

Materiaalien käyttötutkimus

**SELVITYS MATERIAALIEN KÄYTÖN NYKYTILASTA**

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
Rakentamistalouden toimisto  
Helmikuu 1981

08  
TIE-



81 471

## TIIVISTELMÄ

Tutkimus koostuu neljästä itsenäisestä osatutkimuksesta, joista ensimmäisessä osassa on selvitetty tienrakennushankkeiden todelliset materiaalivirrat vuonna 1978. Materiaaleilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa yksinomaan maa- ja kiviainemassoja. Kaikkiaan on inventoitu 14,4 milj. m<sup>3</sup>itd massoja, mikä on 64 % vuoden 1978 aikana tien rakentamisen litteroilla käsitellyistä massoista.

Kolme suurinta materiaalivirtaa muodostaa 73 % tienrakennushankkeen materiaalivirroista: varamaapaikalta tielinjalle 33 %, leikkauksesta tielinjalle 23 % ja tielinjalta läjitykseen 17 %.

Varamaapaikalta tielinjalle tuotavista materiaaleista puolet on pengermaita, 47 % kerrosmateriaaleja ja 3 % rumputäyttöjä. Penkereeseen tuotavista materiaaleista pääosa (72 %) on soraa ja hiekkaa. Moreenin osuus varamaapaikalta penkereeseen tuotavista materiaaleista on enintään neljännes.

Tielinjalta läjitykseen menevistä massoista tulee 2/3 maanleikkauksista ja loput raivauksesta (18 %) ja ojitus- ja rumputöistä (15 %). Maanleikkauksista kuljetetaan läjitysalueille suurimmalta osaltaan (65 %) kuljetuslajin leikkausmaa materiaalia ja vain n. 30 % savea ja kelpaamatonta maata.

Kuljetuslajin leikkausmaa materiaalia vietiin v.1978 läjitykseen 1 milj. m<sup>3</sup>itd (kulj. matka 1,6 km) ja samaan aikaan tuotiin varamaapaikalta penkereeseen (kulj. matka 5,2 km) kuljetuslajien varamaa + leikkausmaa materiaalia 0,6 milj. m<sup>3</sup>itd ja soraa ja hiekkaa 1,7 milj. m<sup>3</sup>itd.

Viidesosa tienrakennushankkeen materiaalivirroista lähtee jalostamolta.

Materiaalien käsittelystä tienrakennushakkeilla on inventoinnin perusteella esitetty kaksi teesiä:

- hankkeilla läjitetään liikaa
- moreenia käytetään penkereissä liian vähän, minkä vuoksi kuljetusmatka varamaapaikalta penkereeseen on tarpeettoman pitkä



Tutkimuksen toisessa osassa on pyritty selvittämään suunnittelujen ja toteutuneiden päällysrakennemassojen suhdetta. Tulokset osoittavat, että toteutuneet suoritelmäärät poikkeavat usein huomattavasti suunnitelluista sekä ylös- että alaspäin. Tulosten perusteella ei kuitenkaan voida osoittaa massojen hukkakäyttöä. Sen sijaan tutkimus osoittaa, että kerros- massojen käyttöä ei ennakkoon suunnitella kovin tarkasti, vaan työmaa rakentaa kerrokset huomattavastikin suunnitelmasta poiketen ilman kirjattuja muutossuunnitelmia.

Tutkimuksen kolmannessa osassa pyrittiin selvittämään, millaisia kustannussäästöjä hankkeilla voidaan saavuttaa tekemällä vaihtoehtovertailuja materiaalien käytöstä. Tutkimuksen perusteella vaihtoehtoisten suunnitelmien laadinta ja vertailu koetaan tarpeelliseksi ja hyödylliseksi. Säästö kerrosten teossa on tämän selvityksen perusteella helposti 10 %. Edelleen on kuitenkin todettava, ettei vertailulaskelmien tekeminen suju tänä päivänä riittävän luotettavasti. Vertailu perustuu liian usein "sormituntumaan" tai pelkästään materiaalien hinnan ja ajomatkan vertailuun ja rakennemitoituksen tarkistus jää kokonaan pois.

Tutkimuksen neljännessä osassa selvitettiin täyttökertoimen (y<sub>2</sub>) arvoja rakenteen parantamistöissä ja kevyen liikenteen väylähankkeilla. Tulosten perusteella ei ole aihetta muuttaa TS-kortissa 5011 esitettyjä täyttökertoimien arvoja em. töissä.



## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
	1.1 Tutkimuksen taustaa	
	1.2 Tutkimuksen tavoitteet	
	1.3 Tutkimuksen toteutus	
2.	MATERIAALIVIRTOJEN INVENTOINTI	3
	2.1 Inventoinnin materiaalivirrat	
	2.2 Inventoinnin suoritus	
	2.3 Tulokset	
	2.4 Johtopäätökset	
3.	SUUNNITELTUIJEN JA TOTEUTUNEIDEN PÄÄLLYSRAKENNEMASSOJEN VERTAILU	15
	3.1 Yleistä	
	3.2 Tutkitut hankkeet	
	3.3 Tulokset	
	3.4 Johtopäätökset	
4.	VAIHTOEHTOISTEN MASSANSIIRTOSUUNNI- TELMIEN VERTAILU	19
	4.1 Yleistä	
	4.2 Vertailujen suoritus	
	4.3 Tulokset hankkeittain	
	4.4 Tulosten tarkastelu	
	4.5 Johtopäätökset	
5.	TÄYTTÖKERROINTUTKIMUS	32
	5.1 Yleistä	
	5.2 Tulokset	
	5.3 Tulosten tarkastelu	

## LIITTEET

## 1. JOHDANTO

### 1.1 Tutkimuksen taustaa

Materiaalien käyttöä koskeneet tutkimukset ovat tähän mennessä keskittyneet pääasiassa massakertoimien selvittämiseen. Tutkimuksissa on ilmennyt mm, että k2-massakertoimet pitävät riittäväällä tarkkuudella paikkansa, mutta y2-kertoimet poikkeavat paljon teoreettisista kertoimista. Lisäksi on todettu, että pengerpainumien tai puutteellisen tiivistyksen aikaansaama massavajaus täytetään usein kalliilla jakavan tai peräti kantavan kerroksen kiviaineksella. Samoin luiskatäyttöihin käytetään usein liian kalliita materiaaleja.

Tutkimuksissa on edelleen todettu, että mitattu (=tasattu) kuormakoko ylittää lavatilavuuden keskimäärin 6 %:lla. Keskimääräisen kuormakoon ja lavatilavuuden suhde on seuraava:

kone	kuormakoko/lavatilavuus	havaintojen määrä
kauhakuormaaja (KUP)	1,09	305
hydraulinen kaivukone(KKH)	0,98	117

Kuormaajan kauhakoon mukaan ryhmiteltyinä näyttää asetelma seuraavalta:

kauhakoko	kuormakoko/lavatilavuus	havaintojen määrä
0,5...1,0 m <sup>3</sup>	0,985	117
1,0...1,5 m <sup>3</sup>	0,90	54
yli 2 m <sup>3</sup>	1,13	25

### 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tässä tutkimuksessa materiaaleilla tarkoitetaan maa- ja kiviainesmassoja.

Tutkimuksessa selvitetään:

- todelliset materiaalivirrat tiehankkeilla
- päällysrakenteen suunniteltujen ja toteutuneiden massamäärien ero
- kuinka paljon tiehankkeilla voidaan saavuttaa säästöjä, jos eri materiaalien kuljetetäisyyksiä ja



vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia taloudellisesti verrataan keskenään

- käyttökertoimen (y2) arvot rakenteen parantamistoissa ja kevyen liikenteen väylätöissä.

### 1.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimusta on valvonut projektiryhmä, jossa puh.johtajana on ollut Olli Penttinen (Rrt) ja jäseninä Jarmo Ikonen (Rtr), Matti Niskanen (Kn-piiri), Reijo Orama (Rmt) ja Pauli Velhonoja (Sts) sekä sihteerinä Pekka Kontiala (Rrt).

Tutkimuksen suunnittelu ja tulosten analysointi on tehty rakentamistalouden toimistossa. Kenttätutkimuksia on tehty kaikissa tie- ja vesirakennuspiireissä.



## 2. MATERIAALIVIRTOJEN INVENTOINTI

### 2.1 Inventoinnin materiaalivirrat

Tutkimuksessa on inventoitu vuoden 1978 tienrakennushankkeiden toteutuneet materiaalivirrat (= maa- ja kiviainesten siirrot) erilaisten lähtö- ja määräpaikkojen mukaan seuraavasti:

- a) käsitellään paikalla
- b) viedään leikkauksesta penkereeseen tai rakenteeseen
- c) viedään välivaraston kautta penkereeseen
- d) viedään varamaapaikalta penkereeseen tai rakenteeseen
- e) viedään leikkauksesta jalostamoon
- f) viedään leikkauksesta, ojista tai raivauksesta yms. läjitykseen
- g) viedään jalostamolta rakenteeseen
- h) viedään jalostamolta varastoon

Tutkimuksessa on hankkeet jaoteltu kahteen toimenpideryhmään:

- rakentamishankkeet ja suuntauksen parantamishankkeet
- rakenteen parantamishankkeet.

Kevyen liikenteen väylähankkeet, siltatyöt ja pienet tietyöt ovat inventoinnin ulkopuolella. Inventointi on tehty kaikissa tie- ja vesirakennuspiireissä.

Inventoitujen materiaalivirtojen sisältö on esitetty liitteessä 1.

### 2.2. Inventoinnin suoritus

Inventoinnin lähtötietoina ovat olleet:

- piirin toteutumารaportti hankeryhmittäin
- litterakohtainen kuljetusmääräraportti
- urakka- ja toimitussopimukset
- työpäälliköiden/työmaapäälliköiden haastattelut



Litterakohtainen kuljetusmääräraportti on ajettu tätä tutkimusta varten. Siinä on esitetty litteroittain kuljetusmäärät kuljetus- ja taksalajeittain. Eri taksalajeilla ajetuista massoista on inventoinnissa käytetty vain m3itd-taksalla ajetut määrät. Muilla taksalajeilla ei tämän tutkimuksen kannalta ole merkitystä.

Inventointi em. tietolähteistä on tehty piireissä manuaalisesti liitteessä 1 esitellylle lomakkeelle. Yhteenvedot ja johtopäätökset on tehty rrt:ssä.

### 2.3 Tulokset

Kaikkiaan on inventoitu massoja 14,4 milj.m3itd jakautuen seuraavasti:

- rakentaminen + suunt.parantaminen 7,4 milj.m3itd
- rakenteen parantaminen 7,0 milj.m3itd

Inventoinnin tulokset on esitetty hankeryhmittäin ja piireittäin taulukoissa 1-3 sekä kuvassa 1. Kainuun piirissä ei ollut yhtään inventoitavaa rakentamis- tai suuntauksen parantamishanketta.

Inventoinnin edustavuutta on arvioitu laskemalla inventoitujen massojen prosenttiosuus kaikista po. litteroiden massoista. Koko maan osalta edustavuus on 64 %. Pienin on inventoinnin edustavuus Uudenmaan piirissä 36 % ja suurin Mikkelin piirissä 98 %. Piirittäiset edustavuusarviot ovat oheisen asetelman mukaiset:

Uusimaa	36 %	Keski-Suomi	71 %
Turku	41 %	Vaasa	89 %
Häme	86 %	Keski-Pohjanmaa	87 %
Kymi	95 %	Oulu	46 %
Mikkeli	98 %	Kainuu	74 %
Pohjois-Karjala	62 %	<u>Lappi</u>	<u>48 %</u>
Kuopio	49 %	Koko maa	64 %



Piiri	a) Käsitellään paikallaan		b) Leikkauksesta penkereeseen tai rakenteeseen		c) Välivaraston kautta penkereeseen		d) Varanaapaikalta penkereeseen tai rakenteeseen		e) Leikkauksesta Jalostamoon		f) Tielinjaltn läjitykseen		g) Jalostamolta rakenteeseen		h) Jalostamolta varastoon		Yhteensä massoja	
	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%
U	44	4	145	13	1	0	122	11	-	-	333	31	x) 112	10	334	31	1091	100
T	21	5	155	39	-	-	136	34	-	-	89	22	-	-	x) -	-	401	100
H	123	6	676	55	-	-	565	29	-	-	403	21	59	3	111	6	1937	100
Ky	66	7	200	20	-	-	315	32	122	12	88	9	28	3	169	17	988	100
M	28	4	228	30	-	-	383	51	33	4	33	4	50	7	-	-	755	100
PK	1	0	69	23	-	-	136	45	-	-	62	20	-	-	36	12	304	100
Ku	32	11	70	37	-	-	66	34	-	-	23	12	-	-	11	6	192	100
KS	22	7	90	31	-	-	138	48	-	-	28	10	9	3	2	1	289	100
V	37	7	78	16	-	-	136	28	-	-	110	23	69	14	56	12	486	100
KP	15	15	12	12	-	-	24	24	-	-	25	24	11	11	14	14	101	100
O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	36	4	36	3	28	11	100
Kn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	16	2	317	40	-	-	225	28	-	-	183	23	33	4	19	3	793	100
Yht.	395	5	2040	38	1	0	2246	31	155	?	1381	19	375	5	755	10	7348	100

x) Toimistusrakot puuttuvat

Taulukko 1: Materiaalivirtojen inventoinnin tulokset piireittäin. Rakentamis- ja suuntauksen parantamishankkeet.

