmointia varamaa ja läjitysalueita voi olla enemmän. Myöskin lineaarinen optimointi sallii erilaisia kuljetusreittejä tielinjan ulkopuolella. Eri materiaalien laskennallinen käsittely mahdollistuu myös lineaarisen ohjelmoinnin avulla./1s185/

5.8 Nykyaikaiset massansiirtosuunnitteluohjelmat

Massansiirto suunnittelua helpottamaan on kehitetty tietokone ohjelmia. Alkuaikoina ohjelmat tekivät vain hankalan laskentatyön. Mutta nykyisin ohjelmat ovat paljon kehittyneet näistä ajoista. Ohjelman avulla voidaan nykyisin käsitellä koko massansiirron kiertokulku aina suunnittelusta toteutukseen.

Tunnetuimpia ovat Maisamassansiirto ohjelma ja Dynaroad. Nämä ohjelmat on tarkoitettu käsittelemään ja helpottamaan massansiirron optimoinnin suuren tietomäärän käsittelyä ja tekemään varsinaisen optimoinnin laskentatyön.

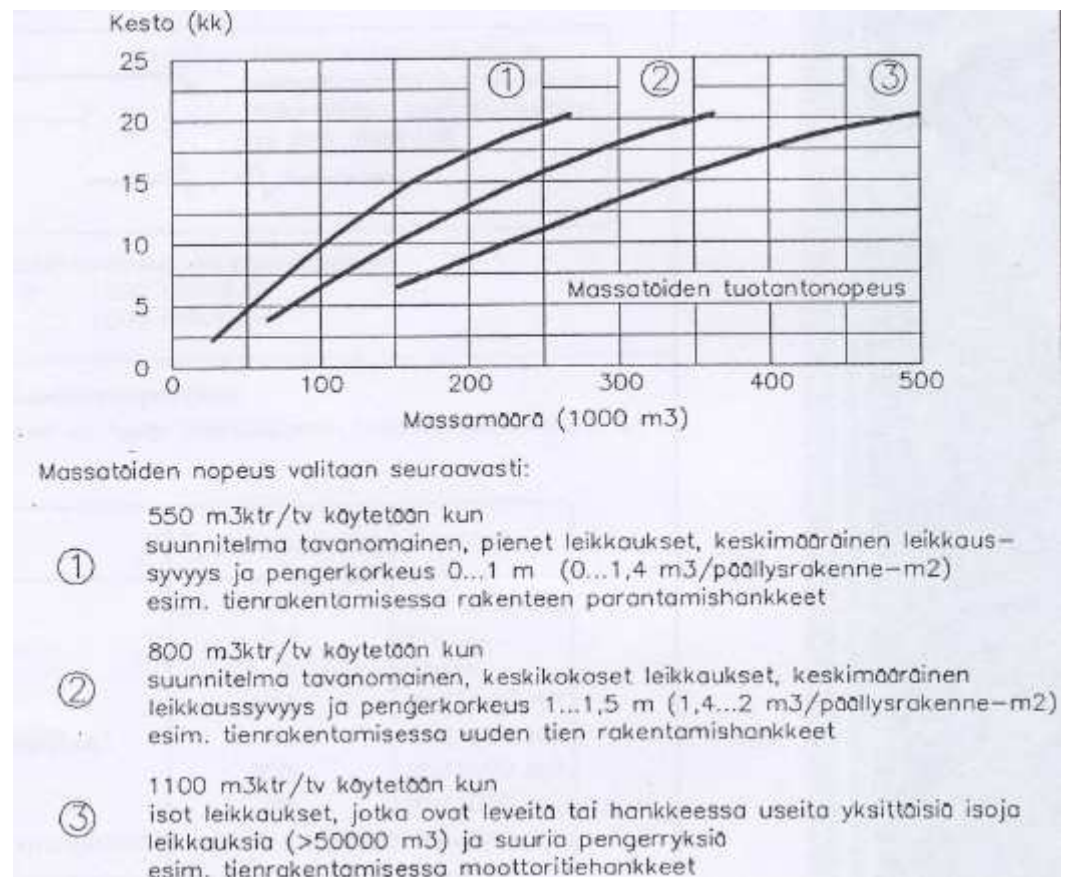
Käsittelen tässä lähinnä Dynaroad -ohjelman mahdollisuuksia, koska se on tämän hetken kehittynein massansiirron suunnittelun atk-ohjelma. Dynaroad -ohjelman avulla on mahdollista tehdä optimointi samanaikaisesti niin maansiirtokustannusten osalta kuin aikataulutuksen osalta. Ohjelman avulla voidaan tehdä myös massataulukko helposti projektin pienemmistä osista, esimerkiksi paalukohtainen massataulukointi. Dynaroad -ohjelmasta on kolme eri osiota. Ne on suunnattu massan siirron eri vaiheisiin. Eri osiot ovat suunnittelu aikataulu ja ohjausversio./13

