



**PÄÄTIERUMPUJEN TILA JA KUNNOSSA-
PITOKUSTANNUSTEN VÄHENTÄMIS-
MAHDOLLISUUDET**

TIE- JA VESIRAKENUSHALLITUS
Rakentamistalouden toimisto 1979

TVH 732959

08
TIE-



79 668

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää yleisten teiden päätierumpujen nykytila ja sen perusteella mahdollisuudet rumpujen kunnossapidon kustannusten alentamiseksi ja työmäärien vähentämiseksi.

Nykytilan selvittämiseksi on tutkittu yli 9000 rumpua. Määrä vastaa yli 5 % koko yleisten teiden pituudesta, mitä voidaan pitää varsin edustavana tutkimustulosten luotettavuutta arvioitaessa. Jokaisesta rummusta selvitettiin senhetkinen kunto ja toimivuus, ns. routaheiton esiintyminen sekä arvioitiin rumpun tarpeellisuutta yleensä.

Rumpujen nykytilaa on analysoitu melko tarkasti, jotta tutkimustuloksia voitaisiin myöhemmin käyttää hyväksi ohjeita ja normeja laadittaessa. Varsinaisissa johtopäätöksissä on tässä tutkimuksessa rajauduttu käsittelemään pelkästään kustannusten ja työmäärien vähentämismahdollisuuksia.

Tutkimuksen mukaan rumpuratkaisuja kehitettäessä ja rumpuja suunniteltaessa tulisi kiinnittää erityinen huomio niiden toimivuuden varmistamiseen ja rumpujen tarpeellisuuden ja aukon koon nykyistä kriittisempään arviointiin. Huomio tulisi kiinnittää myös esiintyvien routaheittojen ja niistä aiheutuvien kustannusten eliminoimiseksi.

Rumpujen nykytilan analyysin pohjalta voidaan merkittävimmät asiat kiteyttää seuraaviin kohtiin:

- 1^o Kaikista rummuista 37 % oli jonkinverran liettyneitä ja runsaasti liettyneitä (puolet tai enemmän aukon koosta) oli yli 15 %.
- 2^o Noin 40 %:lla kaikista rummuista oli huono laskuojan virtaus, joka on merkittävin monista liettymiseen vaikuttavista tekijöistä.
- 3^o 13 % tutkituista rummuista arvioitiin tarpeettomiksi eli ne olivat joko kokonaan poistettavissa tai korvattavissa muilla toimenpiteillä.

- 4^o Rummun taipuminen voidaan parhaiten torjua hyvällä rakentamisella. Siderautojen käytöstä taipumisen estämiseksi ei ole saatu yksiselitteisiä tuloksia.
- 5^o Rikkonaisten renkaiden suhteellinen osuus ei ole pääsyt nousemaan kovin korkeaksi (keskim. 4,8 %), mutta auenneita saumoja esiintyi 25 %:lla kaikista rummuista.
- 6^o Varsinkin ns. rakentamattomilla teillä monet rummut (yli 28 %) jäävät ajan kuluessa lyhyiksi tien hiljalleen leventyessä eri tekijöiden vaikutuksesta.
- 7^o Kaksoisputkirummut olivat kauttaaltaan paremmassa kunnossa kuin tavalliset rummut.
- 8^o Rakentamattomilla teillä yli 27 %:lla rummuista esiintyi korjattava routaheitto; rakennetuilla teillä vastaava osuus oli noin puolet edellisestä.
- 9^o Erityisesti rakentamattomilla teillä pienikokoisilla rummuilla routaheiton esiintyminen oli suhteellisen vähäistä.

Rumpujen kunnossapidon kustannusten alentaminen ja työmäärän vähentäminen on mahdollista toteuttaa pääasiassa seuraavilla toimenpiteillä:

- 1^o Tarpeettomat, korjauksen tarpeessa olevat rummut joko poistetaan tai korvataan muilla edullisimmilla toimenpiteillä. Pelkästään korjattavan routaheiton sisältävien tarpeettomien rumpujen (osuus n. 16 % tarpeettomista) korvaaminen muilla toimenpiteillä mahdollistaisi lähimmän 10 vuoden aikana laskennallisesti jopa 30 Mmk kustannussäästön.
- 2^o Rumpujen poistamisen korvaavina toimenpiteinä tulevat yleisimmin kyseeseen vesien johtaminen viereiseen rumpuun pienellä sivuojan syventämisellä tai käyttämällä vähäisten vesien johtamiseksi pienikokoisia juoksutusputkia.
- 3^o Monet rummut toimivat, vaikka ovatkin liettyneitä; rumpukokoa on mahdollisuus pienentää.
- 4^o Yhtenäisten rumpuputkien (muovi, teräs) käytöllä vältetään saumarikoilta sekä liettymiseltä ja ne soveltuvat hyvin tulevaisuudessa yleistyvään korkeapainepuhdistukseen. Myös aukon kokoa voidaan em. seikkojen johdosta pienentää.
- 5^o Laskuojan kunnossapito parantaa parhaiten rumpun toimivuutta ja vähentää kunnossapitotarvetta.

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

TIIVISTELMÄ

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen lähtökohta	1
1.2	Tutkimusaineisto	3
2.	TUTKIMUSTULOKSET	8
2.1	Rummut yleisellä tiestöllä	8
2.2	Rumpujen toimivuus ja kunto	12
2.21	Liettyneisyys	12
2.22	Taipuma	17
2.23	Rumpurenkaiden kunto	21
2.24	Pituuden sopivuus	24
2.3	Kaksoisputkirummut	26
2.4	Rumpujen tarpeellisuus	27
2.41	Tarpeellisuuden arviointiperusteet	27
2.42	Tarpeettomien rumpujen esiintyminen	28
2.5	Roudan vaikutus rumpuihin	34
2.51	Roudan syvyys	34
2.52	Roudan vaikutus tiehen rumpujen kohdalla	35
2.53	Korjattavien routaheittojen esiintyminen	37
3.	JOHTOPÄÄTÖKSET	42
3.1	Rumpujen määrä ja mitoitus	42
3.11	Tarpeettomien rumpujen vaikutus kunnossapitokustannuksiin	42
3.12	Rummun koko ja kustannukset	49
3.2	Toimivuuden parantaminen	51
3.3	Rumpujen kunnossapidon työmäärän vähentämismahdollisuudet	54

KIRJALLISUUTTA

1. JOHDANTO

1.1 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHTA

Uusien rumpumateriaalien (muovi, teräs) markkinoille tulo on herättänyt kiinnostuksen uusien rumpuratkaisujen kokeiluihin. Yhtenäisten ja keveiden muovi- ja kierresaumaputkien asentaminen on helppoa, jota lisää usein mahdollisuus rummun rakentamiseen ilman arinaa ja siirtymäkiiloja. Edullisia ratkaisuja on alettu kokeilla ennakkoluulottomasti. Rumpuratkaisujen tekninen onnistuminen ja kokonaistaloudellinen edullisuus voidaan todeta kuitenkin vasta vuosien kuluuttua rakentamisajankohdasta. Kokeiluhalu on lisännyt myös tietoisuus normien mukaan, suhteellisen kalliisti rakennettujen rumpujen yhteydessä esiintyneistä routavaurioista ja rikkoontumisista.

Ns. routaheittojen suuri lukumäärä ja useiden rumpujen toimintakyvyn heikkeneminen ovat herättäneet aiheellisesti kysymyksiä:

- miten rumpuihin liittyvissä rakentamis- ja kunnossapitotöissä on onnistuttu
- voitaisiinko nykytilaa tarkemmin selvittämällä löytää keinoja kustannusten alentamiseksi.

Tämän tutkimuksen tekemiseen ovat myös ratkaisevasti vaikuttaneet useat maastossa tehdyt havainnot tarpeettomista rummuista sekä tiemestarien arviot rumpujen tarvitsemasta suureh- kosta kunnossapitotarpeesta.

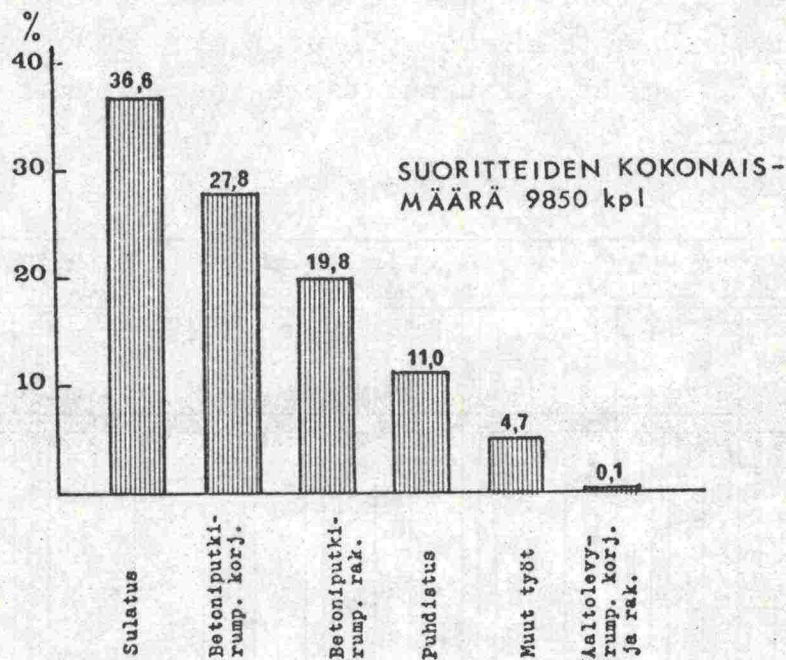
Tässä tutkimuksessa on selvitetty päätierumpujen nykytilan analyysiin pohjautuen, kuinka rumpuihin kohdistettavia kustannuksia voitaisiin pitkällä aikavälillä vähentää. Rumpujen kunnossapitokustannukset olivat v. 1977 noin 23 Mmk eli yli 3 % kaikista kunnossapitokustannuksista. Rumpujen rakentamisen kokonaiskustannukset olivat v. 1977 noin 29 Mmk eli yli 4 % kaikista tienrakentamisen kustannuksista ja noin kolmasosa maanleikkaus- ja pengerrystöiden kustannuksista.

Raportoinnista saatavat tiedot rumpujen kunnossapidosta ovat tasoltaan karkeaa johtuen:

- suoriteyksiköstä; yksikkönä on kappale (kpl), joka ei kerro itse rummusta mitään (rakentamisessa yksikkönä on metri)
- seurantatarkkuudesta; esim. v. 1977 82,7 % kokonaisuoritemäärästä kirjattiin erittelemättä litteralle 4300, joka sisältää kaikki rumpuihin kohdistuvat kptyöt.

Mm. näistä seikoista johtuen on tarvittavat kustannustiedot tässä tutkimuksessa saatu työntutkimuksista sekä teoreettisesti laskien. Kustannuslaskelmat on tehty yleensä v. 1978 tasossa (TR-indeksi v. 1978 oli 223).

Tarkempia tietoja erilaisista rumpujen kunnossapidon suoritemääristä saatiin tasan vuoden kestäneestä (1977-78) kunnossapidon työnjärjestelytutkimuksesta (kuva 1). Ko. tutkimus käsitti n. 15 % yleisten teiden pituudesta niiden tiemestariipiirien osalta, joissa rumpujen kunnossapitotyöt oli litemeroitu oikein.



Kuva 1. Eri rumputöiden suoritteiden jakautuminen työnjärjestelytutkimuksen mukaan (%).

1.2 TUTKIMUSAINEISTO

Kenttätutkimuksen tarkoituksena oli kerätä tietoja rumpujen nykytilan inventointia varten. Mahdollisimman hyvän kuvan saamiseksi yleisten teiden rummuista kohdistettiin tutkimus lähes koko tielaitoksen alueeseen lukuunottamatta Uudenmaan ja Lapin piirejä. Kaikkiaan tutkimus tehtiin 15 tiemestari-piirin alueella.

Aineisto kerättiin vuonna 1978 jakaantuen kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa talvella tehtiin havainnot rumpujen kohdille syntyneistä ja mahdollisesti jo korjatuista routheitoista. Toisessa vaiheessa keväällä lumien sulamisen aikaan tehtiin havainnot vesien kulusta, rumpujen tarpeellisudesta ja teknisestä kunnosta. Kolmannessa vaiheessa täydennettiin tietoja, jos toisessa vaiheessa ei kaikkia voitu selvittää.

Kerätyt tiedot merkittiin tutkimusta varten laaditulle tietosakohtaiselle lomakkeelle (kuva 2, taulukko 1) annettujen tutkimusohjeiden mukaan. Lomake on laadittu myöhempää ATK-käsittelyä silmälläpitäen ja yksi rivi vastaa aina yhden rummun tietoja. Tietoja keräsivät kunkin tiepiirin rationaalisoitiryhmässä toimivat työntutkijat, joiden asiantuntemus ja kokemus on mahdollistanut tarkan ja asianmukaisen kirjauksen.