Piiri	a) Käsitellään paikallaan		b) Leikkauksesta penkereeseen tai rakenteeseen		c) Välivaraston kautta penkereeseen		d) Varanaapaikalta penkereeseen tai rakenteeseen		e) Leikkauksesta Jalostamoon		f) Tielinjaltn läjitykseen		g) Jalostamolta rakenteeseen		h) Jalostamolta varastoon		Yhteensä massoja	
	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%
U	4	2	11	6	-	-	30	15	-	-	78	40	22	11	50	26	195	100
T	20	38	6	12	-	-	11	21	-	-	15	29	x) -	-	x) -	-	50	100
H	1	1	51	28	-	-	39	21	-	-	25	14	30	16	37	20	183	100
Ky	6	3	86	49	-	-	32	18	11	6	3	2	1	1	36	21	175	100
M	2	1	70	27	-	-	138	54	-	-	11	4	36	14	-	-	257	100
PK	4	1	119	22	-	-	304	57	-	-	83	15	2	0	26	5	538	100
Ku	32	7	119	25	-	-	189	39	1	0	21	4	1	0	118	25	481	100
KS	117	13	264	30	-	-	303	34	-	-	69	8	25	3	109	12	867	100
V	57	6	107	10	-	-	236	22	-	-	280	26	258	24	126	12	1064	100
KP	19	7	69	10	-	-	199	29	-	-	111	16	176	26	86	12	690	100
O	18	3	28	5	2	0	143	24	-	-	117	19	240	39	62	10	610	100
Kn	31	2	102	8	-	-	590	46	7	1	263	21	144	11	135	11	1272	100
L	62	10	239	39	-	-	213	34	-	-	1	0	11	2	93	15	619	100
Yht.	403	6	1271	18	2	0	2417	35	19	0	1077	15	946	13	878	13	7023	100

x) Toimistusrakot puuttuvat

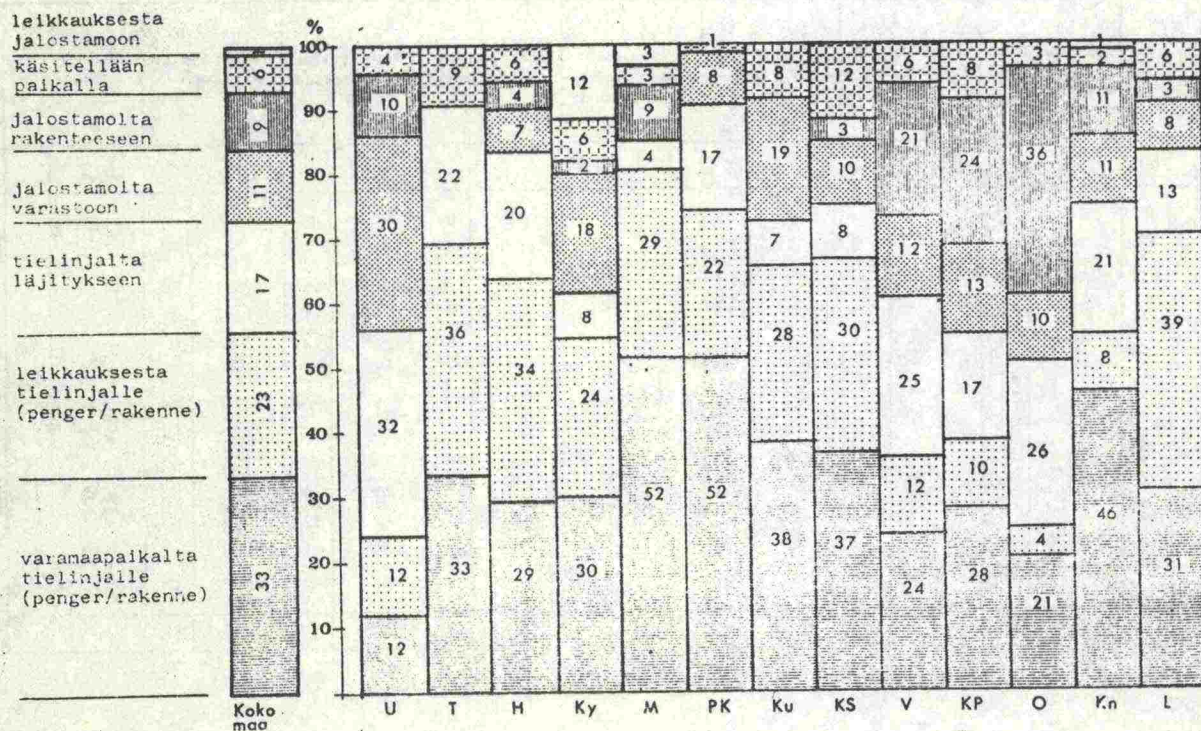
Taulukko 2: Materiaalivirtojen inventoinnin tulokset piireittäin. Rakenteen parantamishankkeet.



Piiri	a) Käsitellään paikallaan		b) Leikkauksesta penkereeseen tai rakenteeseen		c) Väliveraston kautta penkereeseen		d) Varamaapaikalta penkereeseen tai rakenteeseen		e) Leikkauksesta Jalostamoon		f) Tielinjalta läjitykseen		g) Jalostamolta rakenteeseen		h) Jalostamolta varastoon		Yhteensä massoja	
	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%	1000 m <sup>3</sup> td	%
U	48	4	155	12	1	0	152	12	-	-	411	32	134	10	384	30	1285	100
T	40	9	162	36	-	-	147	33	-	-	103	22	x)	-	x)	-	452	100
H	124	6	727	34	-	-	604	29	-	-	428	20	89	4	148	7	2120	100
Ky	71	6	285	24	-	-	347	30	134	12	91	8	29	2	205	18	1162	100
M	30	5	297	29	-	-	521	52	33	3	45	4	86	9	-	-	1012	100
PK	5	1	187	22	-	-	440	52	-	-	145	17	2	0	62	8	841	100
Ku	54	8	189	28	-	-	256	38	1	0	44	7	1	0	129	19	674	100
KS	139	12	354	30	-	-	441	37	-	-	98	8	34	3	111	10	1177	100
V	93	6	185	12	-	-	372	24	-	-	390	25	327	21	182	12	1549	100
KP	64	8	81	10	-	-	223	28	-	-	136	17	187	24	100	13	791	100
O	18	3	28	4	-	-	143	21	-	-	171	26	244	36	65	10	662	100
Kn	31	2	102	8	2	0	590	46	7	1	263	21	144	11	135	11	1274	100
L	78	6	556	39	-	-	438	31	-	-	184	13	44	3	112	8	1412	100
Yht.	795	6	3308	23	3	0	4674	33	175	1	2509	17	1321	9	1633	11	14418	100

x) Toimitusurakat puuttuvat

Taulukko 3: Materiaalivirtojen inventoinnin tulokset piireittäin. Kaikki toimenpideryhmät yhteensä (rakentamis-, suuntauksen parantamis- ja rakenteen parantamishankkeet).



Kuva 1: Materiaalivirtojen jakautumat piireittäin. Kaikki toimenpideryhmät yhteensä.



Inventoinnin mukaan suurimmat materiaalivirrat ovat seuraavat (prosenttiosuus kaikista käsitellyistä massoista).

	Koko aineisto	r + sp	rp
- varamaata penkereeseen tai rakenteeseen	33 %	31 %	35 %
- leikkauksesta "	23 %	28 %	18 %
- tielinjalta läjitykseen	17 %	19 %	15 %
- jalostamolta varastoon	11 %	10 %	13 %
- jalostamolta rakenteeseen	9 %	5 %	13 %
- käsitellään paikalla	6 %	5 %	6 %
- leikkauksesta jalostamoon	1 %	2 %	0 %
	<u>100 %</u>	<u>100 %</u>	<u>100 %</u>

Tutkimuksen mukaan massojen siirtoa välivaraston kautta penkereeseen ei tapahdu.

Huomattavimmat erot toimenpideryhmien kesken on leikkauksesta saatavien materiaalien ja jalostamolta tuotavien materiaalien osalla. Rakenteen parantamishankkeilla saadaan leikkauksesta kymmenen prosenttiyksikköä vähemmän massoja kuin suuntauksen parantamishankkeilla ja vastavasti rakenteen parantamishankkeille tuodaan jalostamolta ja varamapaikalta yhteensä noin 12 prosenttiyksikön verran enemmän massoja. Läjitykseen menevien massojen osuus on molemmissa toimenpideryhmissä samaa suuruusluokkaa 15-19 %.

Seuraavassa on tarkasteltu kutakin materiaalivirtaa erikseen. Suurimmista virroista on tarkemmin analysoitu niiden koostumus eri litteroista, laskettu kuljetusmatkat litteroittain perustuen vuoden 1979 litterakohtaiseen toteutuma-raporttiin sekä selvitetty tärkeimpien litteroiden osalta myös kuljetettujen materiaalien laatu. Materiaalien laatu on määritetty voimassa olleen kuljetuslajiryhmittelyn mukaisesti.

a) Varamapaikalta tielinjalle (taulukko 4)

- Suhteellisesti eniten varamapaikalta tuodaan massoja tielinjalle Mikkelin ja Pohjois-Karjalan piireissä 52 % kaikista massoista. Myös Kainuussa on varamapaikalta tuleva massavirta suuri (46 %).



- Vähäisintä tämän tutkimuksen mukaan on varamaiden käyttö Uudenmaan ja Oulun piireissä.

Piiri	Koko materiaali- liviirta 1000 m3itd	Eri litteroiden %-osuus			Kuljetusmatkat litteroitain(km)			Varamaapaikalta penke- reeseen 1530-34 (ei 1533)					Varamaapaikalta rakenteeseen			
		1300	1400	1500	1600	1530	1610	1621	1000 m3itd	Kulj.lajien %-osuus				1000 m3itd	Litteroiden %-osuus	
										hk+Sr	vara- maa	leikkaus- maa	muut		1610	1620
U	152	2	86	12	4,0	3,2	2,6	131	62	10	7	21 <sup>1)</sup>	13	-	100	-
T	147	9	23	68	8,1	1,5	3,2	34	99	-	1	-	100	82	18	-
H	604	5	65	30	5,3	5,8	8,3	392	82	3	14	1	181	40	60	-
Ky	347	4	52	44	1,9	1,6	1,8	181	100	-	-	-	152	18	29	53
K	521	2	40	58	5,3	7,0	8,3	210	29	69	1	1	302	58	39	3
PK	440	-	39	61	8,2	5,8	5,7	170	84	10	1	5	269	49	51	-
Ku	256	8	25	67	8,4	8,1	8,8	64	36	56	7	1	171	62	38	-
KS	441	4	54	42	3,8	5,6	3,9	238	38	36	16	10	195	79	21	-
V	372	2	28	70	4,0	6,5	2,2	104	38	45	14	3	260	98	-	2
KP	223	-	40	60	2,0	2,6	4,0	90	74	19	3	4	133	63	37	-
O	143	-	100	-	2,3	4,8	4,6	143	67	30	2	1	-	-	-	-
Kn	590	3	70	27	7,2	6,9	9,7	411	91	7	1	1	162	86	14	-
L	438	1	37	62	5,8	8,3	7,4	164	93	-	4	3	271	76	24	-
Koko maa	4674	3	50	47	5,2	5,1	5,5	2332	72	17	7	4	2204	65	31	4

1) sepeliä ja mursketta (n. 28 000 m3itd) louhepenkereen kiilaukseen

Taulukko 4: Varamaapaikalta tielinjalle menevän massavirran analysointi.