6 KULJETUS JA KONEKAPASITEETTI HALLINTA TAVAT

6.1 Yleistä konekapasiteetista

Massansiirtosuunnitteluun vaikuttavia perustekijöitä on urakoitsijan konekapasiteetit ja saatavilla oleva ulkopuoliset maansiirtokoneet. Suurissa hankkeissa juuri oikean koneen valinta on hyvin tärkeä pyrittäessä niin kustannusten minimiin kuin työn tehokkuuteen. Viimeisimpien vuosikymmenien aikana koneiden kapasiteetti on kehittynyt suuresti. Koneiden työkapasiteetissa on tapahtunut kasvua. Maansiirtokoneet ovat nykyisin hydraulisi- tai tietokoneohjattuja, kun vielä 70-luvun alussa maansiirtokoneet olivat mekaanisia.

Taulukko 15 Massansiirron työtehoja eri massansiirtotapahtumissa./ 6/



6.2 Kaivinkone ja sen käyttö

Massansiirrosta ja kuormauksessa yksi tärkeimmistä ja näin ollen yleisimmistä koneista on kaivinkone. Kaivinkoneella on mahdollista tehdä tehokkaasti lähes kaikki tierakennusurakoissa tehtävä työ. Yleisesti kaivinkoneiden koko vaihtelee

10-40 t välillä. Kuitenkin suurissa maanrakennuskohteissa koneen koko on yleisesti 30-50 t ja raskaimmat koneet ovat 80 t. Koneiden kaivuteho nousee koneen massan kasvaessa kuitenkin, samalla kasvaa myös koneen käyttökustannukset. Onkin tärkeä valita oikeanlainen kone oikeaan kaivutapahtumaan. Tarvittavaan konekokoon myös vaikuttaa kuljetus kalusto. Esimerkiksi suurilla maansiirto-autoilla tarvitaan suurta kalustoa esimerkiksi 45t jotta kuormaus olisi tehokasta. Lisäksi talviolosuhteissa kaivinkoneen teholla on vieläkin suurempi vaikutus. Kaivinkoneisiin on saatavissa erialisia lisälaitteita, joilla saadaan mahdollistuu myös erikoistyöt. /1/ Tällaisia ovat esimerkiksi isku ja pontti vasarat. Nykyisin kaivinkoneiden saatavuus on hyvä. Markkinoilta löytyy erikokoisia koneita. Ja erikoiskoneita voidaan hankkia esimerkiksi ulkomailta. Jollei niitä löydy kotimaasta.



kuva 5 Nykyisin 50tn kaivinkone ei ole harvinainen näky suurilla massasiirto työmailla

6.3 Pyöräkuormaaja

Toinen yleinen kone tierakennustyömaalla on pyöräkuormaaja. Ne soveltuvat nopeutensa ja helpon siirrettävyyden takia työmaille, joissa työkaluston on liikuttava

paljon. Pyöräkuormaaja saavuttaa jopa 50 km/h nopeuden. Nykyisin lähes kaikki pyöräkuormaajat ovat runko-ohjattuja. Pyöräkuormaaja on tehokkaimmillaan kun siirtomatka on alle 300 m. Tienrakennustyömaalla pyöräkuormaajia käytetään eniten jalostettujen maa- ja kalliomassojen kuormauksessa. Joissain tapauksissa sitä voidaan myös käyttää maaleikkauksesta suoraan penkereeseen. Kuitenkaan pyöräkuormaaja ei pysty työhön, jos maan kaivuvastus on suuri./1/