RUMPUJEN KORJAUS- JA UUSIMISTARPEEN YHKKILYÖKSE,		VAASAN piiri,		LAIHAN tnp						TIEOSA				
Tien nimi		JOKISALON RT		pituus		5012 m. rumpuja		4 kpl				RUMPU		
Rummun sijainti	PHRI	TMP	Koko p (cm)	Rei.r. kunto (kpl)	Rei.r. syvyys (cm)	Pituus (m)	Kulutus- syvyys (cm)	Leikkikuv. tilavaus- syvyys (cm)	Juokseutus (m)		Muuta tietoa (esim. salaojat)			
									Takaa	Edessä				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2,8	10	5	5	4	2	5	0	0	0	0	0	2	0	1
4,3						5	0	0	0	0	0	1	0	0
4,5						4	0	0	0	0	0	1	0	0
4,6						4	0	0	0	0	0	1	0	0

Kuva 2. Tutkimuslomake, johon on kerätty yhden tieosan rumputiedot.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt muuttujat.

MUUTTUJAT	SISÄLTÖ															
0. RUMMUN SIJAINTI	Etäisyys määrätystä pisteestä															
1. TIEPIIRI	Piirikohtainen numero (2 = Turku, 4 = Häme,)															
2. TIEMESTARIPIIRI	Tiemestaripiiriluehtelon mukainen numero (Myöhemmin käytetty juoksevaa numerointia)															
3. KUNNOSSAPITOLUOKKA	<table> <thead> <tr> <th>Koodi</th> <th>EVL (autoa/vrk)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>1501 - 6000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>501 - 1500</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>201 - 500</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>101 - 200</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>- 100</td> </tr> </tbody> </table>	Koodi	EVL (autoa/vrk)	3	1501 - 6000	4	501 - 1500	5	201 - 500	6	101 - 200	7	- 100			
Koodi	EVL (autoa/vrk)															
3	1501 - 6000															
4	501 - 1500															
5	201 - 500															
6	101 - 200															
7	- 100															
4. TIELUOKKA	<table> <thead> <tr> <th>Koodi</th> <th>Nimi</th> <th>Lyhenne</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Valtatie</td> <td>Vt</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Kantatie</td> <td>Kt</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Muu maantie</td> <td>Mt</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Paikallistie</td> <td>Pt</td> </tr> </tbody> </table>	Koodi	Nimi	Lyhenne	1	Valtatie	Vt	2	Kantatie	Kt	3	Muu maantie	Mt	4	Paikallistie	Pt
Koodi	Nimi	Lyhenne														
1	Valtatie	Vt														
2	Kantatie	Kt														
3	Muu maantie	Mt														
4	Paikallistie	Pt														
5. TIEN LAATU	<table> <thead> <tr> <th>Koodi</th> <th>Selitys</th> <th>(Rakennetuilla teillä tarkoitetaan niitä teitä, joissa rakennekerrokset ovat nykyisten normien mukaisia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Rakennettu</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Rakentamaton</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Koodi	Selitys	(Rakennetuilla teillä tarkoitetaan niitä teitä, joissa rakennekerrokset ovat nykyisten normien mukaisia)	1	Rakennettu		2	Rakentamaton							
Koodi	Selitys	(Rakennetuilla teillä tarkoitetaan niitä teitä, joissa rakennekerrokset ovat nykyisten normien mukaisia)														
1	Rakennettu															
2	Rakentamaton															
6. RUMMUN KOKO	Halkaisijan tai lävistäjän (esim. kivi- ja puurummut) mitta (cm)															
7. RENKAIDEN KUNTO																
a) AUEENNEET SAUMAT	(kpl)															
b) RIKKONAISET RENKAAT	(kpl)															
8. TAIPUMA	<table> <thead> <tr> <th>Koodi</th> <th>Selitys</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>Ei taipumaa</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>On pystysuuntaista taipumaa</td> </tr> </tbody> </table>	Koodi	Selitys	0	Ei taipumaa	1	On pystysuuntaista taipumaa									
Koodi	Selitys															
0	Ei taipumaa															
1	On pystysuuntaista taipumaa															
9. LIETTYNEISYYS	<table> <thead> <tr> <th>Koodi</th> <th>Selitys</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>Ei liettynyt</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Liettynyt 1/4 halkaisijan suhteen</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>" 1/2 " "</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>" 3/4 " "</td> </tr> </tbody> </table>	Koodi	Selitys	0	Ei liettynyt	1	Liettynyt 1/4 halkaisijan suhteen	2	" 1/2 " "	3	" 3/4 " "					
Koodi	Selitys															
0	Ei liettynyt															
1	Liettynyt 1/4 halkaisijan suhteen															
2	" 1/2 " "															
3	" 3/4 " "															
10. PEITESYVYYS	Rummun laen ja tien pinnan välinen etäisyys (cm).															
11. RUMMUN PITUUS	(m)															
12. PITUUDEN SOPIVUUS																
a) LIIAN LYHYT	Puuttuvien renkaiden määrä metreinä.															
b) YLIPITKÄT	Tarpeettomien renkaiden määrä metreinä															
13. TARPEELLISUUS	Koodit: 1 = Tarpeellinen, 2 = Tarpeeton (Arviointiperusteet selvitetään myöhemmin)															
14. KUIVATUSSYVYYS	Arvioidaan tien ja ympäröivän maaston suhteen (cm)															
15. LÄPIKULKUEDEET	Koodit: 0 = Ei 1 = Kyllä															
16. TIENVARSIVEDET																
17. LASKUOJAN VIRTAUS	Koodit: 1 = Hyvä 2 = Huono															
18. JUOKSUTUS a) EDESTÄ																
b) TAKAA	Veden virtausmatka sivuojassa (m)															
19. VAIN TULVAVEDET	Koodit: 0 = Vain tulvavesiä, 1 = Muu tapaus															
20. ROUTAHEITTO	Koodit: 0 = On routaheitto, 1 = Ei routaheittoa (Selvitetään tarkemmin myöhemmin)															
21. RUMPUMATERIAALI	<table> <thead> <tr> <th>Koodi</th> <th>Selitys</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Betoniputkirumpu</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Aaltolevyrumpu</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Kivirumpu</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Puurumpu</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Muu (lähinnä muoviputkirummut)</td> </tr> </tbody> </table>	Koodi	Selitys	1	Betoniputkirumpu	2	Aaltolevyrumpu	3	Kivirumpu	4	Puurumpu	5	Muu (lähinnä muoviputkirummut)			
Koodi	Selitys															
1	Betoniputkirumpu															
2	Aaltolevyrumpu															
3	Kivirumpu															
4	Puurumpu															
5	Muu (lähinnä muoviputkirummut)															
22. KAKSOISPUTKIRUMPU	Koodit: 1 = Kaksoisputkirumpu, TYHJÄ - Tavall. rumpu															

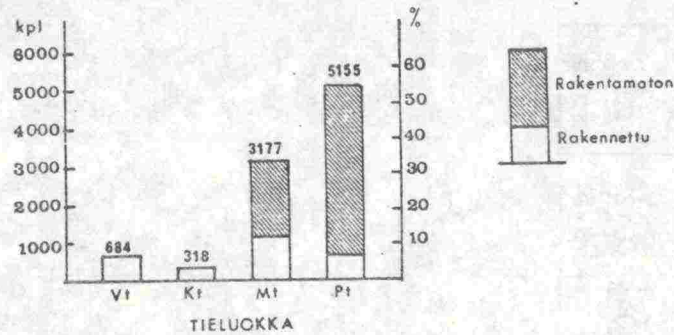
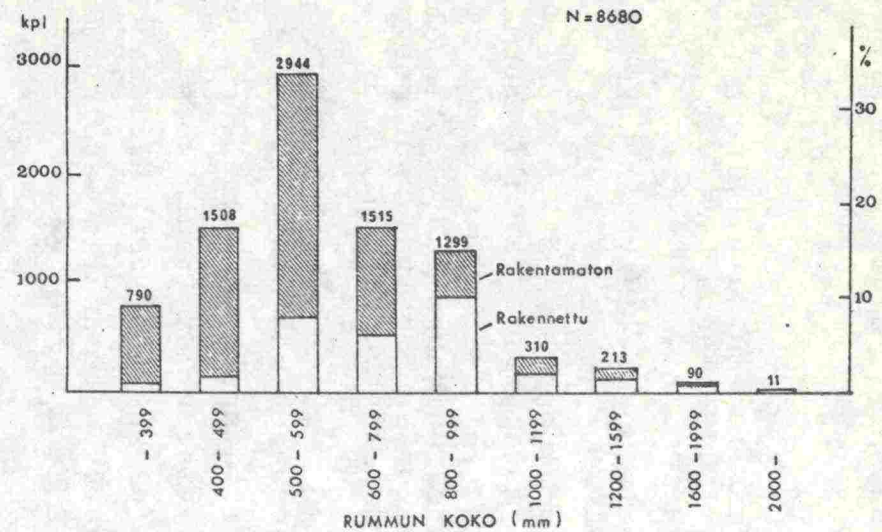
Tutkimusaineisto koostui 9348 kpl tutkitusta rummusta (taulukko 2).

Taulukko 2. Tutkittujen rumpujen lukumäärä tiemestaripiireittäin ja laatuluokittain.

Piiri	Tiemestaripiiri		Tien laatu		Yhteensä (kpl)
	Nimi	N:o	Rakennettu	Rakentamaton	
Turku	Noormarkku	1	237	335	572
Häme	Padasjoki	2	244	792	1036
"	Urjala	3	212	659	871
"	Virrat	4	160	758	918
Kymi	Kausala	5	66	234	300
Mikkeli	Kangasniemi	6	144	323	467
Pohjois-Karjala	Uimaharju	7	6	506	512
Kuopio	Tuusniemi	8	417	647	1064
Keski-Suomi	Saarijärvi	9	47	177	224
"	Hankasalmi	10	69	180	249
Vaasa	Kokkola	11	80	334	414
"	Laihia	12	169	480	649
Keski-Pohjanmaa	Pyhäjärvi	13	379	576	955
Oulu	Rantsila	14	171	299	470
Kainuu	Vaala	15	383	264	647
Yhteensä		(kpl) (%)	2784 29,8	6564 70,2	9348 100,0

Taulukossa 3 on aineiston jakautuminen esitetty kunnossapito-, tie-, rumpumateriaali- ja kokoluokittain. Rumpumateriaaleista selvästi yleisin on betoni ja määrällisesti rumpuja esiintyy eniten rakentamattomilla maanteilla ja paikallisteilla. Kaksoisputkirumpuja oli yhteensä 105 kpl, joista 73 kpl oli paikallisteilla.

Taulukko 3. Aineiston jakautuminen kunnossapito-, tie-, materiaali- ja kokoluokittain.



Rumpumateriaali	Tien laatu		Yhteensä (%)
	Rakennettu	Rakentamaton	
Betoni	93,9	93,8	93,8
Aaltolevy(teräs)	1,7	0,5	0,9
Kivi	3,9	4,3	4,2
Puu	0,2	0,5	0,4
Muu	0,3	0,9	0,7

N=9274

Rumpumateriaali	Tien laatu	Rummun koko (mm)									Yhteensä (kpl)
		-399	400-499	500-599	600-799	800-999	1000-1199	1200-1599	1600-1999	2000 -	
Aaltolevy	Rak.	-	-	-	-	2	6	7	3	26	44
	Rton	-	2	4	3	2	1	4	1	13	30
Kivi	Rak.	-	-	4	34	9	17	31	4	4	103
	Rton	17	14	28	55	36	36	46	10	18	260
Puu	Rak	3	-	3	-	-	-	-	-	-	6
	Rton	14	1	-	3	2	2	3	-	-	25
Muu	Rak	5	-	1	-	-	1	-	-	-	7
	Rton	46	-	1	2	1	2	-	-	3	55

Sääolosuhteita tutkimuksen aikana talvella ja keväällä 1978 voidaan kuvata seuraavasti:

- lämpötila oli lähellä normaalia, mutta helmikuun pakaset varsinkin Keski- ja Itä-Suomessa nostivat pakkasmääräarvoja normaalia korkeammiksi
- sademäärä jäi selvästi alle normaaliarvojen koko alueella
- sademäärän vähyys heijastui luonnollisesti lumipeitteen syvyyteen, joka tutkimusalueella jäi alle normaalin
- lumen sulamisaikana vallitsi kuivahko keli, joten osa lumesta haihtui ilmaan vaikuttaen osaltaan sulamisvesien määrän vähyteen normaaliin verrattuna.

Tutkimuksen kohteena olleet tieosuudet kattavat 5,3 % yleisten teiden pituudesta. Tieluokittaisesti tarkasteltuna tutkimusaineisto vastaa hyvin koko tieverkkoa (taulukko 4). Ainoastaan muiden maanteiden ja paikallisteiden välillä on poikkeama, joka ei kuitenkaan vaikuta tuloksiin havaintomäärien suuruuden vuoksi.

Taulukko 4. Tutkittu tiepituus tieluokittain verrattuna yleisten teiden pituuteen.

	Valtatiet	Kantatiet	Muut maantiet	Paikallistiet	Yht.
Tutkittu tiepituus (km)	413,9	198,5	1394,4	1953,8	3960,6
(%)	10,5	5,0	35,2	49,3	100,0
Yleisten teiden (km)	6912	4053	29160	34021	74146
pituus 1.1.1978 (%)	9,3	5,5	39,3	45,9	100,0

2. TUTKIMUSTULOKSET

2.1 RUMMUT YLEISELLÄ TIESTÖLLÄ

Tutkimusaineistolla selvitettiin tutkittavan alueen kaikkien rumpujen senhetkinen tilanne, jonka pohjalta erityyppisiä arviointeja voitaisiin tehdä. Aineiston edustavuus huomioiden voidaan melkoisella varmuudella yleistää tiedot koskemaan koko yleistä tiestöä.