- Varamaapaikalta tulevasta materiaalista puolet menee penkereisiin, 47 % tien rakennekerrokseen ja loput 3 % rumputöihin
- Keskimääräinen kuljetusmatka sekä penger- että kerros- materiaaleilla on yli 5 km
- Penger- materiaali on pääosiltaan (72 %) hiekkaa ja scraa. Varamaan ja leikkausmaan osuus on vain neljännes penkereeseen tulevasta materiaalmäärästä ja noin 12 % kaikesta varamaapaikalta tielinjalle tulevasta materiaalista
- Rakennekerrokseen varamaapaikalta tuotavista materiaaleista 2/3 on suodatinhiekkaa ja loput jakavan ja kantavan kerroksen materiaalia
- Erot eri piirien kesken varamaapaikalta tuotavan materiaalin laadun suhteen ovat huomattavat. Eniten moreenia (= varamaa ja leikkausmaa) penger- materiaaliksi tuodaan Mikkelin, Kuopion, Keski-Suomen ja Vaasan piireissä. Pisimmät kuljetusmatkat varamaapaikalta penkereeseen ovat



Kuopiossa, Pohjois-Karjalassa ja Turussa (yli 8 km). Kuljetusmatkalla ja moreenin käytöllä ei ole riippuvuutta keskenään ts. ei voida osoittaa, että niissä piireissä, joissa varamaapaikalta hankitaan moreenia keskimääräistä enemmän pengermateriaaliksi, kuljetusmatka olisi lyhyempi kuin muissa piireissä

- Erillisellä kyselyllä työpäälliköiltä syysk. -80 pyrittiin vielä tarkentamaan varamaapaikalta penkereeseen tuotavan materiaalin laatua. Kyselyn mukaan n. 25 % varamaapaikalta tuotavasta pengermateriaalista on moreenia. Tulos on sama kuin kuljetuslajien varamaa ja leikkausmaa osuus taulukossa 4.

b. Leikkauksesta tielinjalle (taulukko 5)

- Suurin tämä materiaalivirta on Lapin piirissä. Yli keskiarvon se on myös Turun, Hämeen, Kymen, Mikkelin, Kuopion ja Keski-Suomen piireissä.
- Valtaosa massavirrasta on maaleikkausmassoja (80 %), 12 % on kalliroleikkauksista ja 8 % ojitus- ja rumpu- töistä.
- Uudenmaan piirissä on kallicleikkausten osuus huomattavan suuri (44 %)
- Ojamaita käytetään eniten tielinjalla Vaasan ja Keski-Pohjanmaan piireissä.
- Ojamaita ei tämän tutkimuksen mukaan hyödynnetä tielinjalla ollenkaan Kymen, Mikkelin, Pohjois-Karjalan, Kainuun ja Lapin piireissä.
- Kuljetusmatkat ojamaiden osalta ovat alle 0,5 km, maaleikkausmassoja on jouduttu keskimäärin kuljettamaan n. 1 km.
- Kalliomassojen keskimääräinen kuljetusmatka on n. 2 km.



Piiri	Koko materiaa- livirta 1000 m3itd	Eri litteroiden %-osuus			Kuljetusmatkat litteroittain (km)		
		1300	1400	1500	1300	1400	1500
U	155	9	44	47	0,9	3,0	2,6
T	162	6	22	72	0,5	3,9	1,7
H	727	9	8	83	< 0,5	1,6	1,2
Ky	285	3	24	73	< 0,5	< 0,5	0,9
M	297	1	24	75	< 0,5	5,3	0,5
PK	187	1	2	97	0,8	2,8	< 0,5
Ku	189	11	3	86	< 0,5	< 0,5	1,2
KS	354	12	9	79	< 0,5	4,4	0,6
V	185	29	14	57	< 0,5	1,7	2,5
KP	81	30	-	70	< 0,5	-	< 0,5
O	28	18	-	82	< 0,5	-	< 0,5
Kn	102	2	11	87	-	3,4	1,4
L	556	1	-	99	< 0,5	1,7	0,7
Koko maa	3308	8	12	80	< 0,5	2,0	1,0

Taulukko 5: Leikkauksesta tielinjalle menevän massavirran analysointi.

c) Tielinjalta läjitykseen (taulukko 6)

- Eniten läjitetään tämän tutkimuksen mukaan Uudenmaan, Oulun ja Vaasan piireissä.

Piiri	Koko materiaa- livirta 1000 m3itd	Eri litteroiden %-osuus				Kuljetusmatkat litteroittain (km)		Maan leikkauksesta läjitykseen					
		raivaus	ojitus+ rumpu- työt	maan- leikkaus	muut	ojitus+ rumpu- työt	maan- leikkaus	1000 m3itd	Kulj.lajien leikk. maa	%-osuus savi ja kelpaa	raiv. hk+sr jäte	muut	
U	411	6	6	88	-	0,5	3,8	362	69	7	1	1	1
T	103	49	5	46	-	1,1	2,3	47	71	20	5	4	-
H	426	17	5	78	-	0,5	1,6	334	69	31	-	-	-
Ky	91	32	17	51	-	1,5	2,7						
M	45	33	31	36	-	10,2	0,8						
PK	145	29	8	63	-	0,6	1,4	91	38	42	14	6	-
Ku	44	29	35	31	5	0,5	0,5	14	27	72	-	1	-
KS	98	6	2	87	5	0	0,5	85	40	54	1	5	-
V	390	21	29	39	11	1,7	2,1	152	80	18	-	1	1
KP	136	43	34	22	1	0,5	0,6	30	91	3	1	2	4
O	171	1	18	81	-	0,5	0,5	138	71	13	16	-	-
Kn	263	1	17	81	1	4,4	0,3	213	18	77	1	-	2
L	184	30	11	58	1	0,5	0,5	107	70	24	4	2	-
Koko maa	2509	18	15	65	2	0,7	1,6	1573	65	30	3	1	1

Taulukko 6: Tielinjalta läjitykseen menevän massavirran analysointi.



- Läjitykseen menevistä massoista noin 2/3 tulee maanleikkauksista ja loput raivauksesta (18 %) ja ojitus- ja rumputöistä (15 %).
- Keskimääräinen kuljetusmatka maanleikkauksesta läjitykseen on n. 1,6 km ja ojitus- ja rumputöistä n. 0,7 km.
- Maanleikkauksesta kuljetetaan läjitykseen suurimmalta osaltaan kuljetuslajin leikkausmaa materiaalia (65 %), savea ja kelpaamatonta maata n. 30 %.
- Eniten leikkausmaata kuljetetaan läjitysalueelle Uudenmaan ja Hämeen piireissä. Myös Kainuun piirissä on maanleikkauksesta läjitykseen menevä massavirta suuri, tosin se on pääosiltaan savea ja kelpaamatonta maata.
- Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa on jonkin verran kuljetettu myös hiekkaa ja soraa maanleikkauksista läjitysalueille.
- Tässä esitetyt läjitysprosentit eivät ole vertailukelpoisia rakennustoiminnan nykytilakuvauksessa esitetyn läjitysprosentin kanssa, koska luvut kuvaavat eri asiaa. Tämän raportin läjitysprosentti kuvaa kaikkien läjitysalueelle menevien massojen osuutta kaikista hankkeella käsitellyistä massoista ts. käsittelee kaikkia tielitteroituja. Nykytilakuvauksen läjitysprosentti kuvaa läjityksen osuutta vain 1500-litteralla ( $\frac{1520}{1510 + 1520} \times 100$ ).

d) Jalostamolta varastoon ja rakenteeseen

- Murskaalmolta lähtevät materiaalivirrat ovat 20 % kaikista tienrakennushankkeen materiaalivirroista. Varastoon murskattavien materiaalien osuus on v. 1978 ollut n. 23 % suurempi kuin rakenteisiin menevien materiaalien osuus
- Eniten on varastoon murskattu v. 1978 Uudenmaan piirissä.
- Valtaosa (70 %) murskauksesta on tämän inventoinnin mukaan soran murskausta.
- Eniten kalliomursketta on tehty Uudenmaan piirissä, 72 % kaikesta piirin murskatusta materiaalista v.1978
- Turun osalta jalostetut materiaalit puuttuvat kokonaan, koska ne on hankittu toimitusurakoina eikä niitä ole inventoitu.



## c) Käsitellään paikalla

- Paikalla käsiteltyjen raivausmassojen massamäärät perustuvat haastattelemalla saatuun arvioon raivausalasta, jolta raivausjätteet on käsitelty paikalla.
- Muilta osin paikalla käsitellyt massamäärät on saatu raporteista
- Koko maassa paikalla käsiteltyjen massojen osuus on n. 6 % kaikista tierakennushankkeella käsitellyistä massoista, piireittäin vaihtelu on 1-12 %,

Piiri	Koko materiaa- livirta 1000 m3itd	Eri litteroiden %-osuus			1000 m3itd		
		Raivaus	Ojitus rumpu- työt	Maan- leikkaus	Raivaus	Ojitus rumpu- työt	Maan- leikkaus
U	48,2	29	0	63	16,0	1,9	30,3
T	40,4	2	59	39	0,6	24,0	15,8
H	123,6	11	13	76	14,0	15,7	93,9
Ky	71,5	33	25	42	23,5	17,8	30,2
M	29,9	94	6	-	28,0	1,9	-
PK	4,9	-	100	-	-	4,9	-
Ku	53,7	32	67	1	17,2	36,0	0,5
KS	139,3	28	53	19	38,7	73,8	26,8
V	93,2	10	89	1	9,1	82,9	1,2
KP	64,1	-	92	8	-	59,0	5,1
O	18,3	27	33	40	5,0	6,1	7,2
Kn	31,1	-	75	25	-	23,4	7,7
L	77,8	7	93	-	5,5	72,3	-
Koko maa	796,0	20	53	27	157,6	419,7	218,7

Taulukko 7: Paikalla käsiteltyjen massojen analysointi.

- Paikalla käsitellyistä massoista on yli puolet (53 %) ojamaita, 27 % massanvaihdosta ja 20 % raivausmassoja
- Kun tarkastellaan lähemmin paikalla käsittelyn osuutta eri työvaiheissa, voidaan todeta seuraavaa:
  - + kaikista raivausmassoista 1/4 on käsitelty paikalla, loput on kuljetettu kaatopaikalle



- + ojamassojen käsittelystä saadaan seuraava asetelma
  - 37 % käytetään paikanpäällä penkereisiin
  - 16 % läjitetään paikalle
  - 16 % kuljetetaan penkereisiin
  - 31 % kuljetetaan kaatopaikalle
- + ojamassoista 53 % käsitellään paikalla ja 47 % kuljetetaan pois
- + läjitettävistä maanleikkausmassoista (1520) 88 % kuljetetaan läjitysalueelle ja 12 % läjitetään paikalla.

#### 2.4 Johtopäätökset

Tutkimuksessa on inventoitu materiaalivirrat tienrakennushankkeilla yhden vuoden aikana. Saatu tulos kuvaa siis materiaalivirtoja tutkimusvuoden poikkileikkaustilanteessa. Tämän vuoksi tutkitut hankkeet ovat osittain olleet toteutukseltaan eri vaiheissa, mikä johtopäätöksiä tehtäessä on pidettävä mielessä. Jatkotutkimuksia ajatellen onkin todettava, että tämänkaltaisissa inventoinneissa hankkeet tulisi ottaa mukaan kokonaisina niiden alusta loppuun saakka.