Kuva 6 Nykyisin pyöräkuormaajaa käytetään yleisesti murskeiden lastaukseen

6.4 Puskutraktori

Puskutraktori on aina teloilla liikkuva. Tämän takia se pystyykin liikkumaan hyvin pehmeässä maastossa. Puskutraktorin taloudellinen siirtomatka on 50-100 m välillä. Puskutraktoreihin on saatavissa erimuotoisia puskulevyjä, kuitenkin käytetyin on S puskuri. Yleisesti puskutraktoria käytetään tielinjalla maamassojen siirtäjänä tielinjapitkin eli niin sanottuun urapuskuun. Lisäksi puskutraktorilla voidaan tasata leikkausluiskia leikkaustenpohjia sekä penkereitä ja pengerluiskia. Puskutraktorin nousukyky on noin 50 gonia. Nykyisin puskutraktorin pääkäyttötarkoitus on toimia maamassojen vastaanotto koneena. /1/



Kuva 7 Puskutraktoria käytetään penkkojen rakennekerrosten työntämiseen.

6.5 *Massojen siirtoon käytettävä kuljetuskalusto*

Maanrakennuskuljetuksissa on vuosittain noin 1500 kuorma-autoa ja 150 dumppe-
ria ja 50 maansiirtoautoa./1/ Kuljetuskapasiteetti on noin viidennes
kokonaiskustannuksista, siksi se on huomioitava jo massansiirtosuunnitteluvai-
heessa. Maa ja kiviaines kuljetuksista noin kolmannes on alle 1 km ja runsas puolet
on alle 3 km. Materiaalin keskimääräinen matka on noin 4-5 km, eli matkat ovat
yleisesti lyhyitä. Maarakennuskuljetuksiin soveltuvat seuraavat kuljetus tavat tai
ajoneuvot/1/

- maansiirtoautot
- dumpperit
- traktori-perävaunuyhdistelmät
- erilaiset puskutraktorit ja kauhakuormaajat
- erilaiset kuorma-autot

Lisäksi erikoistapauksissa kyseeseen voivat tulla

- hihnät
- rautatiekalusto
- vesitiekalusto



Kuva 8 Dumpperi on kelvollinen kun liikutaan heikkokuntoisilla työmaateillä.



Kuva 9 Massansiirtoautoa voi käyttää vain tieliikenteen ulkopuolelle.

6.6 Kuljetettavuuteen vaikuttavat seikat

Kaivettavuuden lisäksi on huomioita jo massansiirtosuunnittelun yhteydessä kuljetettavuus. Kuljetettavuus tarkoittaa maalajin käyttäytymistä ajoneuvossa kuljetuksen ja tyhjentymisen aikana. Kuljetettavuus riippuu maalajin vesipitoisuudesta, häiriintymisherkkyydestä ja raekoostumuksesta. Karkearakeisilla maalajeilla sekä louheen ja murskaustuotteiden kuljettavuudella ei poikkeaa sanottavasti toisistaan. /1s13/ Niiden kuljettaminen ei tuota yleensä suurempia ongelmia vaativimmissakaan olosuhteissa. Vastaavasti runsaasti vettä sisältävien hienorakeisten maalajien ja moreenien kuljettaminen saattaa olla hankalaa sateisena aikana tai jos maa-aines on muuten märkää. Ongelma saattaa syntyä maamassan valuessa pois lavalta. Lavalta valunut maamassa sotkee työmaatiet. Tällöin liikennöinti saattaa tulla hankalaksi. Myös työmaatien kunnostustarve lisääntyy selvästi. Hienorakeiset maalajit voivat kiinnittyä lavalle tietyssä kosteustilassa. Tällöin lavan tyhjentäminen on hankalaa. Myös pakkaskaudella maa voi jäätymään kiinni lavaan. Tätä ilmiötä voidaan estää lavalämmityksellä. /1s13/

6.7 Läjitetävyys

Läjitetävyysongelmat syntyvät mailla, jotka runsaasti vettä sisältävät savet ja siltit. Myös jotkin moreenilaadut ovat hankalia läjittää. Näillä materiaaleilla läjityksen vaikeus johtuu maan juoksettumisesta. Riittävä kosteus ja maan häiriintyminen niin maankaivussa kuin kuljetuksessa aiheuttavat maan juoksettumista. Juoksettuneen maan paikalla pitäminen on hyvin vaikeaa. Läjitysvaiheessa saattaa tulla tarvetta vastapenkereiden rakentamiselle. /1s14/