Laskemalla aineistosta kunkin tieluokan keskimääräinen rumputiheys voidaan melko tarkasti arvioida yleisten teiden rumpujen lukumäärä tieluokittain (taulukko 5).

Taulukko 5. Laskennallinen yleisten teiden rumpujen lukumäärä tieluokittain.

Tie- luokka	Rumputiheys tutk. aineiston mukaan (kpl/km)	Yleisten teiden pituus 1.1.1978 (km)	Laskennallinen rumpujen lukum. (kpl)
Vt	1,68	6912	11600
Kt	1,60	4053	6500
Mt	2,28	29160	66500
Pt	2,64	34021	89800
Yht.		74146	174400

Rumpumateriaaleittain tarkasteltuna on tilanne yleisten teiden osalta karkeasti taulukon 6 mukainen, jos lähtökohdaksi otetaan edellisen taulukon laskennallinen lukumäärä.

Taulukko 6. Laskennallinen yleisten teiden rumpujen lukumäärä rumpumateriaaleittain eri tieluokissa.

Rumpu- materiaali	Jakautuma (%) aineiston mukaan sekä laskennallinen lukumäärä (kpl)									
	Vt		Kt		Mt		Pt		Yht.	
	(%)	(kpl)	(%)	(kpl)	(%)	(kpl)	(%)	(kpl)	(%)	(kpl)
Betoni	92,8	10765	93,8	6100	90,1	59915	96,3	86475	93,8	163255
Teräs	2,6	300	3,1	200	0,7	465	0,5	450	0,9	1415
Kivi	4,6	535	3,1	200	7,5	4990	2,2	1975	4,2	7700
Puu	-	-	-	-	0,3	200	0,6	540	0,4	740
Muu	-	-	-	-	1,4	930	0,4	360	0,7	1290

Rumpujen lukumäärä riippuu tiestön pituudesta. Suurin osa yleisestä tiestöstä (85 %) koostuu tieluokista muut maantiet ja paikallistiet, jotka ovat suurelta osalta ns. rakentamattomia teitä (taulukko 3). Laskennallisen arvion mukaan on rumpuja tien laadun mukaan

- rakennetuilla teillä	51 970 kpl
- rakentamattomilla teillä	122 430 kpl.

Eri tieluokkien rumputiheysarvoilla kertomalla voidaan rumpujen keskimääräinen laskennallinen lukumäärä arvioida yhden tiemestaripiirin osalta rumpumateriaaleittain (taulukko 7).

Taulukko 7. Yhden keskimääräisen tiemestaripiirin rumpujen keskimääräinen laskennallinen lukumäärä rumpumateriaaleittain (kpl).

Rumpu- materiaali	TIELUOKKA				Yht.
	Vt	Kt	Mt	Pt	
Betoni	62	35	350	496	945
Teräs	2	1	3	3	9
Kivi	3	1	29	11	42
Puu	-	-	1	3	4
Muu	-	-	5	2	7
Yht.	67	37	388	515	1007

Yleisten teiden rumpujen rakentamiseen on sijoitettu huomattavia rahamääriä. Keskimääräisillä arvoilla laskettuna on yleisten teiden rumpujen pääoma-arvo vuoden 1978 hintatasossa noin 1400 Mmk (taulukko 8). Luku ei luonnollisesti sisällä kunnossapito- ja uudelleen rakentamiskustannuksia. Siirtymäkiilojen rakentaminen on huomattavan kallista. Pie-nillä rummuilla (alle 1000 mm) siirtymäkiilojen kustannus saattaa olla suurempi kuin varsinaisen rummun rakentamisen kustannus. Tämä perustuu oletukseen, että siirtymäkiilat rakennetaan normien mukaan.

Taulukko 8. Yleisten teiden rumpujen pääoma-arvo keskimääräisillä arvoilla laskettuna vuoden 1978 hintatasossa.

Laskelmissa käytetyt keskimääräiset arvot:

LÄHTÖTIEDOT	BETONIPUTKIRUMMUT		AALTOLEVYRUMMUT	
	Rakennettu tie	Rakentamaton tie	Rakennettu tie	Rakentamaton tie
Koko	Ø 800 mm	Ø 500 mm	14 m ² (aukon koko)	8,0 m ² (aukon koko)
Pituus	15 m	9 m	19 m	11 m
Kaivussyvyys	1,7 m	1,0 m	3,0 m	2,5 m
Perustamistapa	C	C	C	C
Kaivava kone	KKH 11	KKT 03	KKH 11	KKH 11
Siirtymäkiilat	on (1:30)	minimaaliset	on	on
Rak. kust.	8100 + 9000 = 17100 mk/kpl	3700 mk/kpl	87400 mk/kpl	41800 mk/kpl

Tulokset:

	BETONIPUTKI- JA MUUT RUMMUT (ei aalto)		AALTOLEVYRUMMUT	
	Rakennettu tie	Rakentamaton tie	Rakennettu tie	Rakentamaton tie
Rumpujen kokonaismäärä	51090 kpl	121 820 kpl	880 kpl	610 kpl
Pääoma-arvo	873,5 Mmk	426,4 Mmk	76,9 Mmk	25,5 Mmk
Yhteensä				1202,4 Mmk

Tutkimustulosten perusteella tapahtuva rumpujen nykytilan analysointi on jaettu kolmeen pääkohtaan:

- 1^o Rumpujen toimivuus ja kunto
- 2^o Rummun tarpeellisuus
- 3^o Roudan vaikutus rumpuihin ja tiehen rumpujen kohdalla.

Nykytilan analysoinnista saatavat tiedot ovat melko tarkasti yleistettävissä, kuten edellä on osoitettu. Kaikki ei ole tietenkään samanlaista joka paikassa, vaan alueelliset ja paikalliset erot voivat olla suuria. Tutkimusalueen kokonaistilanteen ja erojen selventämiseksi on taulukkoon 9 kerätty tiemestaripeirikohtaisesti rumpujen nykytilaa kuvaavia keskeisimpiä tietoja. Taulukossa on esitetty laatuluokittain havaintomäärät ja tutkittujen teiden pituudet, jotta keskinäisiä vertailuja tehtäessä voidaan osa-aineiston vähydestä johtuvat epätarkkuudet ottaa huomioon.

Taulukko 9. Tutkimusaineistosta tiemestariپیireittäin laskettuja rumpujen nykytilaa kuvaavia keskeisimpiä tietoja.

Tiemestariپییری	Tienlaatu	Havaintoja (kpl)	Tutkittu tiepituus (km)	KUNTO									Tärpeettömyys (%)	Korjattava roudaheitto (%)	Leveän keskim. koko (mm)	Keskim. peite-syvyys (cm)
				Liertymis-%			Tarpuma (%)	Saama- auki (%)	Kengas- rikki (%)	Lyhyet rummut (%)	Ylipit- kat. r (%)	Huono- lasku- ojan virtaus (%)				
				1/4	1/2	3/4										
1	Rak	237	125,4	9,7	8,4	10,6	12,6	18,5	6,8	5,1	0,4	23,5	9,3	29,1	684	117
	Rton	335	119,5	7,7	5,0	5,3	14,9	20,3	5,0	24,5	1,5	12,9	6,9	27,6	560	58
2	Rak	244	80,1	19,5	3,2	4,9	22,2	32,6	3,6	16,9	4,1	20,7	12,7	7,6	635	172
	Rton	792	239,5	19,1	6,7	9,8	24,0	48,4	7,5	41,2	0,8	40,3	23,4	16,8	470	66
3	Rak	212	97,5	13,4	2,4	0,5	33,0	18,7	1,0	17,0	2,4	26,9	10,4	5,7	760	212
	Rton	659	239,9	16,9	6,2	2,8	39,4	53,1	13,7	56,1	0,1	44,6	26,6	11,9	516	61
4	Rak	160	58,9	5,7	1,9	-	3,1	1,9	1,3	12,5	2,5	20,6	19,4	13,8	601	138
	Rton	758	245,6	14,3	7,2	3,1	15,7	23,8	5,0	30,0	0,8	52,1	25,0	43,9	459	47
5	Rak	66	35,3	13,6	4,6	3,0	1,5	9,1	-	12,1	-	30,3	-	-	787	250
	Rton	234	82,9	23,5	13,7	9,0	33,8	44,9	9,4	40,2	-	51,1	9,4	31,2	466	67
6	Rak	144	85,5	12,1	1,4	-	-	-	-	2,1	-	24,5	0,7	9,9	657	126
	Rton	323	171,9	11,5	3,0	1,0	3,7	3,7	-	7,8	-	30,9	3,1	28,4	476	51
7	Rak	6	2,8	16,7	-	-	-	-	-	-	-	50,0	16,7	16,7	600	114
	Rton	506	186,6	8,3	3,2	5,7	8,3	7,6	1,6	14,3	1,6	37,2	25,2	6,2	473	56
8	Rak	417	153,7	12,4	7,4	2,3	7,7	17,2	3,4	5,9	0,7	13,8	8,6	19,2	564	93
	Rton	627	225,5	15,6	6,0	2,0	8,2	24,6	6,0	21,1	0,5	18,7	5,1	35,5	467	48
9	Rak	47	23,8	25,5	19,2	10,6	74,5	36,2	4,3	4,3	53,2	29,8	4,3	66,0	589	105
	Rton	177	82,8	26,7	27,9	19,3	78,4	47,4	10,9	13,1	13,6	38,9	6,9	28,6	552	60
10	Rak	69	44,6	14,5	8,7	7,2	18,8	14,5	4,3	7,2	2,9	21,7	1,4	1,4	736	190
	Rton	180	91,5	24,0	14,5	5,1	48,3	26,3	5,6	24,0	11,2	25,1	1,7	53,3	532	79
11	Rak	80	47,6	72,5	13,7	-	-	-	-	5,0	13,7	87,5	7,5	1,3	838	181
	Rton	334	186,5	48,4	25,8	4,2	33,8	38,1	3,9	26,6	1,2	88,6	5,7	27,6	621	82
12	Rak	169	70,4	41,4	32,0	10,6	73,4	9,5	1,2	21,3	1,2	72,2	1,2	15,4	677	133
	Rton	480	136,8	49,6	18,3	11,1	60,8	28,2	4,0	29,8	1,7	77,2	2,3	41,7	500	53
13	Rak	379	254,8	19,0	13,4	6,9	19,0	5,0	1,8	7,9	9,5	34,0	5,0	6,1	796	136
	Rton	576	291,2	23,4	9,7	9,9	29,0	24,9	5,2	20,9	2,8	38,8	17,7	15,8	627	48
14	Rak	171	113,6	37,1	23,5	6,5	10,0	2,9	1,2	20,6	3,5	21,2	7,0	4,7	867	143
	Rton	299	147,7	41,3	14,8	2,6	30,9	14,9	4,5	24,2	1,4	46,2	14,4	45,0	694	74
15	Rak	383	213,9	23,0	13,4	6,3	14,5	24,0	2,3	15,4	0,8	32,9	18,0	20,1	753	111
	Rton	264	105,4	20,0	8,5	6,4	14,5	23,2	2,2	17,1	0,8	39,2	12,5	32,2	626	76
Kaikki	Rak	2784	1407,9	20,2	10,6	5,0	18,5	14,3	2,4	12,9	3,9	30,9	9,1	13,8	706	138
	Rton	6564	2553,3	21,9	9,7	6,1	26,7	29,7	5,9	28,5	1,6	43,1	15,1	27,6	526	59
		9348	3961,2	21,4	10,0	5,8	24,3	25,1	4,8	23,8	2,3	39,4	13,3	23,5	579	

2.2 RUMPUJEN TOIMIVUUS JA KUNTO

Rumpujen kuntoa ja toimivuutta kuvaavat mm. seuraavat ominaisuudet:

- liettyneisyysaste
- taipuman esiintyminen
- auenneiden saumojen määrä
- rikkonaisten rumpurenkaiden määrä
- rummun pituuden sopivuus.

2.21 Liettyneisyys

Rummun liettymisen vaikutuksesta veden virtaus rummun läpi vaikeutuu. Rummun ollessa liettynyt määrältään 1/4 rummun halkaisijasta aiheutuu siitä noin 20 % kapasiteetin menetys. Tästä ei vielä välttämättä ole suurta haittaa, mutta liettyneisyyden ollessa puolet halkaisijasta on kapasiteetin aleneminen huomattavan suuri eli 50 %. Liettyneisyyden ollessa määrältään 3/4 halkaisijasta on kapasiteetin aleneminen vastaavasti noin 80 %.