Johtopäätöksinä inventoinnin tuloksista voidaan todeta:

- Tienrakennushankkeilla läjitetään liikaa, sillä pääosa läjitykseen kuljetettavista materiaaleista olisi myös pengermateriaaliksi kelpaavaa (62 % maanleikkauksesta läjitykseen menevistä massoista on kuljetuslajia leikkausmaa ja 30 % kuljetuslajia savi ja kelpaamaton materiaali)
- Moreenin käyttöä tielinjan ulkopuolelta hankittavana pengermateriaalina voitaisiin lisätä, sillä varamaapaikalta tuotava pengermää on nykyisin pääosin (72 %) hiekkaa ja soraa; kuljetuslajien varamaa ja leikkausmaa osuus on n. 24 %.
- Kuljetusmatka varamaapaikalta penkereeseen on liian pitkä (yli 5 km), sillä tielinjalla kuljetusmatka leikkauksista penkereisiin on keskimäärin yli 4 km lyhyempi. Kuljetusmatkaa voitaneen lyhentää moreenin käyttöä lisäämällä. Pitkä kuljetusmatka johtuneen suurelta osin siitä, että varamaapaikkoina käytetään yleisimmin hiekka- ja sora-alueita.



- Leikkausmaata kuljetetaan läjitykseen 1 022 000 m<sup>3</sup>itd, kuljetusmatka 1,6 km ja vastaavasti varamaapaikalta tuodaan penkereeseen massoja 5,2 km:n päästä 2 332 000 m<sup>3</sup>itd, josta soraa ja hiekkaa on 1 679 000 m<sup>3</sup>itd ja vara- ja leikkausmaata on 560 000 m<sup>3</sup>itd.
- Viidesosa tienrakennushankkeen materiaalivirroista lähtee jalostamolta.



### 3. SUUNNITELTUIJEN JA TOTEUTUNEIDEN PÄÄLLYSRAKENNE- MASSOJEN VERTAILU

#### 3.1 Yleistä

Tutkimuksen toisen osan lavoitteena on ollut selvittää päällysrakenteen materiaalien osalta suunniteltujen ja toteutuneiden massamäärien erot.

Tarkasteluun on valittu sellaisia hankkeita, joissa on omana työnä tehty vuosina 1978 ja/tai 1979 litteroiden 1610 1620 ja 1630 töitä. Hankkeet on jaettu rakentamis- ja suuntauksen parantamishankkeisiin ja rakenteen parantamishankkeisiin.

Suunnitellut massamäärät on saatu

- hankkeen kuukausiraportista,
- hankkeen budjetista, tai
- suunnitelmista

Näin saadut massamäärät  $m_{3rtr}$  on muutettu  $m_{3itd}$ :ksi, käyttäen TS-tietokortin (5012)  $k_2 \times y_2$ -kerrointa, joka on 0,65 lukuunottamatta kantavan kerroksen murskesoraa, jolla kerroin on 0,70.

Toteutuneet massamäärät on saatu litteroittain ja hankkeittain ajetusta kuljetusmääräraportista.

#### 3.2 Tutkitut hankkeet

Tutkimuksessa on ollut mukana yhteensä 50 hanketta, 30 rakenteen parantamishanketta ja 20 rakentamis- tai suuntauksenparantamishanketta. Kaikilta hankkeilta ei ole saatu tietoja kaikista kerroslitteroista, mutta ne on otettu analyysiin mukaan niiden litteroiden osalta, joista tiedot on saatu.

Tutkitut hankkeet ovat olleet hyvin erilaisia:

pituudeltaan ne vaihtelevat kilometristä aina 50 kilometriin ja käsitellyt massat vaihtelevat muutamasta tuhannesta aina yli kahteensataantuhanteen kuutioon ( $m_{3itd}$ ).



## 3.3 Tulokset

Yhteensä on tutkituilla hankkeilla käsitelty kerrosateriaaleja seuraavasti:

	hankkeita	suunniteltu (m3itd)	toteutunut (m3itd)	erotus (m3itd)	%
rakentaminen + suunta- uksen parantaminen	(20 kpl)	981 000	977 000	- 4 000	-0,4
<u>rakenteen parantaminen</u>	<u>(30 kpl)</u>	<u>1 578 400</u>	<u>1 618 100</u>	<u>+39 700</u>	<u>+2,5</u>
Yhteensä	50 kpl	2 559 400	2 595 100	+35 700	+1,4

Erotus on laskettu vähentämällä toteutuneesta suunniteltu, eli erotu on + merkinen, kun massoja on käytetty enemmän kuin on suunniteltu ja päinvastaisessa tapauksessa - merkinen. Tulokset litteroittain ja hankkeittain on esitetty liitteessä 2. Taulukossa 8 on esitetty yhteenveto rakennekerroksittain suunnitelluista ja toteutuneista massamääristä.

Littera	Toimenpide- ryhmä	Suunniteltu m3itd	Toteutunut m3itd	Ero (tot.-suunn.)	
				m3itd	%
1610	r + sp	394 700	378 100	- 16 600	- 4
	rp	501 400	479 100	- 22 300	- 4
	yht.	896 100	857 200	- 38 900	- 4
1620	r + sp	352 000	343 000	- 8 700	- 2
	rp	623 000	670 000	+ 47 800	+ 8
	yht.	975 000	1014 100	+ 39 100	+ 4
1630	r + sp	234 300	255 600	+ 21 300	+ 9
	rp	454 000	468 200	+ 14 200	+ 3
	yht.	688 300	723 800	+ 35 500	+ 5

Taulukko 8: Suunniteltujen ja toteutuneiden massamäärien vertailu litteroittain



## Suodatinkerros

- kaikilla tutkituilla hankkeilla on suodatinhiekkaa käytetty n. 39 000 m<sup>3</sup>itd vähemmän kuin suunnitelmissa on esitetty
- prosentuaalisesti suunnitelmien alitus yhteensä on - 4 %, hankekohtaisesti suurin alitus on - 62 % ja suurin ylitys + 127 %
- lukumääräisesti tarkastellen suodatinhiekkaa on käytetty suunniteltua vähemmän 26 hankkeella ja suunniteltua enemmän 12 hankkeella
- ainoastaan yhdeksällä hankkeella suunnitellun ja toteutuneen poikkeama on alle  $\pm$  10 %.

## Jakava kerros

- yhteensä on tutkituilla hankkeilla tehty jakavaa kerrosta n. 39 000 m<sup>3</sup>itd enemmän kuin on suunniteltu
- prosentuaalisesti suunnitelmien ylitys on yhteensä + 4 %, hankekohtaisesti suurin ylitys on + 174 % ja suurin alitus - 29 %
- lukumääräisesti tarkastellen jakavaa kerrosta on tehty suunniteltua enemmän 21 hankkeella ja suunniteltua vähemmän 17 hankkeella
- suunnitellun ja toteutuneen poikkeama on alle  $\pm$  10 % 13 hankkeella.

## Kantava kerros

- yhteensä on tutkituilla hankkeilla käytetty kantavan kerroksen materiaalia n. 35 000 m<sup>3</sup>itd enemmän kuin on suunniteltu
- prosentuaalisesti suunnitelmien ylitys on yhteensä + 5 %, hankekohtaisesti suurin ylitys on + 14 % ja suurin alitus - 46 %
- lukumääräisesti tarkastellen kantavaa kerrosta on tehty suunniteltua enemmän 23 hankkeella ja suunniteltua vähemmän 23 hankkeella
- suunnitellun ja toteutuneen poikkeama on alle  $\pm$  10 % 19 hankkeella



Oheisessa asetelmassa on yhteenvetona esitetty hankkeiden lukumäärä (kpl) eri poikkeamaluokissa

	Poikkeama		
	alle 10 %	10-30 %	yli 30 %
1610	9	20	9
1620	13	16	9
1630	19	21	6
Yhteensä	41	57	24

### 3.4 Johtopäätökset

Tuloksista voidaan todeta, että toteutuneet suoritemäärät poikkeavat usein huomattavasti suunnitelluista sekä ylöspäin että alaspäin. Tuloksen perusteella ei kuitenkaan voida osoittaa massojen hukkakäyttöä. Sen sijaan tulos osoittaa, että massoja käytetään suunnittelemattomasti. Tämä johtuu ilmeisesti työn aikana tehtävistä lukuisista suunnitelmien muutoksista ja tarkennuksista, joita ei kirjata systemaattisesti minnekkään. Tästä johtuen tehdyssä vertailussa suurin virhe on suunnitelluissa massamäärissä. Tähän viittaavat myös massamäärien poikkeamista annetut selitykset:

- hiekkaa on saatu suunniteltua enemmän tielinjalta (puskusiirtona tai kantamalla)
- kerrokset on suunniteltu luiskiinkin saakka, mutta työmaa on ajanut luiskiinkin muuta kuin kerrosmateriaaleja
- suunniteltua suurempi notkon nosto
- pengertämiseen on käytetty eristyshiekkaa.



#### 4. VAIHTOEHTOISTEN MASSANSIIRTOSUUNNITELMIEN VERTAILU

##### 4.1 Yleistä

Rakennussuunnitelmassa on yleensä esitetty tien rakenne sekä sen toteuttamiseksi tarvittava massataloussuunnitelma. Hankkeen työnsuunnittelun yhteydessä tulee laatia hankkeelle massansiirtosuunnitelma. Massansiirtosuunnitelman laatimisessa on pyrittävä siihen, että massojen siirtokustannukset hankkeen kokonaiskustannuksien osana ovat pienimmät mahdolliset. Massojen siirrot optimoidaan suorittamalla vaihtoehtojen vertailu taloudellisimman vaihtoehdon löytämiseksi. Vaihtoehtoja muodostettaessa voidaan materiaaleja korvata toisilla ottaen huomioon materiaalien kantavuuserot, saatavuus, hinta, kuljetusmatka jne.

Tämän osan tavoitteena on selvittää, millaisia kustannussäästöjä voidaan hankkeilla saavuttaa tekemällä vaihtoehtovertailuja materiaalien käytöstä.

##### 4.2 Vertailujen suoritus

Tutkimusohjeen mukaan vertailussa tuli tarkastella vähintään kahta vaihtoehtoista massansiirtosuunnitelmaa, joista toinen on joko tuotesuunnittelijan tai työnsuunnittelijan laatima ja toinen tämän työn yhteydessä laadittava vaihtoehtoinen massansiirtosuunnitelma. Tämän tutkimuksen vertailuissa tarkastellaan vain tien päällysrakennekerroksia.

Vaihtoehtoja muodostettaessa tuli kerrosvahvuuksia vaihdella ja/tai korvata toisilla materiaaleilla ottaen huomioon materiaalien kantavuuserot, saatavuus, hinta, kuljetusmatka jne. Vaihtoehtoisten rakenneratkaisujen tuli olla laatutasoltaan samanlaisia. Eri materiaalien kantavuuserojen huomioon ottamiseksi tutkimusohjeessa esitettiin seuraavat vastaavuuskertoimet



maabetoni/kantava kerros (murskattu)	0.55
maabetoni/jakava kerros (murskaamaton)	0.45
kantava (murskaamaton)/suodatinkerros	0.85
jakava (murskaamaton)/suodatinkerros	0.65

Vaihtoehtojen kustannukset laskettiin tr-indeksin tasoon 247.

#### 4.3 Tulokset hankkeittain

##### U/Mt 131 Nurmijärvi-Rajamäki

Suuntauksen parantamishanke, pituus 6.3 km. Pohjaolosuhteet ovat vaihtelevat, päällysrakenteen kokonaispaksuus vaihtelee 30 cm...120 cm. Louhetta on käytetty pengertämiseen 800 m:n matkalla ja maalaatikoita on n. 500 m. Hankkeella ei ole tehty vaihtoehtoisia massansiirtosuunnitelmia, vaikka rakenteita on muutettu. Tutkimuksessa verrataan alkuperäistä suunnitelmaa ja toteutumaa.