6.8 Tiivistäminen

Tiivistyskalusto on välttämätön maanrakennuksessa. Tiivistyskalusto voidaan jakaa kahteen kategoriaan tiivistystavan johdosta. Tiivistystapa on joko staattinen tai dynaaminen. Staattisessa tiivistyksessä tiivistyksen tekee laitteen massa kun se kohdistuu pystysuoraan tiivistyvään pintaan. Nykyisin staattista jyräystapaa käytetään lähinnä päällysteiden tiivistykseen. Staattisen jyrän tiivistävä elementti voi olla joko sileävalssi, kumipyörä (kumipyöräjyrä) tai sorkka (sorkkajyrä). Dynaamisessa tiivistyksessä painon lisäksi tiivistymistä auttaa tietyllä taajuudella tapahtuva pys-

tysuuntainen tärinä tai isku, joka aiheuttaa maarakeiden välisen kitkan vähenemistä ja näin ollen helpottaa tiivistymistä. Eri materiaaleilla ja eri kerrospaksuuksilla käytetään erilaisia iskupituuksia ja tärytaajuuksia. Tehokkaan täryjyrän pitäisikin olla sellainen, jossa näitä arvoja voidaan muuttaa. Eri jyräyskaluston tehokkaat alueet selviävät seuraavasta taulukosta Taulukko (10)/1/

Taulukko 16 Eri jyrätyyppien työsaavutuksia /1/

Jyrätyyppi	Tiivistystapa	paino alue	käyttökohteet	kapasiteetti
Staattinen sileä- valssijyrä	staattinen	7-12tn	päällysteet, kitka- maat, viimeis- tely	noin 670 m ² /h (10tn)
Kumipyöräjyrä	staattinen	10-30 tn	hienot maalajit	20..30m ³ itd/h (10tn)
Sorkkajyrä	Staattinen/ dynaami- nen	15-40 tn	koheesiomaat kaatopaikat	
Dynaamiset valssijy- rät	Staattinen	6-20 tn	hiekkä, sora murskeet	työnopeus 3..5 km/h