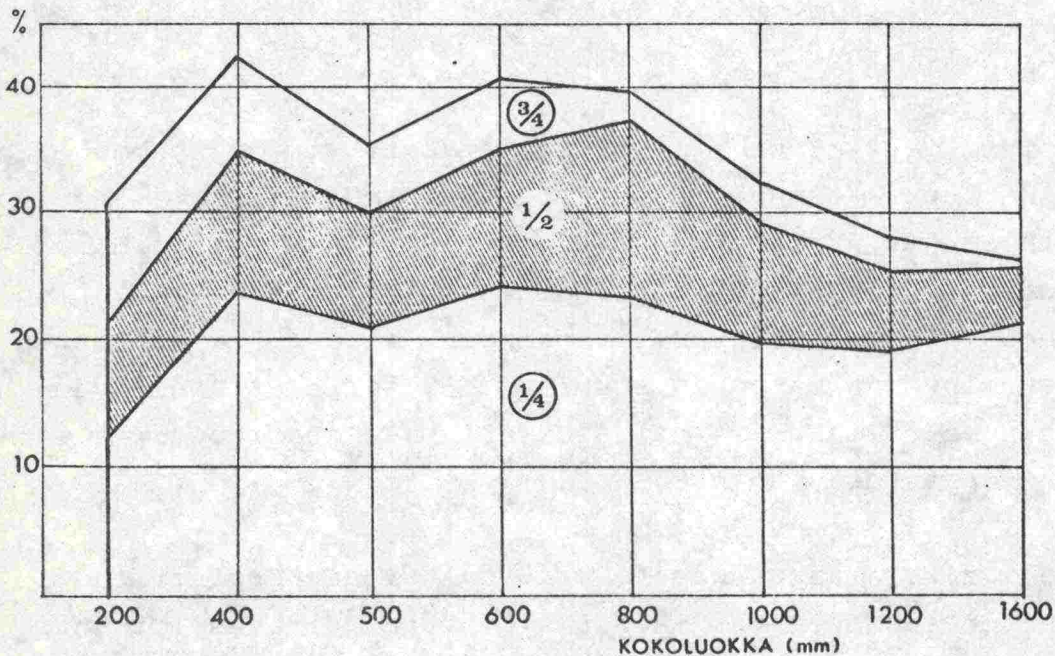
Liettyneisyyden vaikutuksesta saattavat vesien sulamisen ja suurten sateiden vesimäärät aiheuttaa tulvavaurioita tierakenteille. Liettynyt rumpu on luonnollisesti myös alttiimpi kokonaan umpeen jäätymiselle kuin vastaavankokoinen puhdas rumpu. Rumpujen puhtaanapito vähentää sulatustoimia, joita kuvan 1 mukaan tehdään vuosittain varsin paljon.

Vähintään 1/4 halkaisijan suhteen liettyneitä rumpuja oli kaikkiaan yli 35 % tien laadusta riippumatta (taulukko 10). Myös vähintään 1/2 verran liettyneitä rumpuja esiintyi varsin paljon.

Taulukko 10. Liettyneisyyden jakautuminen liettyneisyysasteen mukaan sekä liettymättömät rummut (%).

Tien laatu	Liettyneisyys rummun halkaisijan suhteen			Liettymättömät
	Vähintään 1/4 (1/4+1/2+3/4)	Vähintään 1/2 (1/2+3/4)	Vähintään 3/4 (3/4)	
Rakennettu	35,8	15,6	5,0	64,2
Rakentamaton	37,7	15,8	6,1	62,3

Korkeintaan $\frac{1}{4}$ verran liettyneitä rumpuja on lähes yhtä paljon kokoluokasta riippumatta lukuunottamatta alle 400 mm rumpuja, joissa liettyneisyyden osuus on pienempi (kuva 3). Runsaasti liettyneiden osuus vähenee selvästi rumpukoon kasvaessa.



Kuva 3. Rummun koon vaikutus liettymiseen (%).

Pienikokoisessa rummussa saattaa virtausnopeus olla suurempi kuin isossa. Tällä on luonnollisesti vaikutusta rumpun puhtaanapysymiseen. Rakentamalla rummu esimerkiksi pienikokoisesta muoviputkesta vältetään saumojen aukeamisen liettymistä edistävältä vaikutukselta. Pienikokoisten rumpujen alhainen liettyneisyysprosentti selittyy osaksi sillä, että rumpumateriaalikohtaan "muut rummut" koot olivat pääasiassa alle \emptyset 400 mm eikä liettyneisyyttä niissä esiintynyt.

Eniten liettyneitä olivat betoniputki-, puu- ja kivirummut. On kuitenkin huomattava, että kyseiset rumpumateriaalit ovat olleet kauemmin toiminnassa kuin aaltolevy- ja muoviputkirummut.

Tien leveyteen nähden liian lyhyiksi jääneiden rumpujen vaikutus liettyneisyyteen näkyy lähinnä painottumisena liettyneisyysasteeseen 3/4 (taulukko 11).

Taulukko 11. Tien leveyden suhteen liian lyhyiden rumpujen vaikutus liettyneisyyteen (%).

Liettyneisyysaste	Riittävä pituus	Liian lyhyet rummut (m)		
		1	2	3-5
1/4	20,7	25,2	20,8	20,0
1/2	9,2	13,5	11,1	6,0
3/4	4,4	8,2	14,3	12,0
Yht. (%)	34,3	46,9	46,2	38,0
Havainnotoja (kpl)	6965	1406	693	50

Rummun ollessa alempana kuin kuivatustarve edellyttää on liettyneisyys selvästi vallitseva (taulukko 12). Mitä alempana kuivatustarpeen suhteen rumpu sijaitsee, sitä suurempi on varsinkin liettyneisyysasteen 3/4 osuus. Kuivatussyvyyden vaikutus näkyykin nimenomaan liettyneisyysluokissa 1/2 ja 3/4.

Taulukko 12. Liettyneisyysaste kuivatussyvyysluokittain (%).

Liett. aste	Kuivatussyvyysluokka (cm) (yläraja ← 0 → alaraja)									Yht.
	-50	-30	-20	- 1	0	1	20	30	50	
1/4	13,0	15,1	31,3	37,5	21,2	18,5	20,6	23,4	0	21,4
1/2	18,5	28,5	30,0	27,5	8,7	6,5	11,5	11,1	6,7	10,0
3/4	35,2	29,0	17,7	3,3	4,2	6,5	15,1	13,6	33,3	5,7
Yht.(%)	66,7	72,6	79,0	68,3	34,1	31,5	47,2	48,1	40,0	37,1
Havainnotoja (kpl)	54	179	243	120	8029	184	199	81	15	9104

Oikea kuivatussyvyys on yli 88 %:lla rummuista. Suuriakin poikkeamia esiintyy. Tällöin tulee esille jo kysymys rummun tarpeellisuudesta.

Varsinkin taipuneilla betoniputkirummuilla on selvä vaikutus liettymiseen (taulukko 13).

Taulukko 13. Betoniputkirumpujen taipuneisuuden vaikutus liettyneisyyteen (%).

Liettyneisyys- aste	Taipuneisuus	
	Suora	Taipunut
1/4	19,4	29,8
1/2	7,6	17,4
3/4	4,2	10,0
Yht. (%)	31,2	57,2
Havainnot(kpl)	6420	2136

Läpikulkuvesillä tarkoitetaan tässä metsä- ja pelto-ojista rummuille johdettuja vesiä. Tutkittaessa niiden olemassaolon vaikutusta saatiin tulokseksi, että liettymistä tapahtuu kummassakin tapauksessa saman verran (taulukko 14). Ainoastaan liettyneisyysasteen 3/4 kohdalla on merkittävää eroa nähtävissä. Pelkästään laskuojan vesiä vähäisemmät tienvarsivedet eivät pysty pitämään pelkän virtauksen avulla rumpuja samassa määrin puhtaana.

Taulukko 14. Liettyneisyysasteen riippuvuus läpikulkuvesistä (%).

Liett. aste	Läpikulkuvedet	
	Ei	On
0	63,9	62,3
1/4	19,4	22,6
1/2	9,5	10,3
3/4	7,2	4,8
Yht. (%)	100,0	100,0

Rummun kaltevuus ei kuulunut tutkimuksen piiriin. Lehtipuu on todennut, että rummun kaltevuus pienenee iän mukana, joten asennuskaltevuutena olisi käytettävä 2 - 3 %.

Sopiva kaltevuuden arvo vähentää rummun liettyneisyyden ohella jäätymisherkkyyttä, joten rakentamisvaiheessa asennukseen on kiinnitettävä ansaittua huomiota.

Liettyneisyyteen vaikuttaa monet asiat. Rummun on kuitenkin turha odottaa toimivan, ellei laskuojan virtaus ole hyvä. Tutkimustulosten perusteella laskuojissa lähes 40 % on huono virtaus, jolla on selvä vaikutus liettyneisyyteen (taulukko 15).

Taulukko 15. Laskuojan virtauksen vaikutus liettyneisyyteen (%).

Liettyneisyys- aste	Laskuojan virtaus	
	Hyvä	Huono
1/4	15,2	31,0
1/2	5,0	17,8
3/4	2,8	10,4
Yht. (%)	23,0	59,2
Havainnot(kpl)	5535	3562

Voidaan varsin perustellusti olettaa, että laskuojan perkaus puhdistaisi monessa tapauksessa rummun jo pelkällä virtauksen paineella. Tällöin myös tämän tutkimuksen yhteydessä liettyneisyyttä lisääväksi havaitut seikat jäisivät suurelta osalta vaille merkitystä.

Alueellisesti selvästi eniten liettyneitä rumpuja löytyy Pohjanmaan alueelta (taulukko 9), joka on tunnetusti tasaisista, alavaa seutua. Tiemestaripiirissä n:o 12 käytettiin laskuojan virtauksen arvioinnissa muista poikkeavaa arviointia, jonka takia luvut ovat muita suuremmat. Tasaisessa ja alavassa maastossa laskuojaan on vaikea saada kaltevuutta. Pienikin laskuojan piteneminen vaikuttaa virtausnopeutta alentavasti. Ensiarvoisen tärkeää olisikin pitää laskuojat hyvässä kunnossa.

Liettyneisyyden tarkastelun ulkopuolelle jäi vajaa 2,5 % kaikista rummuista. Ne olivat tapauksia, joissa rumpu oli joko kokonaan veden tai maan sisässä. Tässäkin tapauksessa tulee vastaan kysymys rumpujen tarpeellisuudesta.

2.22 Taipuma

Monissa yhteyksissä on todettu, että rumpu liikkuu maan sisässä. Liikkuminen johtuu:

- roudasta
- huonosta perustamisesta
- raskaasta liikenteestä varsinkin kelirikon aikana.

Rummun liikkuminen on yleensä pystysuuntaista ja se saattaa olla tasaista tai epätasaista. Juuri jälkimmäisestä aiheutuu rummun taipuminen. Taipuminen voi olla pysyvää tai palautuvaa. Taipuminen pienentää virtausaukon kokoa, lisää liettyneisyyttä (taulukko 13) ja aiheuttaa vaurioita rumpurenkaiden välisiin saumoihin.

Taipuneiden rumpujen prosenttiosuus tiemestaripireittäin on suuri (taulukko 9). Tämä johtuu siitä, että joissakin tiemestaripireissä on kaikkein pienimmätkin taipumat huomioitu ja joissakin vain täysin selvät taipumat on kirjattu ylös.

Taipuman vaikutus on haitallisin betoniputkirenkaisiin. Ne liikkuvat toistensa suhteen ja aiheuttavat saumojen aukeamista ja renkaiden rikkoutumista (kts. luku 2.23). Aaltolevy- ja muoviputkirummut reagoivat taipumaan joustavasti. Seuraavassa onkin käsitelty pääasiassa betoniputkirumpuja, joilla taipumia on prosentuaalisesti selvästi enemmän muihin materiaaleihin verrattuna.

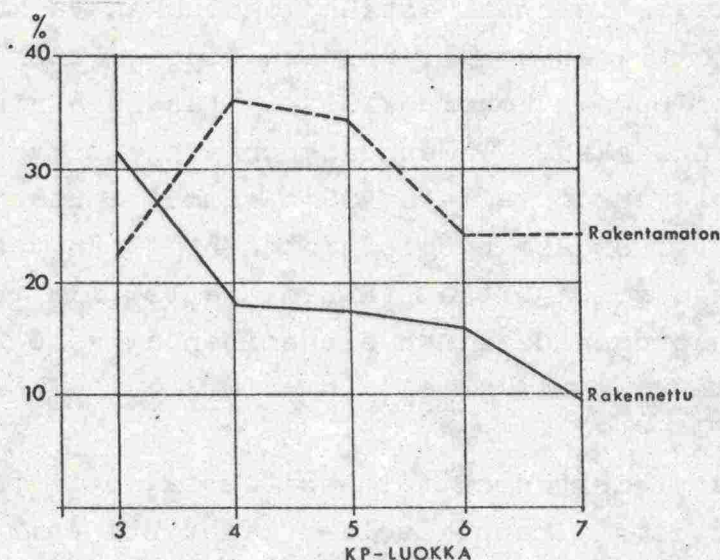
Betoniputkirumpujen osalta pyrittiin selvittämään seuraavien tekijöiden vaikutus taipumaan:

- liikenteen määrä (kunnossapitoluokka)
- tien laatu
- koko
- peitesyvyys
- routa.

Kunnossapitoluokat määräytyvät liikennemäärän mukaan (ajoneuvoa/vrk=KVL). Tarkempi analyysi vaatisi kuitenkin tiedon raskaiden ajoneuvojen osuudesta, jota tässä yhteydessä ei selvitetty.

Taipuman %-osuus eri kunnossapitoluokissa tien laadun mukaan betoniputkirummuilla nähdään kuvasta 4. Rakentamattomilla teillä kp-luokan vaikutus taipumaan on vähäinen, mutta rakennetuilla teillä voidaan havaita taipumien prosentuaalista vähenemistä liikennemäärän vähentyessä varsinkin verrattaessa kp-luokkia 3 ja 7. Kuitenkin kp-luokissa 4, 5 ja 6 taipumien osuus on lähes yhtä suuri, joten pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei liikennemäärien perusteella voida tehdä.