Suunnitellut ja toteutuneet kokonaismassamäärät ja kustannukset ovat oheisen asetelman mukaiset (m3rtr)

Littera	Alkup. suunn.		Toteutuma		Ero (A-T)	
	1000 m3rtr	1000 mk	1000 m3rtr	1000 mk	1000 m3rtr	1000 mk
1610	50,1	442,0	24,6	246,3	+ 25,5	+ 195,7
1620	23,1	190,0	36,6	320,3	- 13,5	- 130,3
1630	9,9	128,0	9,9	128,0	-	-
	83,1	760,0	71,1	694,6	+ 12,0	+ 65,4

Toteutettu vaihtoehto on ollut n. 65 000 mk halvempi kuin alkuperäinen suunnitelma, koska toteutunut kerrosten massamäärä on n. 12 000 m3rtr pienempi kuin suunnitelmassa on edellytetty. Vähennys on kokonaisuudessaan 1610 -litteralta, koska maalaatikoiden kohdalla routimaton täyttö on laskettu varamaan hankinnalle ja louhospenkereitä on tehty enemmän kuin alkuperäisessä suunnitelmassa.



Lisäksi erityis- ja jakavankerroksen paksuuksia on useissa kohdin vaihdettu keskenään oheisen asetelman mukaan, jolloin jakavan soraa on käytetty suunniteltua enemmän.

kerros	pituus (m)	paksuus cm		
		suunn.	tot.	ohjeen mukaan
eristys	1200	60	30	30
jakava	1200	30	60	45
kantava	1200	15	15	15
		105	105	90

Kerrosvahvuuksien muuttamisen syynä on ollut se, että omaa hiekkaa ei ole ollut saatavissa, vaan hiekka täytyi ostaa urakoitsijalta hintaan 6.60 mk/m<sup>3</sup>itd ja vastaavasti oma sora oli n. 2 mk/m<sup>3</sup>rtr halvempaa. Kun kerrosmateriaaleja muuteltaessa ei ole otettu huomioon materiaalien erilaisia kantavuuksia, on 1200 metrin matkalla tehty 15 cm liian paksu jakava kerros. Ylimääräinen paksuus on työmaan hinnoilla maksanut n. 23 000 mk eli 17 % tämän osuuden (= 1200 m) toteutuneista kerrosten kokonaiskustannuksista, mikä vertailulaskelmien avulla olisi voitu säästää.

#### T/Tuorila-Merikarvia

Hankkeen maanleikkaus- ja pengerrystyöt ovat vähäisiä, sillä tie noudattaa lähes kokonaan vanhaa tielinjaa, joten massatyöt jäävät paljolti sivuojen kaivuun ja perkaukseen.

Vertailussa on ollut mukana kolme vaihtoehtoa, joiden rakenne on esitetty alla olevassa kaaviossa. Materiaalien kuljetusmatkat ja yksikköhinnat eri vaihtoehdoissa ovat samat.

Kerros	Vaihtoehtoiset rakenteet			Materiaalien kuljetusmatkat ja yksikkökustannukset		
	alkuper. suunnitelma	Ve1	Ve2			
eristys	25 cm (Hk)	35 cm (Hk)	30 cm (Hk)	Hk	19 km	12,60 mk/m <sup>3</sup> itd
jakava	30 cm (Sr)	20 cm (Sr)	13 cm (maabetoni)	Sr	31 km	15,91 -"-
kantava	15 cm (MSr)	15 cm (MSr)	12 cm (MSr)	MSr	31 km	20,13 -"-



Vaihtoehtojen suoritteet ja kustannukset ovat seuraavat:

Littera	Alkup. suunn.		Ve 1		Ve 2	
	1000 m3itd	1000 mk	1000 m3itd	1000 mk	1000 m3itd	1000 mk
1610	15,0	189,0	21,0	264,6	16,0	201,6
1620	23,0	365,9	15,3	243,4	10,0	159,1
1630	11,0	221,4	11,0	221,4	8,0	177,1
	49,0	776,3	47,3	729,4	34,0	537,8
				Sementtiä 720 tn	108,0	
						645,8

Vaihtoehto 1 on n. 47 000 mk halvempi kuin alkuperäinen suunnitelma. Rakenteet eivät kuitenkaan ole kantavuudeltaan samanarvoisia, koska Ve 1:ssä on 10 cm soraa korvattu samalla määrällä hiekkaa.

Vaihtoehto 2, jossa jakava kerros on tehty maabetonista on saatu n. 130 000 mk halvemmaksi kuin alkuperäinen rakenne. Myöskään tämä vaihtoehto ei ole täysin alkuperäisen vaihtoehdon veroinen kantavuudeltaan ja lisäksi rajoituksena on se, että työ täytyy tehdä lämpimänä vuodenaikana. Maabetonin kustannuksiin sisältyvät soran hinta 15,91 mk/m3itd ja sementin hinta 150 mk/tn, yhteensä 26,70 mk/m3itd. Maabetonin työkustannuksia ei ole laskelmissa mukana, joten vaihtoehdon 2 todellisesta hinnasta ei ole tietoa.

#### Ky/Ummeljoki-Koria

Hanke on pituudeltaan 800 m, josta 170 m:n matkalla on maabetonirakenne ja louhepengertä on 70 m. Materiaalit (Sr ja Hk) saatiin kahdesta sorakuopasta, kummatkin n. 1,5 km tielinjan sivussa.

Vertailussa on tarkasteltu kahta vaihtoehtoa ja litteroi ta 1610 ja 1620. Vaihtoehtojen suoritteet ja kustannukset ovat alla olevan asetelman mukaiset.



Littera	Alkup. suunn.		Parann. suunn.		Toteutuma	
	1000 m3itd	1000 mk	1000 m3itd	1000 mk	1000 m3itd	1000 mk
1610	52,6	477,0	27,1	243,0	31,5	350,0
1620	23,8	255,0	41,8	461,0	29,8	294,0
	76,4	732,0	68,9	704,0	61,3	644,0

Parannetussa suunnitelmassa on eristyshiekkää korvattu soralla. Kustannukset ovat kantavuus huomioonottaen pienentyneet, kantavuus on jopa muutaman prosenttiyksikön lisääntynyt.

Hanke toteutettiin tämän parannetun suunnitelman pohjalta. Kerrosvahvuuksia (jakava) voitiin vielä toteutuksen aikana pienentää uusien kantavuusmittausten ja maaperätutkimusten tulosten nojalla penkereiden kohdalla 15 cm. Alkuperäisen suunnitelman 732 000 mk:n kustannukset pienenevät toteutettaessa 644 000 mk:aan. Säästöä saatiin 88 000 mk (12 %).

#### M/Vt 13 Kangasniemi-KS-piirin raja

Tarkasteltavan hankkeen osan pituus on 10,4 km. Vertailtavien vaihtoehtojen kustannukset ja suoritteet ovat seuraavat:

Littera	Alkup. suunn.		Parann. suunn.	
	1000 m3rtr	1000 mk	1000 m3rtr	1000 mk
1610	41,3	978,6	23,5	534,5
1620	27,2	759,9	10,4	341,9
1630	12,6	549,2	8,0	860,5
	81,1	2287,7	41,9	1736,8

Alkuperäisen ja parannetun suunnitelman kerrosmateriaalien laatu ja kuljetusmatkat ovat seuraavat



	Alkup. suunn.		Parann. suunn.	
	Mater.	Kulj. (km)	Mater.	Kulj. (km)
1610	Hk	23 km	Hk	25 ja 15 km
1620	Sr	15-16 km	M	3-4 km
1630	MSr	14-15 km	MB40/270	9-10 km

Eristyskerrosta on parannetussa suunnitelmassa ohennettu; kokonaismassamäärä pienenee n. 18 000 m<sup>3</sup>rtr. Yksikköhinta muodostuu 0,90 mk/m<sup>3</sup>rtr halvemmaksi, vaikka kuljetusmatka osalla linjaa pitenee. Parannettu suunnitelma on kokonaiskustannuksiltaan 444 000 mk halvempi kuin alkuperäinen.

Jakavan kerroksen massamäärä pienenee n. 17 000 m<sup>3</sup>rtr. Kerros tehdään kalliomurskeesta 0...64 mm ja näin kuljetusmatka lyhenee 12 km. Vaikka yksikköhinta on 4,90 mk/m<sup>3</sup>rtr kalliim-paa, saavutetaan kokonaiskustannuksissa 418 000 mk:n säästö.

Parannetun suunnitelman kantava kerros tehdään 12 cm paksuna maabetonista, jonka raaka-aineina ovat soramoreeni (0-32 mm) ja 3,5 - 5 % sementtiä. Kantava kerros maabetonista tulee 325 000 mk kalliimmaksi kuin alkuperäisen suunnitelman mukaisesti murskatusta materiaalista tehtynä.

Kokonaiudessaan maabetonivaihtoehto osoittautuu laskelmissa 551 000 mk halvemmaksi kuin alkuperäinen suunnitelma (24 %).

Hanke toteutettiin parannetun suunnitelman mukaisesti. Alusrakennetta jouduttiin muotoilemaan uudestaan ja pengermaita ajettiin hieman lisää, koska tasausta ei joka paikassa voitu laskea jo tehtyjen kalliopenkereiden takia. Näitä lisäkustannuksia ei ole voitu erotella ja näin ollen maabetonivaihtoehdon toteutuneita kustannuksia ei ole luotettavasti voitu verrata suunnitelmaan. Lisäkustannukset olisi voitu välttää, jos maabetonirakenne olisi otettu huomioon jo suunnittelu-vaiheessa.



Ku/Mt 7693 Niemiskylä-Kiuruvesi

Hanke on 6,7 km pitkä. Paikkakunnalla on heikot sora- ja hiekkaesiintymät ja koska mursketta oli saatavissa toiselta hankkeelta edullisesti, tehtiin parannettu suunnitelma, jossa jakava- ja kantava kerros tehdään kalliomurskeesta. Vaihtoehtojen kerrosmateriaalien laatu ja kuljetusmatkat sekä suorittemäärät ja kustannukset ovat seuraavat:

Littera	Alkup. suunn.		Parann. suunn.	
	Mater.	Kulj. (km)	Mater.	Kulj. (km)
1610	Hk	16-22 km	Hk	16-22 km
1620	Sr	16-22 km	M	6- 9 km
1630	MSr	16-22 km	M	6- 9 km

Littera	Alkup. suunn.		Parann. suunn.		Ero (A-T)	
	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	m3rtr	mk	m3rtr	mk	m3rtr	mk
suodatin kangas	16000m <sup>2</sup>	51,2	16000m <sup>2</sup>	51,2	-	-
1610	10,5	222,5	9,0	191,5	+ 1,5	+ 31,0
1620	20,0	575,2	8,0	315,8	+ 12,0	+ 259,4
1630	7,5	327,5	11,0	475,2	- 3,5	- 147,7
	38,0	1176,4	28,0	1033,7	+ 10,0	+ 142,7

1610-litteralla kuljetusmatkat ja yksikkökustannukset ovat kummassakin vaihtoehdossa samat, mutta materiaalimenekki parannetussa suunnitelmassa on 1500 m<sup>3</sup>rtr pienempi, joten kokonaiskustannukset pienenevät 31 000 mk. Suodantinkankaasta aiheutuvat kustannukset ovat samat kummassakin vaihtoehdossa.

1620-litteran sora on korvattu murskeella. Kuljetusmatkat pienenevät n. 11 km ja yksikköhinta nousee n. 11 mk/m<sup>3</sup>rtr, kun materiaalin hintaan lasketaan myös louhinta- ja murskauskustannukset. Murskeen paremman kantavuuden takia materiaalimenekki pienenee n. 12 000 m<sup>3</sup>rtr. Yhteensä kustannukset pienenevät 260 000 mk.



1630-litteralla aiheutuu 148 000 mk lisäkustannuksia menekin kasvettua 3 500 m<sup>3</sup>rtr. Kuljetusmatkat lyhenevät 10 - 11 km, joten alkuperäisen suunnitelman murskesora ja parannetun suunnitelman murske ovat yksikköhinnaltaan lähes samat.

Kokonaisuudessaan 1600-litteran töissä saavutetaan 143 000 mk:n säästö (12 %) ja hanketta varten varattu sora-alue jää käytettäväksi tulevia hankkeita varten. Hanke toteutetaan tämän parannetun suunnitelman mukaan.

#### KP/Pt Virkkala

Rakenteen parantamishanke, pituus 7,1 km. Parannetun suunnitelman laatiminen sai alkunsa siitä, että raivausjätteiden poiskuljettamisen sijasta päätettiin ne kompostoida, jolloin tielinjalta saadaan osa pengermateriaalia ja suodatinhiekkää. Alkuperäisen suunnitelman jakava kerros on murskatusta materiaalista, joka korvataan murskaamattomalla aineksella. Se saadaan välppäämättä aivan tielinjan vierestä.