Kuva 10 Syvätiivistys on yksi tiivistysmahdollisuus jos kerrospaksuus on suuri

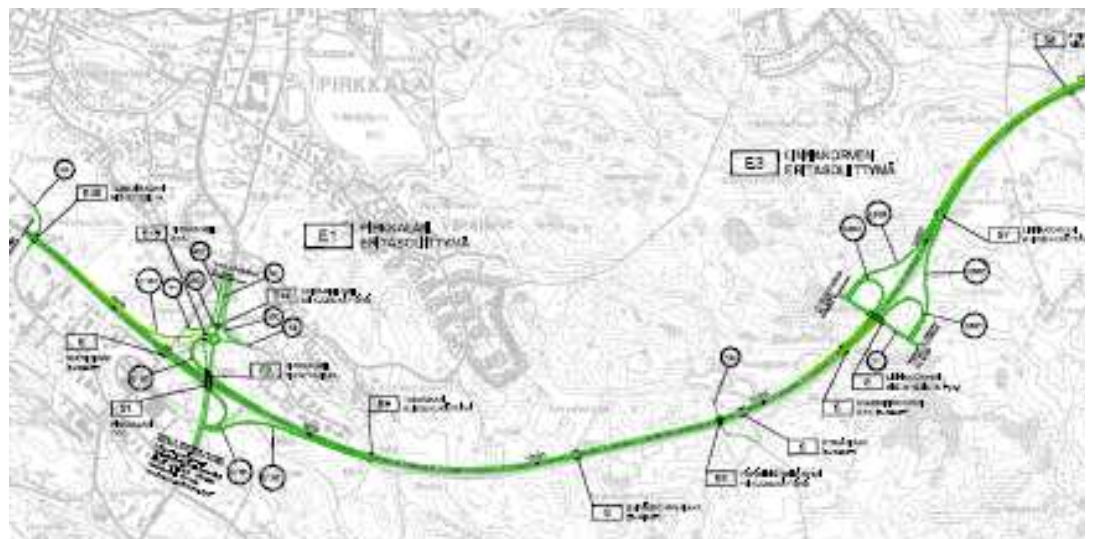
7 MASSANSIIRRON SUUNNITTELU VT3

7.1 Kohteen esittely

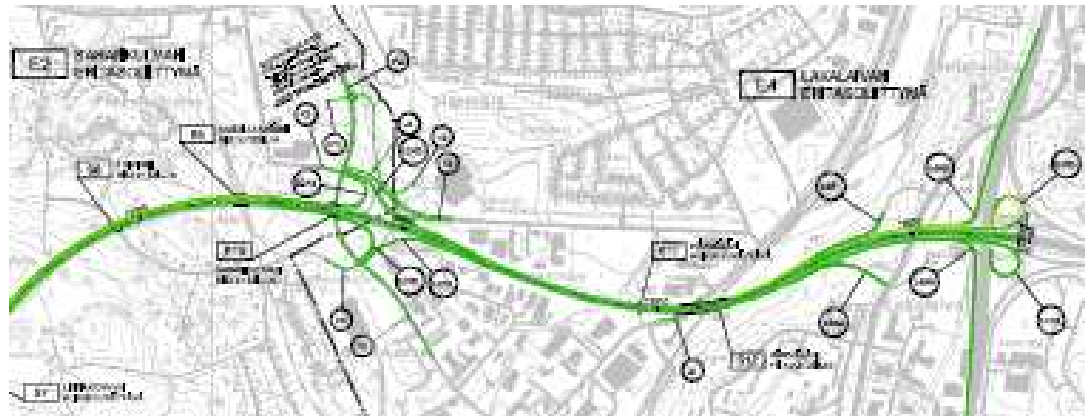
Vt3 Helsinki-Tampere-Vaasa on Suomen yksi tärkeimmistä pääteistä. Tie kuuluu Eurooppalaiseen TEN-tieverkkoon ja on osa E-12. Välityskyvyllisesti kohde valtakunnallisesti ja seudullisesti tärkeä. Maantieteellisesti tie on Tampereen länsipuolella. Pituudeltaan se on 21 km. Kehätie alkaa Kuljusta ja päättyy Ylöjärvelle. Kehätien

Rakennushanke on arvioitu kestävän viisi vuotta. Tiehankkeen kokonaiskustannuksiksi on arvioitu 114 miljoonaa €. Hankkeessa täydennetään nykyinen tie moottoritieksi rakentamalla toinen ajorata nykyisen viereen. Uusi ajorata sijoittuu pääsääntöisesti nykyisen tien pohjois- ja itäpuolelle.

Läntisen kehän rakentaminen alkoi lokakuussa 2003. Vuonna 2006 valmistunut ensimmäinen vaihe kattoi Kalkun ja Pirkkalan välisen osuuden. Toisessa vaiheessa rakennetaan välit Kalkusta Soppeenmäkeen (6 km) ja Pirkkalasta Lakalaivaan (9 km). Tämän opinnäytetyön suunnittelen seurantakohde sijoittuu Pirkkalasta Lakalaivaan 9 km./13/



Kuva 11 Vt3 paaluväliltä 7500-12900 /14/



Kuva 12 Vt3 paaluväliltä 12900-16400 /14/

7.2 Massansiirronsuunnittelu Vt 3

Massansiirron kannalta kohde on massa alijäämäinen, eli alueelle on tuotava urakka-alueen ulkopuolelta. Massavajaus koski niin kiviaineksia kuin pengermateriaaleja kuten moreeneja. Joitakin pengerrysmateriaaleja oli tarkoitus korvata teollisuuden sivutuotteilla. Myös tilaajan toimesta kannustettiin käyttämään vaihtoehtoisia materiaaleja. Vaihtoehtoja uusiomateriaalit olivat yksi pisteytyksen osa. Muina puuttuvina materiaaleina oli tarkoitus käyttää normaaleja materiaaleja. Kohteen massansiirron hallinnointia kuvaa hyvin se seikka, että siirrettävän leikkuu ja pengerrysmassan siirtomatkat ovat hyvin lyhyitä noin 0-1 km./10/



Kuva 13 Sarankulman eritasoliittymä joka oli yksi massavajauksen paikoista/14/

7.3 Varsinainen massansiirron suunnittelu

Varsinainen tarjouskilpailuvaiheen suunnittelu tehtiin Niska & Nyssönen Oy:n toimesta. Massansiirron suunnittelussa käytettiin massansiirtotaulukkomenetelmää.