Rakentamattomilla teillä kunnossapitoluokan 3 alhainen taipuman osuus johtuu joko vähäisestä havaintomäärästä (18 kpl) tai siitä, että kyseisen luokan rummut on pidetty paremmin kunnossa. Rakennettujen teiden vastaava %-arvo antaa kuitenkin selvästi viitteen siitä, että havaintomäärän vähyys on ratkaiseva.



Kuva 4. Kunnossapitoluokan (liikennemäärän) vaikutus taipuman osuuteen laatuluokittain betoniputkirummuilla (%).

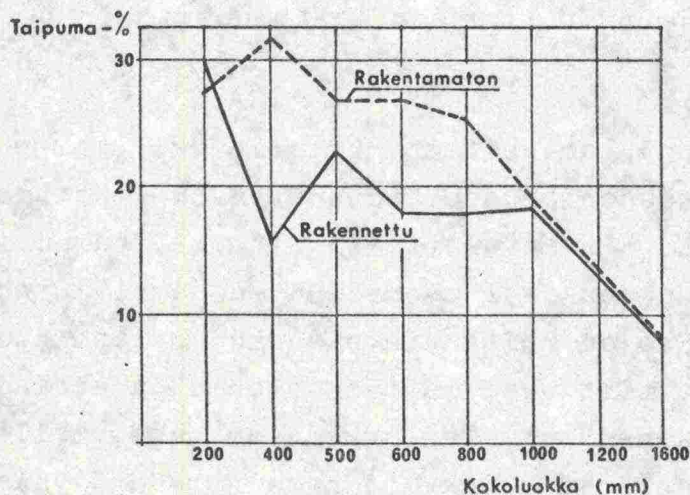
Taulukossa 16 on esitetty betoniputkirumpujen määrä ja taipuneiden rumpujen prosenttiosuus laatu-, peitesyvyys- ja kokoluokittain. Rakentamattomilla teillä taipumien osuus betoniputkirumpujen osalta on 8,5% suurempi kuin rakennetuilla teillä. Ero on kuitenkin pienehkö ottaen huomioon, että rakennetut tiet ovat iältään nuoria ja periaatteessa normien mukaan rakennettu. Taulukkoon on paksummalla viivalla rajattu alue, jossa luokkien havaintomäärä ylittää arvon 40. Alue antaa hyvän kuvan peitesyvyyden ja kokoluokan yhtäaikaista jakautuneisuudesta tutkimusaineistossa.

Taulukko 16. Betoniputkirumpujen määrä sekä taipuneiden %-osuus laatu-, peitesyvyys- ja kokoluokittain.

Tien laatu	Peitesyv. (cm)	KOKOLUOKKA (mm)																Yht.	
		200		400		500		600		800		1000		1200		1600			
		kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
Raken- nettu	0 - 39	13	15,4	8	25,0	53	15,1	15	6,7	12	25,0	7	0	7	14,3	3	0	118	14,4
	40 - 59	9	33,3	25	4,0	112	26,8	51	11,8	23	17,4	6	16,7	5	0	3	33,3	234	19,7
	60 - 99	22	36,4	50	12,0	283	15,9	149	18,1	130	17,7	21	23,8	13	7,7	11	0	679	16,9
	100 - 199	10	30,0	45	22,2	204	25,5	224	15,6	409	15,9	64	12,5	41	9,8	32	9,4	1029	17,5
	200 -	-	-	3	33,3	37	56,8	84	29,8	296	20,3	60	25,0	44	18,2	15	6,7	539	24,3
	Yht.	54	29,6	131	15,3	689	22,6	523	18,0	870	17,8	158	18,4	110	12,7	64	7,8	2599	18,8
Raken- tamaton	0 - 39	341	26,1	531	39,4	658	28,1	198	39,9	53	24,5	18	22,2	10	20,0	2	0	1811	32,1
	40 - 59	236	25,8	484	28,7	700	22,4	236	25,4	84	17,9	31	22,6	19	15,8	10	0	1800	24,6
	60 - 99	130	32,3	278	24,1	589	28,0	347	22,8	131	29,0	50	16,0	34	20,6	8	0	1567	25,9
	100 - 199	28	28,6	80	22,5	292	31,5	179	24,6	137	27,7	41	19,5	36	5,6	14	21,4	807	26,4
	200 -	1	0	3	33,3	16	28,6	32	12,5	24	16,7	12	16,7	4	0	3	0	95	15,8
	Yht.	736	27,2	1376	31,5	2255	26,7	992	26,8	429	25,2	152	19,1	103	13,6	37	8,1	6080	27,3

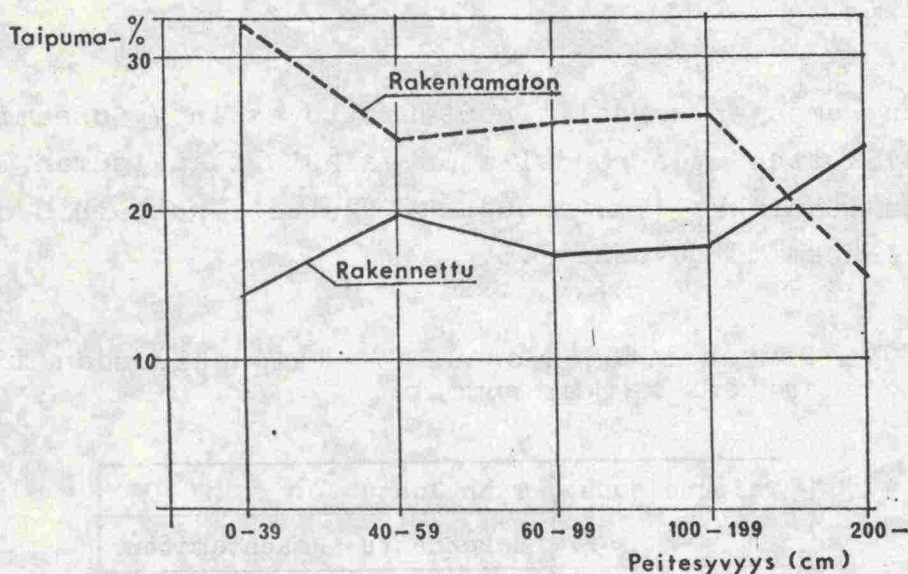
Kun tarkastellaan pelkästään kokoluokan vaikutusta taipumaan (taulukko 16, kuva 5), voidaan todeta, että rakennetuilla teillä taipuma-% kokoluokissa on tasainen aina Ø 1000 mm rumpuihin saakka. Tämän jälkeen alkaa selvä lasku. Ainut selvä poikkeus on alle Ø 400mm rummut, mutta pieni havaintomäärä ko. luokassa huomioon ottaen minään varmana tietona ei seikkaa voida pitää. Rakentamattomilla teillä vastaava taipuman prosentuaalinen aleneminen alkaa Ø 800 mm kokoluokan jälkeen.

Karkeana yleistykseenä voidaan todeta, että pienemmät rummut ovat alttiimpia taipumiselle. Tietysti paikalliset olosuhteet vaikuttavat asiaan joskus päinvastaisesti.



Kuva 5. Betoniputkirumpujen taipuma-% koko- ja laatuluokittain.

Tarkasteltaessa pelkästään peitesyvyyden vaikutusta (taulukko 16, kuva 6) nähdään, että peitesyvyyksillä alle 40 cm ja yli 200 cm on selviä eroja. Pienet peitesyvyydet rakentamattomilla teillä johtuvat suurelta osin siitä, että routa nostaa ajan kuluessa rumpuja ylöspäin. Näinollen ne joutuvat roudan lisäksi myös liikenteen rasittamiksi.



Kuva 6. Betoniputkirumpujen taipuma-% peitesyvyys- ja laatuluokittain.

Normien mukaan ei betoniputkirumpujen peitesyvyys saisi alittaa kantokykyluokasta riippuen tiettyjä vähimmäisarvoja. Kalliopohja sekä pohjan korkeusvaatimukset ovat saattaneet vaikuttaa siihen, että joskus on jouduttu tinkimään em. arvoista. Rakennetuilla teillä on pienillä peitesyvyyksillä kysymyksessä ilmeisesti hyvä pohja, koska taipumien osuus on selvästi muuta tasoa alhaisempi (kuva 6).

Yli 2 m peitesyvyyksillä aletaan olla jo routarajan alapuolella, mutta siitä huolimatta taipumia esiintyy. Tuntuu mielenkiintoiselta, että rakennetuilla teillä taipuma-% on suurin ja rakentamattomilla teillä pienin yli 2 m peitesyvyyksillä. Rakentamattomilla teillä kuitenkin havaintojen määrä aiheuttaa epävarmuutta päättelyihin. Rakennettujen teiden osalta tilanne antaa aiheutta epäillä, että kysymys saattaa olla:

- rummun huonosta perustamisesta tai väärästä perustamistavasta nimenomaan yli 2 m syvyyksillä
- huonosti tehdystä ympärystäytöstä.

Kysymykseen saattaa tulla lisäksi edellisten yhteisvaikutus, mutta selvimmältä tuntuu juuri ympäristäytön tekeminen. Tiivistyshän tapahtuu kerroksittain ja suurilla peitesyvyyksillä saattaa käydä niin, että kerrosten paksuuteen ja tiivistyksen tehokkuuteen ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Tämä aiheuttaa myöhemmin rummun liikkumista ja edelleen taipumaa.

Taipuneiden rumpujen kohdalla routaheitto esiintyy useammin (ero 3,5 %), joten myös roudalla on vaikutusta taipuman syntymiseen (taulukko 17). Roudan vaikutusta rumpuihin on selvitetty lähemmin luvussa 2.5.

Taulukko 17. Routaheittojen osuus (%) taipuneisuuden mukaan (mukana kaikki rummut).

Taipuneisuus	Tien laatu	
	Rakennettu	Rakentamaton
Suora	13,0	26,5
Taipunut	16,5	30,1

2.23 Rumpurenkaiden kunto

Renkaiden kunnolla tarkoitetaan tässä auenneita saumoja ja rikkonaisia renkaita. Tarkastelun kohteena ovat näinollen betoniputkirummut.

Taulukossa 18 on esitetty koko aineistosta lasketut saumojen ja renkaiden vaurioprosentit. Ne eivät kerro, kuinka pahasti rumpu on vaurioitunut, vaan yksikin kirjaukseen aiheutta antava kohta vastaa tässä yhteydessä yhtä rumpua. Merkittävää on rikkonaisten renkaiden vähäinen osuus auenneiden saumojen osuuteen verrattuna.

Taulukko 18. Rikkonaisten renkaiden ja auenneiden saumojen osuus koko aineistosta (%).

Vauriotyyppi	Tien laatu	
	Rakennettu	Rakentamaton
Rikkon. renkaat	2,4	5,9
Auenneet saumat	14,3	29,7

Rakentamattomilla teillä prosenttiarvot ovat yli kaksi kertaa suuremmat kuin rakennetuilla teillä. Samat arvot nähdään myös taulukosta 9, jossa on lisäksi tiemestaripiiri-kohtaiset tiedot. Ne osoittavat, että rikkonaisten rumpurenkaiden määrä poikkeaa hyvin vähän keskiarvosta eri tiemestaripiireissä. Auenneiden saumojen osalta tilanne on selvästi toisenlainen.

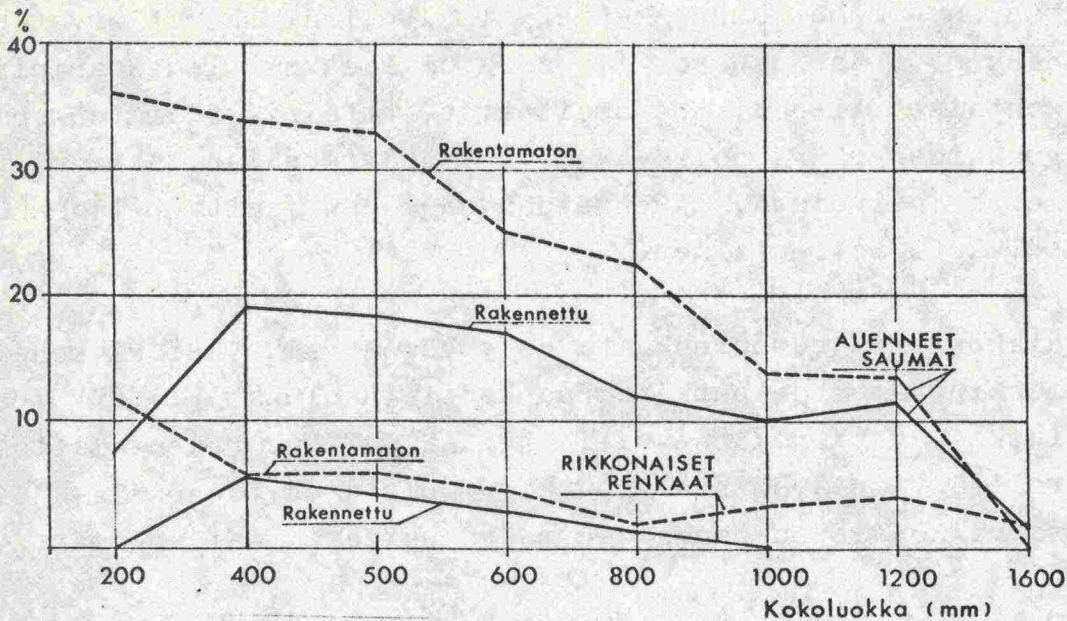
Rikkonaisia rumpurenkaita on yleensä vain yksi rikkonaiseksi merkittyä betoniputkirumpua kohti (taulukko 19). Voidaan laskea, että rakennetuilla teillä 0,7% ja rakentamattomilla teillä vain 1,5% betoniputkirummuista on tapauksia, joissa rikkonaisten renkaiden määrä on kaksi tai enemmän.