Vaihtoehtojen suoritteet ja kustannukset ovat seuraavat:

Littera	Alkup.suunn.		Parann.suunn.		Toteutuma	
	1000 m <sup>3</sup> rtr	1000 mk	1000 m <sup>3</sup> rtr	1000 mk	1000 m <sup>3</sup> rtr	1000 mk
1610	13,6	137,5	7,5	77,0	10,7	103,3
1620	9,1	187,2	15,2	208,7	16,0	166,5
1630	6,4	136,5	6,4	136,5	9,7	163,0
	29,1	461,2	29,1	422,2	36,4	432,8

Suodatinhiekan määrää voidaan vähentää, koska osa raivausjätteiden haudasta nousseesta pengermateriaalista on hiekkää ja toisaalta koska jakavan paksuutta lisäämällä kerrosten kokonaispaksuus pysyy entisellään. Yksikkökustannus pysyy samana (10,25 mk/m<sup>3</sup>rtr), kokonaiskustannus laskee n. 60 000 mk.



Jakavan paksuutta täytyy lisätä, koska se parannetun suunnitelman mukaan tehdään luonnonsorasta. Yksikkökustannus laskee yli 6,50 mk/m<sup>3</sup>rtr (20,48 → 13,72), mutta kokonaiskustannus nousee n. 21 500 mk. Kantavaa kerrosta ei ole muutettu. Laskennallinen säästö parannetussa suunnitelmassa kerrosten osalta on 8,5 %.

Hanke toteutettiin parannetun suunnitelman mukaan eli raivausjätteet haudattiin tielinjalle. Suodatinhiekkaa käytettiin n. 3 000 m<sup>3</sup>rtr enemmän kuin parannettu suunnitelma edellyttää, yksikkökustannus 9,69 mk/m<sup>3</sup>rtr oli 0,56 mk/m<sup>3</sup>rtr suunniteltua pienempi ja kokonaiskustannus n. 26 000 mk suurempi.

Jakavan soraa käytettiin suunnitelman mukainen määrä, yksikkökustannus 10,41 mk/m<sup>3</sup>rtr on 3,31 mk/m<sup>3</sup>rtr halvempi kuin suunnitelmassa ja siitä johtuen säästö kokonaiskustannuksissa oli n. 42 000 mk.

Kantavan mursketta käytettiin n. 3 300 m<sup>3</sup>rtr suunniteltua enemmän. Yksikkökustannus 16,74 mk/m<sup>3</sup>rtr oli 4,51 mk/m<sup>3</sup>rtr pienempi kuin suunnitelmissa ja kokonaiskustannukset olivat n. 27 000 mk suuremmat.

Kerrosten osalta toteutuneet kustannukset ovat 10 500 mk suuremmat kuin parannetussa suunnitelmassa, mutta n. 28 000 mk pienemmät kuin alkuperäisessä suunnitelmassa, mihin verraten säästö on n. 6 %. Kantavuudeltaan toteutettu tie on suunniteltua parempi, joten todellinen säästö on esitettyä suurempi.

Suurimmat säästöt hankkeella on saatu kompostoinnin ansiosta raivaus- ja pengerrystöissä, mutta näitä säästöjä ei ole tässä tarkemmin laskettu.



Kn/Vt 22 Kankari-Paltamo

Rakenteen parantamishanke, jonka pituus on 14,6 km. Vaihtoehtojen vertailu on suoritettu kahdessa osassa; ensin on verrattu suunnittelijan tekemää massansiirtosuunnitelmaa työmaan tekemään suunnitelmaan (Ve 1) kantavan kerroksen ja murskaustöiden osalta. Tällä osin työmaan tekemä massansiirtosuunnitelma tuli 378 000 mk halvemmaksi kuin alkuperäinen. Halvempi hinta johtuu kuljetusmatkan lyhentymisestä 25 km:stä 11 km:iin, jolloin yksikkökustannukset laskivat 7 - 9 mk/m<sup>3</sup>rtr.

Toisessa vaiheessa on laadittu uusi vaihtoehto (Ve 2) ja tarkasteluun on otettu kaikki muutkin sitomattomat päällysrakennekerrokset sekä litteran 1531 työt. Vaihtoehtojen suoritteet ja kustannukset ovat seuraavat:

Littera	Ve 1		Ve 2		Ve 1 - Ve 2	
	1000 m <sup>3</sup> ktd	1000 mk	1000 m <sup>3</sup> ktd	1000 mk	1000 m <sup>3</sup> ktd	1000 mk
1531	195,7	1858,1	192,7	1770,7	+ 3,0	+ 87,4
1610	40,1	394,7	43,2	427,0	- 3,1	- 32,3
1622	37,1	696,9	37,1	608,9		+ 88,0
1632	23,0	496,3	23,0	465,6		+ 30,7
1911	87,0	776,8	87,0	853,3		- 76,5
		4222,8		4125,5		+ 97,3

Litteran 1531 säästö syntyy uuden maanottopaikan (moreenia) käyttöönotosta työkohdetta lähempää. Moreeni on halvempaa, mutta eristyskerros pitää moreenipenkereen kohdalla rakentaa paksummaksi. Tällä litteralla materiaalitarve on 3 000 m<sup>3</sup>ktd pienempi parannetussa suunnitelmassa, joten säästöä saavutetaan 87 000 mk.

Litteran 1610 massamäärä lisääntyy 3 000 m<sup>3</sup>ktd ja yksikkökustannukset pysyvät vaihtoehdoille samana, joten kokonaiskustannus lisääntyy 32 000 mk. Litteroiden 1531 ja 1610 kustannukset ovat siten parannetussa suunnitelmassa (Ve 2) 55 000 pienemmät kuin alkuperäisessä (Ve 0, Ve 1).



Litteran 1620 murskatusta sorasta osa valmistettiin työkohdetta lähempänä olevassa paikassa, kuljetusmatkat lyhenivät 1...4 km, joten saavutettiin 88 000 mk:n säästö. Kantavan kerroksen soran murskaus siirrettiin samaan paikkaan, jolloin saavutettiin 31 000 mk:n säästö lyhentyneiden kuljetusmatkojen takia.

Murskaustöiden kustannukset lisääntyvät 77 000 mk, koska parannetussa suunnitelmassa murskaus tehtiin kahdessa eri paikassa.

Parannetun suunnitelman kustannukset ovat 97 000 mk (2 %) pienemmät kuin työmaan ensimmäisen suunnitelman ja 475 000 mk (10 %) pienemmät kuin suunnittelijan massansiirtosuunnitelman mukaiset kustannukset. Vertailussa ei ole otettu huomioon toteuttamiseen mahdollisesti vaikuttavia rahoitus-, ajoitus- ja työllisyysnäkökohtia.

Tarkastelu rajoittui pelkästään kuljetuskustannusten minimointiin, sen sijaan ei ole tarkasteltu erilaisten rakennevaihtoehtojen ja kuljetuskustannusten yhteisvaikutusta.

#### Kn/Mt 244 Leväkoski-Oulun piirin raja

Rakenteen parantamishanke, jonka pituus on 5,4 km. Vertailussa on tarkasteltu alkuperäistä suunnitelmaa ja toteutumaa jakavan kerroksen teossa.

Alunperin jakava kerros aiottiin tehdä välpätystä sorasta, jota saadaan 1,7 km:n päästä tielinjasta. Myöhemmin tielinjalta löydettiin esiintymä, jota voidaan käyttää, kun se murskaataan. Murskatun materiaalin paremman kantavuuden ansioista kerrospaksuutta on pienennetty 25 %. Materiaalimenekki pieneni 1 900 m<sup>3</sup>rtr ja kuljetusmatka lyheni keskimäärin 3 km. Yksikkökustannus on noussut vain 0,81 mk/m<sup>3</sup>rtr, joten säästö kokonaiskustannuksissa on 24 000 mk (21 %). Yksikkökustannusten pieni ero (välpätty 15,02 mk/m<sup>3</sup>rtr, murskattu 15,83 mk/m<sup>3</sup>rtr) johtuu siitä, että välppäys olisi ollut vlisuurten kivien suuresta määrästä johtuen vain n. 4 mk/m<sup>3</sup>rtr halvempaa kuin murskaus.



#### 4.4 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tässä osassa oli mukana yhteensä 12 hanketta, joista seitsemän on esitelty edellisessä kappaleessa. Tarkastelluilla hankkeilla ovat kerrosten teossa saavutetut säästöt vaihdelleet 6-24 %. Vaihtoehtojen rakenteet ovat pysyneet laatutasoltaan samanlaisina tai vaihtoehtoinen ratkaisu on ollut hieman parempi. Säästöprosentin suuruuteen vaikuttaa lisävästi se, että tarkastellut vaihtoehdot ovat olleet yleensä ensimmäinen parannettu versio tuotesuunnittelijan massataloussuunnitelman jälkeen. Useampia vaihtoehtoja ei yleensä ole tarkasteltu.

Poisjätetyillä hankkeilla (5 kpl) eivät vaihtoehdot ole olleet laatutasoltaan (= kantavuus) samanlaisia, joten kustannusvertailun tekeminen ei ole ollut perusteltua. Vaihtoehtojen muodostamisen lähtökohtana on ollut esimerkiksi maaperä- ja kantavuustietojen tarkentuminen, jolloin uudessa rakenteessa kerrosvahvuuksia on huomattavasti muutettu (ohennettu tai paksunnettu). Vaihtoehdot eivät silloin ole laatutasoltaan samanlaisia. On tietenkin hyvä, että tarkentuneet maaperä- ja kantavuustiedot käytetään hyväksi, mutta tähän tutkimukseen sellainen tapaus ei kelpaa. Poisjätetyillä hankkeilla esimerkiksi

- Suodatinhiekkä on korvattu suodatinkankaalla ja samalla ohennettu kantavaa kerrosta. Suodatinkangasvaihtoehto on tullut halvemmaksi, mutta kantavuudeltaan heikentynyt.
- Eristys- ja jakavaa kerrosta on paksunnettu, jolloin kantavuus ja hinta ovat lisääntyneet.
- Jakavan sora on korvattu samalla määrällä murskattua materiaalia. Kantavuus on ilmeisesti kasvanut, samoin kustannukset.
- Suodatin- ja jakavan kerroksen massamäärät on pudotettu puoleen ilman perusteluja. Kustannukset vähentyneet huomattavasti.



Yleensä vaihtoehtojen muodostamisen perustelut ovat olleet puutteelliset; materiaaleja on vaihdeltu pelkästään kuljetus- tai hankintakustannusten perusteella ottamatta huomioon kantavuuseroja.

Tutkimusohjeessa esitettyä menettelytapaa, korvattaessa materiaaleja toisilla ei hankkeilla ole käytetty. Vaihtoehdot on muodostettu muilla tavoin, mikä onkin ollut hyvä, sillä työn kuluessa on käynyt ilmi, ettei vastaavuuskertoimien käytölle esitetyllä tavalla ole riittäviä perusteita. Kertoimia käyttämällä ei voida taata teknisesti riittävää rakennetta korvattaessa heikommalla materiaalilla kantavampaa eikä käytettäessä ylipaksua kantavaa kerrosta. Yhteenvetona vastaavuuskertoimista voidaan todeta, ettei materiaalien kantavuutta voida kuvata yhdellä luvulla, vaan kantavuus riippuu mm. pohjamaasta, alemmista rakennekerroksista, materiaalin rakeisuudesta ja käytetystä kerrospaksuudesta. Tästä johtuen kertoimien avulla ei saavuteta teknisesti riittävää tai taloudellisesti optimaalista rakennetta.

#### 4.5 Johtopäätökset

Vaihtoehtoisten massansiirtosuunnitelmien laadinta ja taloudellisimpien rakenneratkaisujen etsiminen koetaan lähes poikkeuksetta tarpeelliseksi ja hyödylliseksi.

Työnsuunnittelun yhteydessä tapahtuvalla materiaalien käytön suunnittelulla voidaan kokonaiskustannuksia pienentää; tämän tutkimuksen valossa säästö kerrosten teon osalla on helposti 10 %.