Menetelmän katsottiin tuovan paremmin näkyviin työn erikoispiirteiden kuin tunnoton suunnitteluohjelma. Myös siirtomatkojen lyhyydellä oli vaikutusta menetelmän valintaan. Tulevaisuudessa suurissa projekteissa käytetään Dynaroad massansiirto-ohjelmaa laskentavaiheessa. Massansiirrossa vaikeampana seikkana kuin optimointi nähtiin alijäämämassojen hankinta. Varsinainen massansiirtotapahtuma oli tarkoitus tehdä yleisen tieverkon ulkopuolella ja näin ollen oli mahdollista käyttää raskasta kalustoa. Varsinaisen aikataulun saavuttamisen kanssa ei ollut ongelmia. Alueen hankalina paikkoina massansiirron kannalta katsottiin olevan ratasilta ja sen edellyttämä pengerrys. Kuten taulukosta näkyy tarvittavista pengerrysmassoista on puutetta. Niin varsinaisella tielinjalla kuin eritasoliittymissä (E)/10/

Taulukko 17 Massojen jakautuminen tie ja eritasoliittymiin (E)/12/

Paalu	pintamaan poisto	leikkausmassat	pengerrysmassat	pengerluiskat	jakava kerros	kantava kerros
	m2	m3ktr	m3rtr	m3rtr	m3ktr	m3ktr
Vt3 7500-12900	157 373	175 209	53 006	34 002	118 367	10 941
Vt3 12900-16400	81 051	37 780	59 702	27 592	81 783	6 669
E1	21 370	36 709	2 251	6 411	17 088	2 474
E3	32 190	5 271	113 116	38 266	26 331	1 806
E2	12 065	7 807	1 964	6 034	14 345	1 159
E4	24 150	31 242	4 451	9 261	23 788	1 904
Yht.	328 199	294 018	234 490	121 566	281 702	24 952

8 VT3 URAKKAMUOTO JA SEN VAIKUTUS

8.1 ST urakan vaikutuksia

Vt3 urakka muodoksi on valittu suunnittele ja toteuta urakka, joka myös tunnetaan ST urakkana. Tässä urakkamuodossa yleensä tilaaja hyväksyttää yleissuunnitelman ja hankkii tarvittavat luvat. Tällöin urakoitsija tekee teknisen ja yksityiskohtaisen suunnittelun ja varsinaisen rakennustyön ja lopputyön laadusta. Nykyään tämän urakkamuodon käyttö on lisääntynyt isoissa maanrakennusurakoissa. Urakka vähentää rakennuttajan vastuuta ja työn määrää suunnittelun osalta. Se mahdollistaa edullisempia laadukkaampien innovaatioiden käytön niin työnsuorituksessa kuin materiaalien käytössä. ST urakka on myös suhteellisen uusi ilmentys Suomessa ja sen käytön pelisäännöt eivät ole täysin selvät. Lisäksi urakkavaiheen suuri laskenta ja suunnittelutyö ja lähtötietojen keruu voi rajoittaa pienempien urakoitsijoiden

mahdollisuutta tarjota ST urakoita. Kuitenkin ST urakka on hyvä vaihtoehto niin VT3 kuin muihinkin urakoihin.. /3 s4/