Taulukko 19. Betoniputkirumpujen rikkonaisten renkaiden ja auenneiden saumojen rumpukohtaisen määrän jakautuminen laatuluokittain (%).

Rikkonaiset rumpurenkaat			Auenneet saumat		
(kpl/rumpu)	Tien laatu		(kpl/rumpu)	Tien laatu	
	Rakennettu	Rakentamaton		Rakennettu	Rakentamaton
1	70,5	75,4	1	39,6	28,1
2 - 3	26,2	20,7	2	24,3	29,6
4 - 8	3,3	3,9	3 - 4	25,1	27,0
Yht. (%)	100,0	100,0	5 - 11	11,1	15,3
			Yht. (%)	100,0	100,0

Rikkonaisten rumpurenkaiden vähyyteen on varmasti vaikuttanut kunnossapitotöiden välitön hoitaminen vaurion ilmestyttyä. Rikkonainen rummu on tiessä vaarana liikenteelle. Jos rikkonaisten renkaiden lukumäärä on enemmän kuin yksi niin onnettomuusriski on luonnollisesti suurempi. Auenneiden saumojen osalta tilanne on toisenlainen, elleivät syntyneet vauriot ole sellaisia, että tiehen syntyy reikiä. Suoritemäärätiedot antavat myös selviää viitteitä siitä, että rikkonaisia betoniputkirummuja korjataan paljon vuosittain (kuva 1).

Rummun koko vaikuttaa auenneiden saumojen määrään selvästi (kuva 7). Rikkonaisten renkaiden osuuteen ei koolla ole yhtä suurta vaikutusta, vaikkakin suunta on sama. Mitä suurempi on rummun koko, sitä pienempi on huonokuntoisten rummujen osuus.



Kuva 7. Auenneiden saumojen ja rikkonaisten renkaiden osuus betoniputkirummuilla kokoluokittain (%).

Auenneita saumoja kuvaavat käyrät ovat selvässä yhteydessä taipuman vastaavien käyrien kanssa (kuva 5). Rakennetuilla teillä alle 400 mm betoniputkirumpujen auenneiden saumojen ja taipuman välillä on ristiriitaisuutta. Taipumaprosentti on suuri, mutta auenneiden saumojen osuus on pieni. Kysymyksessä on joko vähäisen havaintomäärän harhaanjohtava vaikutus tai sitten taipuma pienillä betoniputkirummuilla on laajuudeltaan pientä. Myös pienten rumpujen iän vaikutuksella saattaisi olla selventävää merkitystä.

Taipumalla on kuitenkin selvä vaikutus sekä auenneiden saumojen että rikkonaisten betoniputkirumpujen osuuteen niitä lisäävästi. Ero suorien ja taipuneiden rumpujen välillä on lähes kolminkertainen (taulukko 20). Taulukkoon 20 on otettu myös peitesyvyiden vaikutus.

Peitesyvyyden pieneneminen vaikuttaa kuntoa heikentävästi riippumatta taipuneisuudesta.

Taulukko 20. Taipuman ja peitesyvyyden vaikutus betoniputkirumpujen kuntoon (%).

Peitesyvyys (cm)	Rikk. renkaat (%)		Auenneet saumat (%)	
	Suora	Taip.	Suora	Taip.
0- 39	7,1	16,5	30,1	64,8
40- 59	3,1	9,0	18,5	52,7
60- 99	3,4	6,1	17,4	43,6
100-199	1,2	4,8	9,7	32,3
200-	0,8	1,4	12,1	26,0
Ka	3,4	9,1	18,1	48,3

Liikennemäärällä (kp-luokka) ei tutkimusaineiston mukaan ollut selvää vaikutusta. Ainoastaan rakentamattomilla teillä voidaan auenneiden saumojen osuuden sanoa hiukan lisääntyneen liikennemäärän kasvaessa.

2.24 Rumpujen pituuden sopivuus

Rumpu rakennetaan aina senhetkisen tilanteen mukaan sopivan mittaiseksi. Ajan kuluessa tiellä on kuitenkin taipumus levitä erilaisten kunnossapitotoimien, liikenteen ja osaksi myös roudan vaikutuksesta. Rakentamattomia teitä on aikojen kuluessa muokattu kokonaan uuteen muotoon. Tämä näkyy selvästi tarkastelemalla lyhyiksi jääneiden rumpujen osuutta laatuluokittain (taulukko 21).

Taulukko 21. Liian lyhyiden rumpujen osuus laatuluokittain (%).

Tien laatu	Liian lyhyet rummut (m)			Yht.
	1	2	3-9	
Rakennettu	8,4	4,2	0,3	12,9
Rakentamaton	18,6	9,3	0,7	28,6

Luvut kertovat selvästi tien leventymisestä, jota tapahtuu paljon myös rakennetuilla teillä. Liettyneisyyden yhteydessä todettiin lyhyiden rumpujen vaikutus. Melkein 50% lyhyistä rummuista aiheuttaa jonkinasteista liettyneisyyttä. Tämä ei ole tietenkään liettyneisyyteen ainoa vaikuttava tekijä. Kysymyksessä on yleensä monien tekijöiden yhteisvaikutus, joista merkityksellisin on laskuojan huono toimivuus.

Liian lyhyiksi jääneet rummut ovat kooltaan useammin pieniä, mutta myös osa isoista rummuista on jäänyt lyhyeksi (taulukko 22).

Taulukko 22. Lyhyiksi jääneiden rumpujen osuus koko- ja laatuluokittain (%).

Laatu	Kokoluokka (mm)								
	200	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000
Rakennettu	25,8	21,2	19,2	12,0	8,0	7,7	12,2	7,8	8,1
Rakentamaton	36,4	30,6	28,7	23,4	21,2	24,4	26,3	25,0	13,2

Tieluokittain tarkasteltuna vain valtateillä lyhyiksi jääneiden rumpujen osuus (5,8%) on selvästi muuta tasoa alhaisempi.

Liian lyhyet rummut ovat enimmäkseen betoniputki-, kivi- ja puurumpuja (taulukko 23). Nämä ovatkin olleet käytössä rumpumateriaaleina kauemmin kuin esim. aaltolevyrummut. Betoniputkirumpujen alempi prosenttimäärä johtuu osaksi siitä, että niiden jatkaminen on helpompaa kuin kivi- ja puurumpujen. Ilmeistä korjaustarvetta on lukuarvojen perusteella olemassa, kun otetaan huomioon liettyneisyyden suuri osuus juuri kyseisillä rumpumateriaaleilla. Kivi- ja puurumpuja ei kuitenkaan enää rakenneta, joten korjausvaiheessa jatkaminen tehdään betoniputkillä tai rumpu uusitaan kokonaan.

Taulukko 23. Liian lyhyet rummut rumpumateriaaleittain (%).

Rumpumateriaali	Liian lyhyiden osuus (%)
Betoni	23,3
Teräs	7,6
Kivi	38,5
Puu	25,6
Muu	17,2

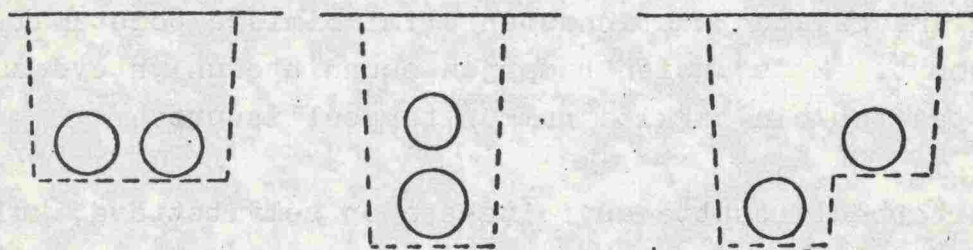
Tien leveyteen nähden ylipitkien rumpujen haittoina ovat auton tieltä suistumisessa suuremman vahingon mahdollisuus, esteettiset seikat sekä veden virtauksen huonontuminen. Virtaus huononee, jos rumpu ulottuu pitkälle sivuojaan.

Rummun ylipitkän osuuden poistaminen on helpompaa kuin jatkaminen. Rumpumateriaalit ovat lisäksi kalliita, joten rakentamisvaiheessa ei ylipitkiä luonnollisesti ilman syytä rakenneta. Tutkimusaineiston mukaan ei ylipitkiä ollut kovin paljon. Rakennetuilla teillä niitä oli 3,9% ja rakentamattomilla teillä 1,6% kaikista rummuista. Rakentamattomat tiet ovat suurelta osalta sorapintaisia ja ovat näinollen herkempiä leventymiselle. Ylipitkien määrä onkin osaksi tästä syystä vähäinen verrattuna liian lyhyiden rumpujen määrään.

Betoniputkirummuista ylipitkiä oli 2,4%. Muiden materiaalien osalle tuli vain 0-3 kpl ylipitkiä, joiden osalta prosenttilukuja ei ole aihetta esittää. Rummun koolla ei ollut mitään vaikutusta ylipitkien osuuteen.

2.3 KAKSOISPUTKIRUMMUT

Kaksoisputkirumpuratkaisu soveltuu hyvin tapaukseen, jossa virtaavien vesien määrä on suuri ja perustamissyvyys on pieni. Tällöin rumpuputket tehdään vierekkäin. Kohdissa, joissa tulvavesien osuus on huomattava ja perustamissyvyys ei haittaa, voidaan putket rakentaa eri tasoon (kuva 8).



Kuva 8. Eräitä kaksoisputkirumpuratkaisuja.

Kaksoisputkirumpu antaa mahdollisuuden toimivuuden turvaamiseksi esim. tukkimalla toinen putki talveksi, jolloin se ei jäädy. Keväällä vesimäärien ollessa suuria avataan putki ja näin vedet johdetaan tien alitse.

Kaikkiaan tutkimuksessa oli mukana 105 kaksoisputkirumpua, jotka olivat enimmäkseen keskikokoisia betonisia rumpuja. Ne ovat rakennetut johtamaan suurehkoja vesimääriä. Osittain tästä syystä liettyneitä kaksoisputkirumpuja oli noin puolet tavallisten rumpujen liettyneisyyteen verrattuna. Laskuojan virtaus oli yleensä hyvä (88%). Rumpujen kuntoa kuvaa seuraavat arvot:

- taipuneita 11 kpl $\hat{=}$ 10,5% (huomattavasti vähemmän kuin tavallisilla rummuilla)
- rumpuja, joissa ainakin yksi rikkonainen rengas 2 kpl $\hat{=}$ 1,9%
- rumpuja, joissa ainakin yksi auennut sauma 10 kpl $\hat{=}$ 9,5%.

Kaikki prosenttiarvot ovat tavallisten rumpujen arvoihin verrattuna selvästi alhaisempia.

2.4 RUMPUJEN TARPEELLISUUS

2.41 Tarpeellisuuden arviointiperusteet

Pienenkin betoniputkirummun, joita on suurin osa rummuista, korjaaminen ja uusiminen kestää lähes koko työpäivän (std n:o 3617). Rumpujen aiheuttamien routaheittojen korjaus on työmäärään nähden suhteellisen kallista. Työt joudutaan tekemään usein yksitellen ja työkohteet ovat kaukana tiemestari-
piirin tukikohdasta.

Jos rumpu ei vesien kulun kannalta ole välttämätön ja siitä kuitenkin aiheutuu kunnossapitokustannuksia, kannattaa harkita ylimääräisten kustannusten eliminoimista poistamalla ko. rummut. Myös uusien rumpujen suunnittelun yhteydessä kannattaa tarkoin harkita rummun tarpeellisuutta.

Rummun tarpeellisuutta arvioidessa on selvitettävä, kulkeeko rummun kautta vesiä vai onko olosuhteet muuttuneet siten, että rumpu on tarpeeton. Toinen mahdollisuus on tutkia, voitaisiinko rumpu korvata jollakin muulla menettelyllä. Tällaisia tapoja voivat olla:

- sivuojan syventäminen
- viereisen, korjattavan rummun puhdistus ja mahdollinen suurentaminen
- maaliittymän poistaminen tai liittymärummun teko
- pienien juoksutusputkien käyttö erityisesti tulva-aikana
- pieni tien nosto.
- pienten painanteiden muotoilu.

Tätä tutkimusta varten laaditussa tutkimusohjeessa annettiin selvät ohjeet tarpeellisuuden arvioinnin menettelytavoista. Epäselvistä tapauksista kehoitettiin tekemään uusintatarkastus paikallisen tiemestarin tai työnjohtajan kanssa.

Tarpeellisuuden arviointi tapahtui keväällä lumen sulamisen aikana. Tällöin voitiin selvittää vesien kulku sekä rummun ylä- ja alapuolisessa maastossa.