Vertailulaskelmien tekeminen ei tänä päivänä suju riittävän luotettavasti. Rakenteiden vertailu perustuu liian usein "sormituntumaan" tai pelkästään materiaalin hinnan ja ajomatkan vertailuun. Rakennemitoituksen tarkistus jää yleensä liian vähälle huomiolle.



## 5. TÄYTTÖKERROINTUTKIMUS

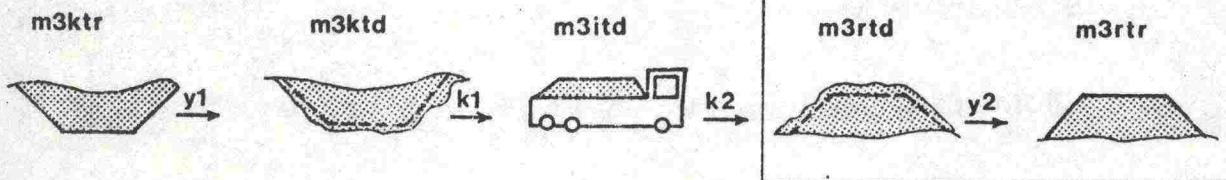
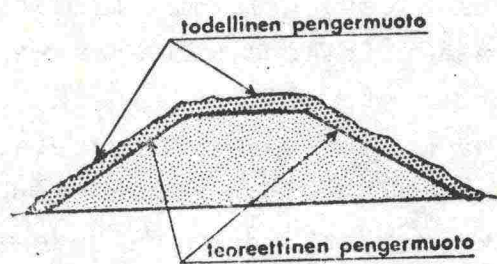
### 5.1 Yleistä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää täyttökertoimen ( $y_2$ ) arvot

- rakenteen parantamistöissä
- kevyen liikenteen väylätöissä

Täyttökerroin  $y_2$  ilmaisee teoreettisen ja todellisen rakenne-tilavahvuuden suhteen. Kertoimen arvo lasketaan kaavalla

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



### 5.2 Tulokset

Alla on esitetty yhteenvetona hankeryhmittäin ja rakennekerroksittain täyttökertoimien keskiarvot, vaihteluväli sekä tutkimusten lukumäärä.

Rakennekerros	Rakenteen parantaminen			Kevyen liikenteen väylät		
	Keskiarvo	Vaihteluväli	Tutkim.lkm	Keskiarvo	Vaihteluväli	Tutkim.lkm
Penger	0,90	0,87...0,94	4	0,85	0,78...0,91	2
Suodatin	0,86	0,74...1,05	5	0,87	0,68...1,06	6
Jakava	0,89	0,73...1,19	8	0,95	0,65...1,22	8
Kantava	0,93	0,82...1,11	5	0,95	0,75...1,22	7



### 5.3 Tulosten tarkastelu

Tutkimusten määrä on johtopäätösten kannalta jäänyt pieneksi. Määrään on vaikuttanut ratkaisevasti hankala ja työläs tutkimusmenetelmä. Sillä on ilmeisesti ollut negatiivinen vaikutus myös tulosten luotettavuuteen, mikä ilmenee tulosten paikoin varsin suurena hajontana.

Ohessa on esitetty kerroksittain täyttökertoimelle (y2) TS-kortissa 5011 annetut arvot sekä tässä tutkimuksessa saadut arvot.

	TS 5011	Rp	Kev.liik.
Penger	1,00	0,90	0,85
Suodatin ja jakava	0,90	0,88	0,92
Kantava	0,90	0,93	0,95

Penkereen osalta tutkimuksessa saadut kertoimet poikkeavat selvästi TS-kortin kertoimista. Tutkimuksen luotettavuutta vähentää havaintojen vähäisyys.

Suodatin- ja jakavan kerroksen kerroin on yhtäpitävä TS-kortin kertoimen kanssa.

Kantavan kerroksen kertoimet ovat hieman suuremmat kuin TS-kortissa, mutta hajonta tutkimusaineistossa on suuri.

Yhteenvetona tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että sekä rakenteen parantamistöissä että kevyen liikenteen väylähankkeilla voidaan käyttää TS-kortin 5011 täyttökertoimen arvoja.



MATERIAALIVIRTA	litterat	RAKENTAMINEN + SUUNT. PARANT.		RAKENTEEN PARANTAMINEN	
		m3itd	%	m3itd	%
a) Käsitellään paikalla	1122				
	1223				
	1311				
	1312				
	1522				
	yhteensä				
b) Viedään leikkauksesta penkereeseen tai rakenteeseen	1311				
	1320-1323				
	1330-1335				
	1411				
	1412				
	1511				
	1512				
yhteensä					
c) Viedään välivaraston kautta penkereeseen	1413				
	1414				
	1513				
	yhteensä				
d) Viedään varamaa paikalta penkereeseen tai rakenteeseen	1320-1323				
	1330-1335				
	1440				
	1531				
	1532				
	1534				
	1610				
	1621				
	1631				
yhteensä					
e) Viedään leikkauksesta jalostamoon	1420-1422				
	1512				
	yhteensä				
f) Viedään tielinjalta läjitykseen	1122				
	1230-1235				
	1312				
	1320-1323				
	1330-1335				
	1430-1432				
	1520-1523				
yhteensä					
g) Viedään jalostamolta rakenteeseen	1910-1915				
	1930-1935				
	1940-1945				
	1960-1965				
	yhteensä				
h) Viedään jalostamolta varastoon	1910-1915				
	1940-1945				
	yhteensä				
MASSOJEN KÄSITTELY YHTEENSÄ		100 %		100 %	

## a. KÄSITELLÄÄN PAIKALLA

littera 1122, pintamaan raivaus, m<sup>2</sup>  
-selvitetään hankkeittain se m<sup>2</sup>-määrä, jolta raivausmassat on käsitelty paikalla (haudattu, sijoitettu luiskiini) massamäärä arvioidaan raivaussyvyyden perusteella. Selvitys on tehtävissä esim. haastatteleamalla työpäällikköjä tai työmaapäällikköjä.

littera 1223, stabilointi, m<sup>2</sup>  
-arvioidaan massat stabilointisyvyyden perusteella

littera 1311, avo-ojitus, massat penkereeseen, m<sup>3</sup>ktr  
-se massamäärä mikä ilman kuljetuksia siirretään penkereeseen = litteran koko massamäärä - kuljetusvälineellä siirretyt massat

littera 1312, avo-ojitus, massat läjitykseen, m<sup>3</sup>ktr  
-se massamäärä mikä läjitetään paikalla = litteran koko massamäärä - kuljetusvälineellä siirretyt massat

littera 1522, pehmeän perusmaan poisto, m<sup>3</sup>ktr  
-se massamäärä mikä läjitetään paikalla = litteran koko massamäärä - kuljetusvälineellä siirretyt massat  
-samoin myös tarvittaessa litterat 1521, 1523



b. VIEDÄÄN LEIKKAUKSESTA PENKEREeseen TAI RAKENTEeseen

littera 1311, avo-ojitus, massat penkereeseen, m<sup>3</sup>ktr  
-se massamäärä mikä kuljetusvälineellä siirretään penkereeseen (kuljetusmääräraportti, kelvollinen materiaali)

litterat 1320-1323, putkitustyöt, m  
-se massamäärä mikä kuljetusvälineellä siirretään penkereeseen (kuljetusmääräraportti, kelvollinen materiaali, ei hk+sr, ei varamaa)

littera 1411 kalliroleikkaus - pengerrys, m<sup>3</sup>ktr  
-se massamäärä mikä kuljetusvälineellä siirretään penkereeseen

littera 1412, ojitus- ja putkitustöihin liittyvä louhinta - pengerrys, m<sup>3</sup>ktr  
-se massamäärä mikä kuljetusvälineellä siirretään penkereeseen

littera 1511, maanleikkaus - penkereen teko, m<sup>3</sup>ktr  
-se massamäärä mikä kuljetusvälineellä siirretään penkereeseen

littera 1512, maanleikkaus - massat päällysrakenteeseen tai murskaukseen, m<sup>3</sup>ktr  
-se massamäärä mikä kuljetusvälineellä siirretään päällysrakenteeseen. Esim. työpäällikköjä haastatteleamalla voidaan selvittää mikä osa litteran massamäärästä on viety murskaukseen. Tämä osa erotetaan pois ja ilmoitetaan kohdassa e.

littera 1550-1555, rumputyöt, m  
-kuljetusmääräraportista kohdan leikkausmaa suorite

c. VIEDÄÄN VÄLIVARASTON KAUTTA PENKEREeseen

littera 1413, kalliroleikkaus - välivarasto tai ylipenger, m<sup>3</sup>ktr

littera 1414, ojitus ja putkitustöihin liittyvä louhinta - välivarasto tai ylipenger, m<sup>3</sup>ktr

littera 1513, maanleikkaus, välivarastointi tai ylipenger, m<sup>3</sup>ktr  
-litteroiden massamäärästä vähennetään litteran 1523 (ylipengerin poisto - läjitys, m<sup>3</sup>rtr) massamäärä

d. VIEDÄÄN VARAMAAPAICALTA PENKEREeseen TAI RAKENTEeseen

litterat 1320-1323, putkitustyöt, m  
-se massamäärä mikä tuodaan varamaapaicalta, kuljetusmääräraportti, ko.litterat/varamaa

litterat 1330-1335, rumputyöt, m  
-se massamäärä mikä tuodaan varamaapaicalta, kuljetusmääräraportti, ko.litterat/varamaa

littera 1440, louheenotto tielinjan ulkopuolelta ja massojen pengerrys, m<sup>3</sup>ktd

littera 1531, maanotto - penkereen teko, m<sup>3</sup>ktd

littera 1532, maanotto - välivarastointi tai ylipengerin teko, m<sup>3</sup>ktd

littera 1534, louhepenkereen ja kalliroleikkauksen kiilaus, m<sup>3</sup>ktd

littera 1610, suodatin ja eristyskerros, m<sup>3</sup>rtr  
-se massamäärä mikä tuodaan varamaapaicalta (saadaan kuljetusmääräraportista)

littera 1621 (1620), jakava kerros luonnonmateriaalista, m<sup>3</sup>rtr  
-kuljetusmääräraportti/varamaa

littera 1631, kantava kerros luonnonmateriaalista, m<sup>3</sup>rtr  
-kuljetusmääräraportti/varamaa



g. VIEDÄÄN JALOSTAMOLTA RAKENTEESEEN

littera 1910-1915, soran murskaus ja lajittelu, m<sup>3</sup>itd  
-litteran massamäärästä vähennetään muille hankkeille "myyty" murskesora eli litteran 1920-1925 massamäärä ja lisäksi vähennetään välivarastoitu murskesora (katso kohta h)

littera 1930-1935, murskesoran "osto", m<sup>3</sup>itd

littera 1940-1945, louheen murskaus, m<sup>3</sup>itd  
-litteran massamäärästä vähennetään muille hankkeille "myyty" kalliomurske eli litteran 1950-1955 massamäärä, ja lisäksi vähennetään välivarastoitu kalliomurske eli kuljetusmääräraportissa oleva litteran 1940-1945 sepeli- ja murskemäärä

littera 1960-1965, kalliomurskeen "osto", m<sup>3</sup>itd

h. VIEDÄÄN JALOSTAMOLTA VÄLIVARASTOON

littera 1910-1915, soran murskaus ja lajittelu, m<sup>3</sup>itd  
-litteran välivarastoitu massamäärä eli kuljetusmääräraportissa oleva ko. litteroiden murskemäärä

littera 1940-1945, louheen murskaus, m<sup>3</sup>itd  
-litteran välivarastoitu massamäärä eli kuljetusmääräraportissa oleva ko. litteroiden sepeli- ja murskemäärä

-kuljetusmääräraportista puuttuu urakalla murskatut massamäärät, jotka on selvitettävä joko urakkasopimuksista tai työpäällikköjä ja työmaapäällikköjä haastattelemalla (koskee myös litteraa 1910-1915)

e. VIEDÄÄN LEIKKAUKSESTA JALOSTAMOON

litterat 1420-1422, kallion leikkaus, massat murskaukseen, m<sup>3</sup>ktr

littera 1512, maanleikkaus, massat päällysrakenteeseen tai murskaukseen, m<sup>3</sup>ktr