Taulukko 12 ST urakan edut ja Haitat/11/

Edut	Haitat
<ul style="list-style-type: none"> - Aikataulu lyhenee, kun rakentaminen ja suunnittelu voidaan limittää. - Suunnittelu ja rakentaminen tapahtuvat tiiviissä vuorovaikutuksessa kumuloiden eri osaamiset tilaajan hyödyksi. Tämä edistää myös suunnittelijoiden ja rakentajien verkottumista. - Suunnitelmamuutosten määrä on pieni, mikä vähentää lisätyölaskuja ja pitää hankkeen budjetissa. - Hankkeen kattohinta tiedetään suhteellisen aikaisin. - Hankintamuoto tuottaa usein kustannussäästöjä, sillä toimittajan osaaminen on käytettävissä alusta asti ja suunnitteluratkaisujen rakennettavuutta ja kustannustehokkuutta voidaan kehittää paremmiksi. - Mahdollistaa urakkasopimusten laatimisen toimitusvaatimuslähtöisesti, mikä poistaa suunnitelma-ratkaisuihin liittyvän riskin tilaajalta. - Tilaaja saa vaihtoehtoisia teknisiä ratkaisuja, joista tämä voi valita edullisimman; ratkaisut tulevat testatuksi kilpailun kautta. Samalla toimittaja saa toteuttaa hankkeen parhaiten osaamallaan tavalla. - Tilaajan hallinnointityö vähenee ja vastuut ovat selkeät, sillä tilaaja tekee vain yhden sopimuksen. Riskien hallinta paranee, ja tilaaja vapautuu riskeistä. - Hankintamuoto kannustaa toimittajaa suorituskyvyn parantamiseen ja pitkäjänteiseen kehitystyöhön, mikä parantaa myös alan vientimahdollisuuksia. Ala ja kannattavuus kehittyvät. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kilpailu aiheuttaa turhaa työtä monelle yritykselle. Korkeat tarjouskustannukset estävät pieniä yrityksiä tarjoamasta laajoja hankkeita, mikä rajoittaa kilpailua. - Toteuttajan valinta on työlästä, kun tarjoukset ovat eriarvoisia ja vaikeasti keskenään verrattavia. - Tilaajalla ei ehkä ole suoraa päätösvaltaa tekniseen suunnitteluun, jolloin riskinä on, etteivät ratkaisut miellytä tilaajaa. - Tilaajan on tehtävä nopeampia päätöksiä kuin perusrakassa, ja suunnitelmien muuttaminen sopimuksenteon jälkeen on vaikeaa. - Hankintamuoto mahdollistaa huonosti hoidettuna riman alitukset ja sisältää laaturiskin, minkä takia hankintamuoto korostaa toimittajan (suunnittelijan ja urakoitsijan) etiikkaa; edellyttää työlästä valintaa. - Koska hankintamuoto edellyttää toimittajalta laajempaa osaamista kuin perusrakassa, ST-urakointiin kykeneviä urakoitsijoita on toistaiseksi vähän, eikä toteutustapaa tunneta kovin hyvin. - Nykyinen lupalainsäädäntö rajoittaa osaltaan hankintatavan käyttöä (vrt. esim. vesioikeus-käytäntö).

8.2 ST urakan mahdollisuudet ja ongelmat massansiirron kannalta

Usein ST urakassa massansiirtosuunnitelma jää urakoitsijan suunniteltavaksi. Kuitenkin yleisesti tien tasausviivan korkeus on hyvin pitkälle sidottu. Näin ollen projektin sisäisiin leikkaus ja pengermassoihin ei päästä vaikuttamaan kovin suuresti. Massansiirtominimi ja kustannusten minimi löytyy helposti nykyaikaisilla laskentamenetelmillä ja laskentaohjelmilla. Eroja voidaan saada massojen tehokkaalla ja oikeanlaisella käytöllä. Myös projektin ulkopuolelta voidaan joihinkin tarkoituksiin tuoda massoja urakan ulkopuolelta hyvinkin kilpailukykyiseen hintaan. /8/

8.3 ST urakan vaikutus massansiirtosuunnitteluun lähtötietojen osalta.

ST-urakan vaikutus näkyy jo massansiirtosuunnitelman lähtötietoja kerätessä. Useinkaan ST-urakoissa eivät maaperä ja kallion laadulliset tekijät täysin ole tiedossa. Usein lähtötietojen määrä ja laatu on vaihdellut eri urakoiden kesken. Myös lähtötietojen suuri määrä ja käsiteltävyys tuovat oman vaikeutensa ST urakanlas-

kijoille. Kuitenkin tarjouslaskennassa lähtötietojen taso pitää olla sellainen, että urakoitsija voi tehdä tilaajan tuotevaatimukset täyttävän tarjouksen ja kantaa toteutuksen riskit. Myös lähtötieto pitää olla sellaisessa muodossa, että sitä pystytään käsittelemään niin yleensä urakan laskennassa kuin massalaskennassakin. Tilaajan pitäisikin pystyä optimoimaan sopiva lähtötietojen määrä ja laittaa ne helposti käsiteltävään muotoon./3 Nykyisin on annettu tilaajan toimesta mahdollisuus urakoitsijan toimesta pyytää urakoitsijan toivomille alueille lisätutkimuksia. Tällainen mahdollisuus oli myös Vt3 urakassa. Tämä mahdollistaa paremmin uusien rakenneratkaisujen suunnittelemista.