Kaikesta huolimatta seuraavassa esitetyt tulokset perustuvat tutkijoiden subjektiiviseen arvioon eikä paikalla tehtyihin numeerisiin mittauksiin.

2.42 Tarpeettomien rumpujen esiintyminen

Tarpeettomiksi arvioitujen rumpujen osuus oli:

- rakennetuilla teillä 9,1%
- rakentamattomilla teillä 15,1%.

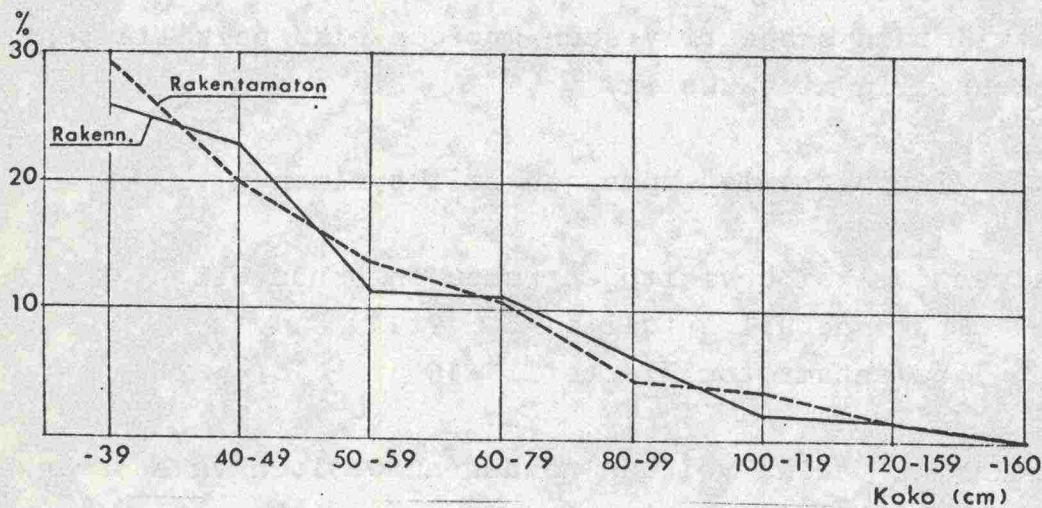
Yleisillä teillä voidaan näiden numeroiden valossa arvioida olevan yli 23 000 sellaista rumpua, jotka voitaisiin korjausvaiheessa poistaa tietyin järjestelyin. Valtaosa (n. 80%) näistä rummuista sijaitsee rakentamattomilla teillä, jotka ovat suurelta osalta sorateitä.

Rumpumateriaaleista suhteellisesti eniten tarpeettomia sisälsivät kohtaan "muut" merkityt rummut sekä puurummut (taulukko 24).

Taulukko 24. Tarpeettomien rumpujen osuus rumpumateriaaleittain (%).

Rumpumateriaali	Tarpeettomat (%)
Betoni	13,2
Teräs	1,3
Kivi	11,9
Puu	28,2
Muu	30,2

Vertaamalla edellisen taulukon arvoja eri rumpumateriaalien kokojakautumaan (taulukko 3) havaitaan selvää yhteyttä. Monet pienet rummut ovat joko kokonaan tarpeettomia tai korvattavissa vähäisillä toimenpiteillä (kuva 9).



Kuva 9. Tarpeettomien rumpujen osuus koko- ja laatuluokittain (%).

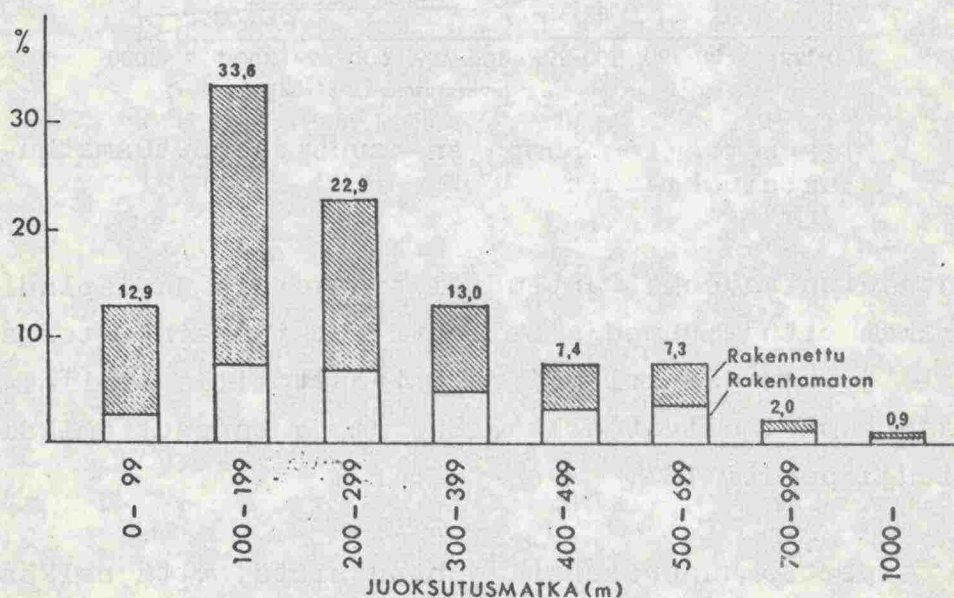
Rummun aukon eräänä mitoittavana tekijänä on valuma-alueen koko. Valuma-alue on yleensä suurempi läpikulkuvesiä eli pelto- ja metsäojista tulevia vesiä välittävillä rummuilla kuin pelkästään tienvarsivesiä välittävillä rummuilla. Tämän vuoksi rumpukoko on läpikulkuvesiä välittävillä rummuilla suurempi. Kuvan 9 pienet tarpeettomat rummut ovatkin pääasiassa kohdissa, joissa läpikulkuvesiä ei johdeta tien alitse (taulukko 25).

Taulukko 25. Lämpikulkuvesien vaikutus rumpujen tarpeettomuuteen tie- ja laatuluokittain (%).

Tieluokka	Ei läpikulkuvesiä		On läpikulkuvesiä	
	Rakennettu	Rakentamaton	Rakennettu	Rakentamaton
Valtatie	19,7		2,0	
Kantatie	23,9		6,6	
Muu maantie	24,8	29,0	3,3	4,1
Paikallistie	15,9	31,2	3,2	4,9

Kaikkiaan 62% rummuista välittivät myös läpikulkuvesiä. Rummun tarpeettomuus ei taulukon 25 mukaan riipu tieluokasta.

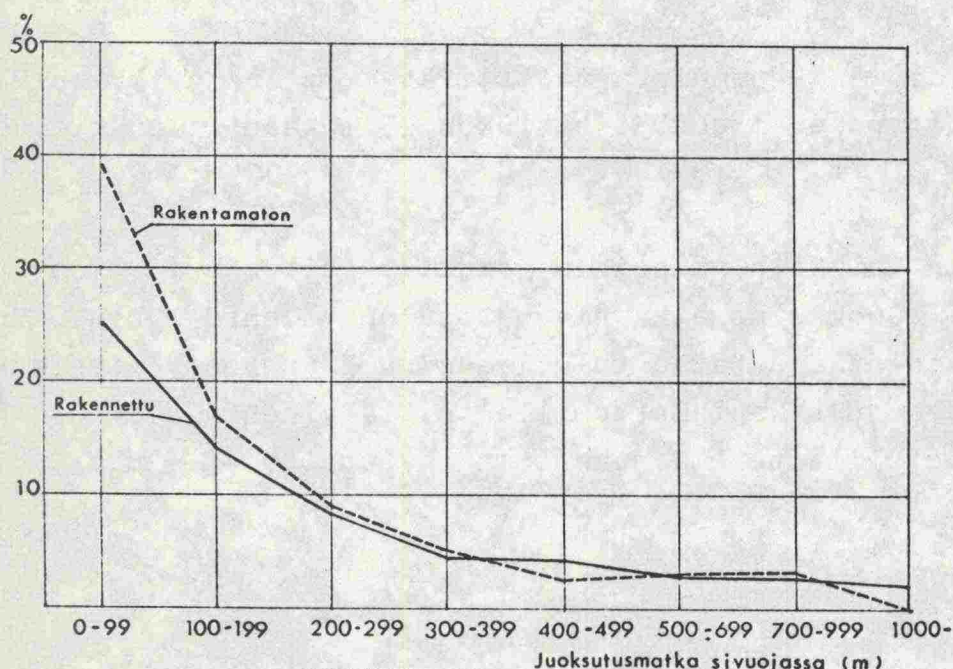
Melkein kaikkiin rumpuihin johdetaan sivuojasta tienvarsivesiä. Juoksutusmatka sivuojassa on yleensä lyhyt. Rummulle edestä ja takaa tulevien sivuojavesien yhteenlaskettu matka on rakentamattomilla teillä yleensä alle 300 m. Rakennetuilla teillä jakautuma on tasaisempi (kuva 10).



Kuva 10. Rummuille tulleiden sivuojavesien yhteenlasketun juoksutusmatkan jakautuma laatuluokittain (%).

Lyhyillä juoksutusmatkoilla eivät johdettavat vesimäärät ole kovin suuria. Siksi myös tarpeettomien rumpujen osuus on tällöin suuri (kuva 11).

Kuvassa 11 juoksutusmatkat 0-99 m ja 100-199 m sisältävät pääosan osittain tai pelkästään tulvavesiä varten rakennetuista rummuista. Näissä luokissa tulvavesiä välittävistä rummuista yli 40% arvioitiin tarpeettomiksi ja rakentamattomilla teillä luokassa 0-99 m yli 65%. Tämän vuoksi ovat kuvan 11 arvot ko. luokissa selvästi muita luokkia suuremmat. Myös pitemmillä juoksutusmatkoilla on osittain tulvavesiä välittävien rumpujen tarpeettomuus selvästi yleisempää.



Kuva 11. Tarpeettomien rumpujen osuus juoksutusmatka- ja laatuluokittain.

Pelkästään tulvavesiä varten (ei tienvarsi- ja läpikulkuvesiä) rakennettuja rumpuja esiintyi tutkimusaineistossa 150 kpl, joista 129 kpl oli rakentamattomilla teillä. Kooltaan rummut olivat alle \emptyset 800 mm ja tarpeettomiksi arvioituja peräti 78%.

Suuri tarpeettomuusprosentti johtuu siitä, että pelkästään tulvavesiä varten rakennetut rummut on tehty "varman päälle" periaatteella. Jos tulvavedet on välttämättä johdettava sitä varten erikseen rakennetun rummun välityksellä, riittäisi siihen monessa tapauksessa pienikokoinen putki.

Vesien kulun perusteella tarpeettomiksi on arvioitu yleensä tulvavesiä kokonaan tai osittain välittäviä rumpuja, jotka

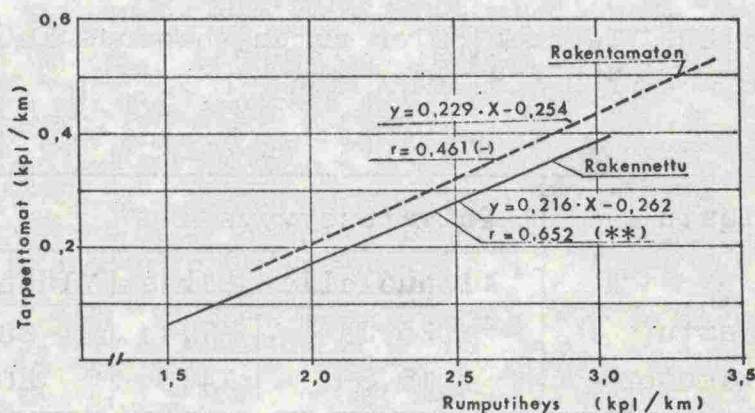
eivät kuitenkaan välitä läpikulkuvesiä. Tienvarsivesien juoksutusmatkat tarpeettomilla rummuilla on pääosaltaan alle 300 m. Läpikulkuvesien puuttuminen antaa paremmat mahdollisuudet vähäisten tienvarsivesien ja tulvavesien johtamiseksi esimerkiksi viereiseen läheiseen rumpuun.

Tutkittaessa tiemestaripiirien (15 kpl) keskimääräisen juoksutusmatkan (m) ja rumputiheyden (kpl/km) välistä yhteyttä saatiin korrelaatiokertoimiksi rakennetuille teille -0.494 ja rakentamattomille teille -0.246 . Korrelaatiokertoimien pienuus johtuu siitä, että juoksutusmatkojen keskimääräinen koko aineistosta laskettu summa on vajaa 60% tutkitusta tiepituudesta johtuen osaltaan siitä, ettei siltojen lukumäärää ole huomioitu. Tämän vuoksi juoksutusmatka voi vaihdella suurissa rajoissa rumputiheyteen nähden.

Tiemestaripiireittäin laskettu rumputiheyden (kpl/km) ja tarpeettomien rumpujen tiheyden (kpl/km) väliseksi korrelaatiokertoimeksi saatiin

- rakennetuille teille $0,652$ (**), merkitsevä
- rakentamattomille teille $0,461$ (-), ei merkitsevä.