-esim. työpäällikköjä haastattelemalla selvitetään murskaukseen menneiden maanleikkausmassojen määrä, vrt. kohta b.

f. VIEDÄÄN MASSAT TIELINJALTA LÄJITYKSEEN

littera 1122, pintamaan raivaus, m<sup>2</sup>  
-se raivausmassamäärä, joka kuljetetaan läjitysalueelle, saadaan kuljetusmääräraportista

litterat 1230-1235, luiskien tukeminen, m<sup>3</sup>rtr  
-se kelpaamaton massamäärä, joka kuljetetaan läjitysalueelle, saadaan kuljetusmääräraportista

littera 1312, avo-ojitus, massat läjitykseen, m<sup>3</sup>ktr  
-se kelpaamaton massamäärä, joka kuljetetaan läjitysalueelle, saadaan kuljetusmääräraportista

litterat 1320-1323, putkitustyöt, m  
-se kelpaamaton massamäärä, joka kuljetetaan läjitysalueelle, saadaan kuljetusmääräraportista

litterat 1330-1335, rumputyöt, m  
-se kelpaamaton massamäärä, joka kuljetetaan läjitysalueelle, saadaan kuljetusmääräraportista

litterat 1430-1432, kallion leikkaus ja massojen läjitys, m<sup>3</sup>ktr

litterat 1520-1523, maan leikkaus ja leikkausmassojen läjitys, m<sup>3</sup>ktr  
-ne massamäärät, jotka kuljetetaan läjitysalueelle, saadaan kuljetusmääräraportista



## Suunniteltujen ja toteutuneiden massamäärien vertailu liitt. 1610

Hanke	Tien leveys (m)	Rakene- kerroksen pituus (m)	Suunniteltu		Toteutunut m3itd	Ero (tot-suunn.)	
			m3rtr	m3itd		m3itd	%
U 201	9,0	2 880	5 000	7 692	6 708	- 984	- 13
T 213	8,0	3 285	2 628	4 043	3 218	- 825	- 20
T 225	7,0	4 180	8 400	12 923	8 732	-4191	- 32
T 257	8,0	6 000	15 093	23 220	18 329	-4891	- 21
H 204	8,0	9 625	36 350	55 922	65 269	+9347	+ 17
H 214	10,5	3 410	7 570	11 646	10 540	-1106	- 9
H 255	8,0	4 980	18 850	29 000	21 346	-7654	- 26
H 240	12,0	6 620	27 055	41 622	39 850	-1772	- 4
Ky 210	8,0	15 500	16 555	25 470	27 360	+1890	+ 7
M 205	6,0	3 260	4 235	6 515	5 895	- 620	- 10
M 213	8,0	2 340	9 556	14 700	11 192	-3508	- 24
M 214	6,0	1 400	800	1 230	1 382	+ 152	+ 12
Ku 207	7,0	3 710	7 000	10 769	9 083	-1686	- 16
Ku 287	7,0	1 660	4 025	6 192	6 437	+ 245	+ 4
L 347	7,0	19 720	93 450	143 769	142 744	-1025	- 1
U 208	7,0	5 200	200	308	221	- 87	- 28
U 210	7,0	7 430	8 300	12 782	10 908	-1874	- 15
U 245	7,0	80	250	385	874	+ 489	+127
U 247	7,0		1 800	2 770	5 546	+2776	+100
T 243	7,0	5 000	14 040	21 600	25 540	+3940	+ 13
T 283	7,0		14 105	21 700	35 200	+13500	+ 62
H 230	10,0	2 565	2 630	4 046	2 053	-1993	- 49
H 254	7,0	2 080	3 233	4 974	5 596	+ 622	+ 13
M 210	6,0	3 930	3 850	5 923	2 758	-3165	- 53
M 235	7,0	3 680	2 800	4 308	2 262	-2046	- 47
M 236	6,5	3 160	700	1 077	407	- 670	- 62
M 237	7,5	2 140	2 640	4 000	3 197	- 803	- 20
M 242	6,0	3 200	6 950	10 700	6 970	-3730	- 35
M 250	7,0	1 080	1 742	2 680	1880	- 800	- 30
PK 218	8,0	26 140	28 000	43 000	53 717	+10717	+ 25
PK 220	7,0	10 960	18 000	27 700	21 689	- 6011	- 21
Ku 203	8,0	13 810	26 900	41 384	42 601	+ 1217	+ 3
Ku 260	10,0	5 060	17 860	27 477	23 294	- 4183	- 15
O 208	7,0	8 060	35 499	54 660	55 138	+ 478	+ 1
O 211	7,0	22 805	82 292	126 807	102 230	-24377	- 19
O 284	8,0	360	1 100	1 692	1 500	- 192	- 11
Kn 216	8,0	13 400	32 690	50 592	50 322	- 270	- 1
Kn 228	10,0	7 600	20 200	31 077	25 230	-5847	- 19



## Suunniteltujen ja toteutuneiden massamäärien vertailu litt. 1620

Hanke	Tien leveys (m)	Rakenne- kernoksen pituus (m)	Suunniteltu		Toteutunut	Ero (tot-suunn.)	
			m3rtr	m3itd	m3itd	m3itd	%
U 201	9,0	2 880	7 000	10 769	23 230	+12461	+ 115
T 201	7,0		12 000	18 462	15 926	- 2536	- 14
T 213	8,0	3 834	6 135	9 438	7 362	- 2076	- 22
T 225	7,0	4 180	7 400	11 385	13 177	+ 1792	+ 16
H 204	8,0	9 625	49 610	76 323	68 784	- 7539	- 10
H 214	10,5	2 155	13 760	21 168	17 688	- 3480	- 16
H 255	8,0	5 190	28 690	44 138	40 420	- 3718	- 8
H 240	12,0	6 620	29 220	44 954	35 939	- 9015	- 20
Ky 210	8,0	15 500	23 060	35 480	40 370	+ 4890	+ 14
M 205	6,0	3 260	6 430	9 892	7 552	- 2340	- 24
M 213	8,0	2 340	7 206	11 086	11 123	+ 37	+ 0
M 214	6,0	1 400	1 400	2 154	5 901	+ 3747	+ 174
Ku 287	7,0	1 660	4 150	6 385	6 159	- 226	- 4
L 347	7,0	18 720	32 766	50 409	49 659	- 841	- 2
U 208	7,0	5 200	18 000	27 692	29 500	+ 1808	+ 7
U 210	7,0	5 300	28 620	44 075	59 324	+15249	+ 35
U 245	7,0	80	400	615	1285	+ 670	+ 109
U 246	7,0		8 500	13 077	28 308	+15231	+ 116
U 247	7,0		4 200	6 462	8 001	+ 1539	+ 24
T 243	7,0	14 700	42 000	64 615	45 753	-18862	- 29
T 283	7,0		22 385	34 438	43 000	+ 8562	+ 25
H 230	10,0	2 565	4 710	7 246	6 028	- 1218	- 17
H 254	7,0	4 040	11 850	18 230	15 986	- 2244	- 12
Ky 229	7,0	12 500	5 624	8 652	15 331	+ 6679	+ 77
M 210	6,0	3 900	4 100	6 308	9 977	+ 3669	+ 58
M 235	7,0	3 680	2 500	3 846	8 295	+ 4449	+ 116
M 236	6,5	3 160	6 082	9 357	8 733	- 624	- 7
M 237	7,5		6 520	10 000	8 597	- 1403	- 14
M 242	6,0		10 300	15 850	11 829	- 4021	- 25
M 250	7,0		3 147	4 840	4 473	- 367	- 8
PK 218	8,0	26 140	64 000	98 400	95 301	- 3099	- 3
PK 220	7,0	10 960	27 000	41 500	40 367	- 1133	- 3
Ku 203	8,0	13 810	10 950	16 846	17 475	+ 629	+ 4
O 211	7,0	22 900	31 980	49 200	55 047	+ 5847	+ 12
O 284	8,0	500	1 325	2 038	2 005	- 33	- 1
O 285	6,0	13 400	21 195	32 469	27 333	- 5136	- 16
Kn 216	8,0	18 300	39 690	61 062	60 639	- 423	- 1
Kh 228	10,0	7 600	30 000	46 154	68 205	+22051	+ 48



## Suunniteltujen ja toteutuneiden massamäärien vertailu litt. 1630

Hanke	Tien leveys (m)	Rakenne- kerroksen pituus (m)	Suunniteltu		Toteutunut	Ero (tot-suun.)	
			m3rtr	m3itd	m3itd	m3itd	%
U 201	9,0	1 330	4 000	5 714	13 692	+7978	+140
T 201	7,0		16 000	22 857	25 679	+2822	+ 12
T 213	8,0	1 572	1 886	2 694	2 256	- 438	- 16
T 225	7,0	4 180	4 400	6 286	7 059	+ 773	+ 12
T 257	8,0	6 100	30 971	44 244	41 600	-2644	- 6
H 204	8,0	6 925	16 930	24 185	26 826	+2641	+ 11
H 214	10,5	2 485	4 860	6 942	6 710	- 232	- 3
H 255	8,0	13 075	17 405	24 864	28 116	+3252	+ 13
H 240	12,0	920	1 450	2 071	2 563	+ 492	+ 24
Ky 201	10,0	9 454	17 500	25 000	32 288	+7288	+ 29
Ky 210	8,0	15 500	8 425	12 036	12 900	+ 864	+ 7
Ky 307	10,0	1 480	2 150	3 071	2 619	- 452	- 15
Ky 354	6,0	2 670	2 580	3 696	3 401	- 568	- 14
M 205	6,0	3 260	2 480	3 543	3 468	- 75	- 2
M 213	8,0	2 340	3 000	4 615	4 572	- 43	- 1
M 214	6,0	1 400	1 100	1 692	1 578	- 114	- 7
Ku 207	7,0	4 060	5 540	7 914	5 823	-2091	- 26
Ku 287	7,0	1 660	2 000	2 857	2 939	+ 82	+ 3
L 22	7,0	21 840	21 000	30 000	31 514	+1514	+ 5
U 208	7,0	5 200	5 600	8 000	13 315	+5315	+ 66
U 210	7,0	7 550	10 500	15 000	8 034	-6966	- 46
U 245	7,0	3 540	8 400	12 000	14 360	+2360	+ 20
U 246	7,0		25 400	36 285	35 309	- 976	- 3
T 243	7,0	6 400	2 200	3 143	3 145	+ 2	+ 0
T 283	7,0		10 170	14 529	12 600	-1929	- 13
H 230	10,0	2 565	4 160	5 943	6 177	+ 234	+ 4
H 254	7,0	4 160	3 020	4 314	4 305	- 9	- 0
Ky 229	7,0	12 500	11 330	16 186	16 598	+ 412	+ 3
M 210	6,0	3 930	2 700	3 857	3 468	- 389	- 10
M 235	7,0	2 680	2 500	3 571	2 856	- 715	- 20
M 236	6,5	3 160	3 600	5 143	5 022	- 121	- 2
M 237	7,5		2 855	4 079	3 695	- 384	- 9
M 242	6,0		2 230	3 186	3 928	+ 742	+ 23
M 250	7,0		980	1 400	2 315	+ 915	+ 65
M 264	7,0	10 020	12 000	17 143	13 918	-3225	- 19
PK 218	8,0	26 140	24 900	35 620	42 986	+7386	+ 21
PK 220	7,0	10 960	9 680	13 800	17 797	+3997	+ 29
Ku 203	8,0	13 810	18 100	25 857	33 168	+7297	+ 28
Ku 260	10,0	5 060	9 000	12 857	12 557	- 300	- 2
O 208	7,0	20 810	56 610	80 871	75 249	-5622	- 7
O 211	7,0	23 990	23 498	33 569	26 945	-6624	- 20
O 284	8,0	1 680	3 720	5 314	5 575	+ 261	+ 5
O 285	6,0	14 580	15 300	21 857	22 633	+ 776	+ 4
Kn 216	8,0	10 900	8 200	11 714	21 483	+9769	+ 83
Kn 228	10,0	7 600	19 600	28 000	24 507	-3493	- 12
L 205	7,0	11 300	9 670	13 814	22 245	-8431	+ 61
L 298		11 500	11 880	16 971	14 059	-2912	- 17