9 TYÖNTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Massansiirto on yleinen ja tärkeä tapahtuma maanrakennuksessa. Varsinkin suurissa hankkeissa se näyttelee suurta osaa työnkustannuksista. Siksi sille on annettava suurta painoarvoa. Nykyaikainen massansiirtosuunnittelu ja aikataulutus tapahtuu suurissa hankkeissa erilaisia massansiirto ja aikataulu ohjelmia käyttäen. Nykyisin on lähdettävä lähes aina siitä lähtökohdasta, että työtä tehdään ympäri vuotisesti, jotta voidaan työskennellä tehokkaasti myös talviaikaan on pyrittävä tekemään työtä sellaisilla materiaaleilla ja koneilla joille talven vaikutus on mahdollisimman pieni. Myös työn tehokas aikatauluttaminen on erittäin tärkeää. Nykyaikaisilla optimointimenetelmillä on mahdollista tuottaa helposti kustannustenminimi ratkaisu. Tällöin esimerkiksi ST-urakoissa tarjouksen hintaan massansiirrollisesti vaikuttava etu on tuotava työtaparatkaisuille tai materiaalivalinnoilla.

Nykyisin massansiirtoon voi vaikuttaa massatalouden lisäksi muut seikat. Tällaisena voidaan mainita myös ympäristölliset seikat. Nykyisin teiden rakennuksessa voidaan esimerkiksi välttää läjitysalueita tai muita maisemaa pilaavia ratkaisuja. Nämä seikat voivat suuresti vaikuttaa massan siirrollisiin seikkoihin. Massan siirtosuunnittelun tavoitteena ei välttämättä ole pelkkä kustannusten minimi. Nykyisin perinteiset maa- ja kiviainesmateriaalit ovat vähenemästä työalueiden läheisyydestä. Usein kuljetusmatkat pitenevät ja näin lopputuotteen hinnat nousevat. Nykyisin esimerkiksi ST-urakoissa on kannustettu käyttämään jäte ja sivutuotteita. Tulevaisuudessa näiden materiaalien käyttö varmasti lisääntyy. Ainakin erilaisia materiaali mahdollisuuksia on runsaasti. Käytön lisääntymisen johdosta myös materiaalien käyttö myös lainsäädännöllisesti

helpottuu. Tässä esimerkkinä on betonimurske. Tulevaisuudessa jäte- ja sivutuotteiden käyttö tulee varmasti kasvamaan.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Olli-Pekka, Hartikainen, Maanrakennustekniikka. Otatieto. 2000.
- 2 Ril 156 Maanrakennus. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL RY. Helsinki 1995.
- 3 Tarjouspyyntövaiheen pohjatutkimusten ja rakenneselvitysten määrän ja laadun optimointi rakentamisen ja ylläpidon ST-urakoissa. Tiehallinto. Tampere 2006.
- 4 Jouko, Kankainen, Petri-Keränen, Jouko-Lähteenmäki, Seppo-Salmenkaita, Markku-Tervo, Maa- ja Vesirakennus hankkeenajoitusmalli. Rakentajankustannus Oy. 1989.
- 5 Sivutuotteet maarakenteissa Käyttökelpoisuuden osoittaminen teknologiakatsaus 93/2000. Tekes. Helsinki 2000.
- 6 Tientekemisen työnsuunnittelu. TVH 73950. 1977.
- 7 Päällystealan neuvottelukunta. Asfalttinormit 2000. PANK ry 2000.
- 8 Tiina, Koppinen, Pertti-Lahdenperä. Infrapalvelujen hankintamenettelyt Jäsentelyä. VVT Rakennus ja yhdyskuntatekniikka. 16.9.2002.
- 9 Raimo, Matikainen, Korkealaatuisen kovan kiviaineksen saatavuus. Oskari Valamon rahasto. Helsinki 2004.

Painamattomat lähteet

- 10 Sami Immosen laatupäällikkö. Haastattelu 31.1.2007. Koskelo Espoo
- 11 Petri, Varin, Betoni ja Tiilimurskeet maarakenteiden materiaalina. Tampere. Pirkanmaan maarakennuspäivä. 16.1.2007.
- 12 Niska & Nyyssönen Oy, Vt3 Tampereen kehätie vaihe II Urakkaosa A Pirkkala-Lakalaiva Tarjous. Helsinki 14.7.2006.

Sähköiset lähteet

- 13 Dynaroad Oy. [www -sivut]. [viitattu 2.2.2007] Saatavissa: www.dynaroad.fi
- 14 Tiehallinto.[www-sivut].[viitattu 27.2.2007] Saatavissa: <http://www.tiehallinto.fi/vt3/lantinenkeha/>
- 15 Finlex.[www-sivut].[viitattu 28.3.2007] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/>