Rakentamattomien teiden korrelaatiokerroin ei aivan saavuttanut 95% merkitsevyytensä. Regressiosuoran muoto verrattuna vastaavaan rakennettujen teiden suoraan antaa kuitenkin aiheen olettaa tiettyä riippuvuutta olevan (kuva 12). Tarkastelu tehtiin keskiarvolukuja käyttäen, joten tieosa-kohtainen tarkastelu antaisi ilmeisesti parempia arvoja. Tämän tutkimiseen ei tässä yhteydessä kuitenkaan ollut lähinnä ATK-teknisistä syistä mahdollisuutta.



Kuva 12. Tiemestaripiireittäin laskettu tarpeettomien rumpujen tiheys (kpl/km) rumputiheyden (kpl/km) funktiona.

Yli 10% rummuista poikkesi oikeasta kuivatussyvyydestä (taulukko 26). Kuivatustarpeeseen nähden liian syvälle perustetut rummut ovat seuraus painumisesta ja varsinkin rakentamattomilla teillä tulevan salaojituksen vaatiman syvyyden huomioimisesta. Liian ylös nousseet rummut ovat yleensä roudan nostamia.

Taulukko 26. Rumpujen poikkeaminen oikeasta kuivatussyvyydestä (%).

Tien laatu	Kuivatussyvyys		
	Alapuolella	Oikea	Yläpuolella
Rakennettu	9,3	89,1	1,6
Rakentamaton	5,8	87,6	6,6

Tarpeettomiksi arvioitujen rumpujen osuus on oikeasta poikkeavalla kuivatussyvyydellä korkea varsinkin rakennetuilla teillä (taulukko 27). Poikkeaminen on osoittanut selvästi, että muunlaiset ratkaisut voisivat tulla kyseeseen. Ylös jäänyt rumpu ei voi toimia samalla tavalla kuin ennen ja vesi saattaa kulkeutua osaksi muita teitä. Liian alhaalla oleva rumpu on useimmiten jonkinverran liettynyt (taulukko 12) ja toimii kuitenkin kohtalaisesti. Tällöin kyseisen rummun koko saattaa osoittautua tarpeettoman suureksi ja ainakin salaojituksen huomioon ottamisen osalta voisi muu ratkaisu olla edullisempi.

Taulukko 27. Tarpeettomien rumpujen osuus kuivatussyvyyden suhteen (%).

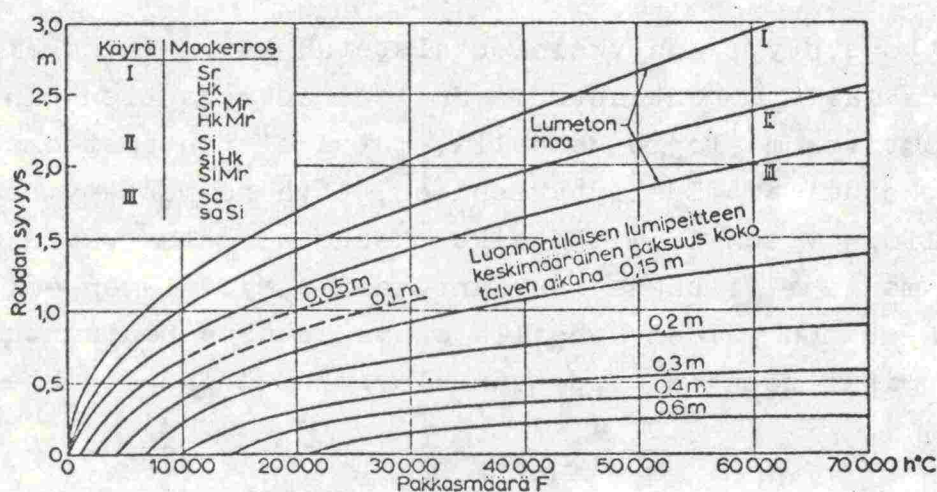
Tien laatu	Kuivatussyvyys		
	Alapuolella	Oikea	Yläpuolella
Rakennettu	23,2	7,4	22,7
Rakentamaton	15,8	14,6	20,2

2.5 ROUDAN VAIKUTUS RUMPUIHIN

2.51 Roudan syvyys

Roudan syvyys riippuu maalajien raekoosta, kapillaarisuudesta, vedenläpäisevyydestä, pohjaveden sijainnista yms. sekä ennen kaikkea pakkasmäärästä (F). Pakkasmäärällä tarkoitetaan pakkasasteiden ja niiden vaikutusajan tuloa ja yksikkönä on tuntiaste ($h^{\circ}C$).

Lumen suojaava vaikutus pakkasta vastaan on huomattava. Myös eri maalajeilla roudan syvyys vaihtelee (kuva 13).



Kuva 13. Roudan syvyyden riippuvuus talven pakkasmäärästä ja lumiolosuhteista.

Tämän tutkimuksen aikana 1977-78 tehdyt roudan syvyyshavainnot osoittavat, että routa oli yleensä syvemmillä verrattuna kauden 1960-1975 keskiarvoon eri vyöhykkeillä (taulukko 28).

Taulukko 28. Roudan syvyyden poikkeaminen kauden 1960-1975 keskiarvosta (cm).

Vuosi	kk	Ero keskiarvoon		
		I	II	III
1977	11	0	4	-8
	12	2	46	-6
1978	1	1	8	4
	2	24	30	25
	3	17	19	2
	4	24	9	-2

VYÖHYKKEET

- I Uusimaa, Turku, Häme, Vaasa
- II Kymi, Mikkeli, Pohjois-Karjala, Kuopio, Keski-Suomi, Keski-Pohjanmaa
- III Oulu, Kainuu, Lappi

Routaheitto voi syntyä myös muulla tavalla. Esimerkiksi rumpu voi nousta tierungon mukana, jolloin talviaikana ei tien pinnassa esiinny minkäänlaista heittoa. Routa alkaa sulaa sekä pinnalta että routarajalta, joskin pinnalta alkava on huomattavasti merkittävämpi. Vesien alkaessa virrata rummussa alkaa myös rummun alla oleva routa tässä tapauksessa routivassa maalajissa sulaa. Seurauksena on rummun ns. "putoaminen", joka saattaa tapahtua lyhyessä ajassa. Tällä tavalla syntyneet routaheitot voivat olla erittäin vaarallisia liikenteelle.

Routaheiton esiintyminen todettiin rumpukohtaisesti kevät-talvella. Routaheitoksi merkittiin sellainen kohta, joka aiheuttaa korjaustoimenpiteitä tai joka oli jo korjattu. Näin ollen kysymyksessä on tämän tutkimuksen yhteydessä aina korjattava routaheitto. Kriteerinä routaheittokohdan korjaamiseksi käytettiin sitä, että kohtaa autolla lähestyttäessä on auton ajonopeutta alennettava.

Routaheiton vaikutusta pyritään eliminoimaan jakamalla se pitemmälle matkalle siirtymäkiilan avulla. Sen syvyys riippuu roudan syvyydestä ja täyttömateriaalista.

Siirtymäkiilan pituus riippuu tien luokasta ja odotettavissa olevan routanousun suuruudesta. Alempiluokkaisilla teillä siirtymäkiillojen rakentaminen tapahtuu yleensä harkinnan mukaan. Pienistä rummuista saattaa kiilat puuttua kokonaan.

Routasuojuukseen voidaan käyttää erilaisia eristysmateriaaleja, kuten solumuovi ja kevytsora. Routaeristysmateriaalien soveltuvuus riippuu lähinnä seuraavista tekijöistä:

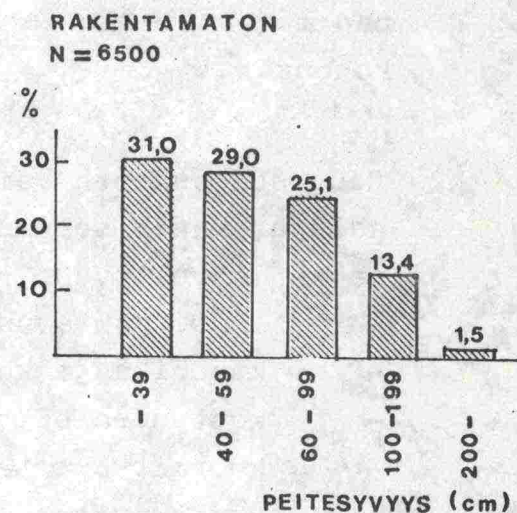
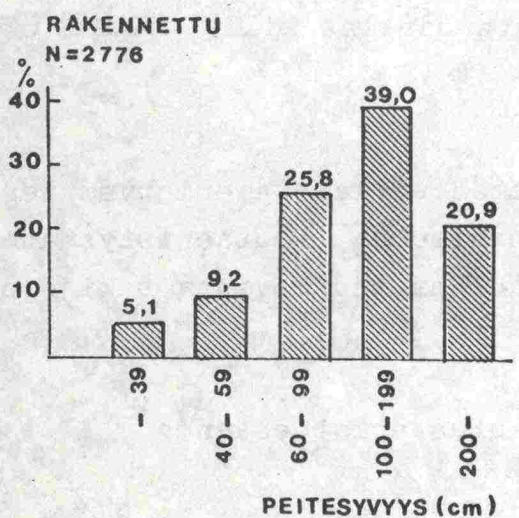
- lämmönjohtavuus
- kestoikä ja käyttöikä
- kosteuden pääsy ja vaikutus eristeeseen
- kuormituskestävyys
- kustannukset

2.53 Korjattavien routaheittojen esiintyminen

Routaheitot keskittyvät alempiluokkaisiin maanteihin ja paikallisteihin (taulukko 29). Rakentamattomilla teillä osuus on selvästi suurempi kuin rakennetuilla teillä. Rakentamattomat tiethän ovat yleensä vanhoja, sisältävät routivia materiaaleja ja siirtymäkiilat ovat puutteellisia. Rakentamattomat tiet on rakennettu maanpinnan muotoja noudattaen, mikä osaltaan selittää rumpujen peitesyvyyden pieniä arvoja. Toinen seikka on se, että routa nostaa rumpuja ylöspäin juuri routimisalueella (kuva 15).

Taulukko 29. Korjattavien routaheittojen määrä ja %-osuus laatu- ja tieluokittain.

Tieluokka	Rakennettu		Rakentamaton	
	kpl	%	kpl	%
Valtatie	20	2,9	-	-
Kantatie	20	6,3	-	-
Muu maantie	202	17,9	590	28,8
Paikallistie	142	21,6	1221	27,1
Yhteensä	384	13,8	1811	27,6



Kuva 15. Peitesyvyyden jakautuminen kaikkien rumpujen osalta (%).

Tiemestaripiirikohtaisesti korjattavien routaheittojen osuus vaihtelee huomattavasti (taulukko 9), joka riippuu tietysti paikallisista olosuhteista, kuten

- tiestön luokasta
- tiestön iästä
- maan laadusta
- rakentamistavoista
- siirtymäkiilojen rakentamisista korjausten yhteydessä
- maaston muodosta.

Ne tapaukset, joissa korjattavien routaheittojen osuus nousee yli 50%, antavat aiheutta epäillä, että lukuihin saattaa sisältyä myös sellaisia pienempiä routaheittoja, joiden tasaaminen ei ole välttämätöntä. Tässä tutkimuksessa tällaisia tapauksia esiintyi yhdessä tiemestaripiirissä rakennetulla ja yhdessä rakentamattomalla tiellä.

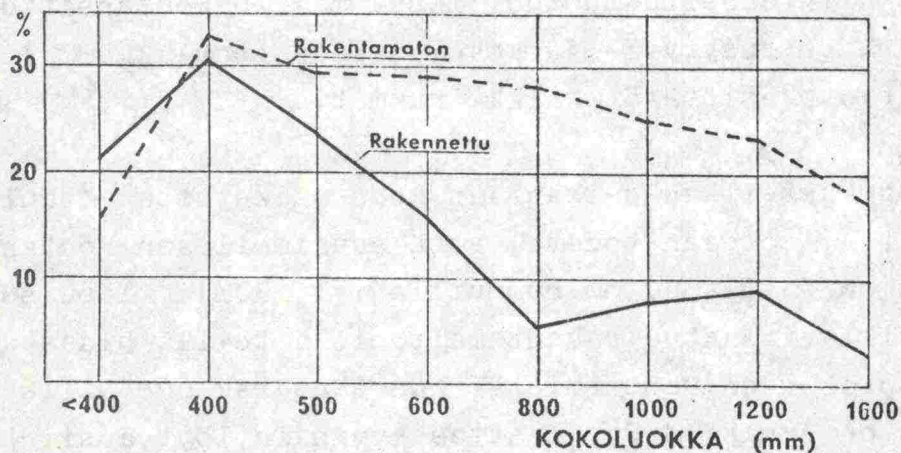
Mielenkiintoiselta tuntuu, missä määrin routaheittoja esiintyy eri peitesyvyys- ja kokoluokissa (taulukko 30). Taulukon arvot käsittävät kaikki rummut.

Jos tarkastellaan pelkästään koon vaikutusta (taulukko 30, kuva 16), voidaan todeta, että suurimmillaan routaheittojen osuus on \emptyset 400-500 mm rummuilla (yli 30%). Tätä suuremmilla rummuilla tapahtuu rakentamattomilla teillä hidasta routaheitto-osuuden vähenemistä, kun taas rakennetuilla teillä lasku on jyrkkä. Syy saattaa hyvinkin löytyä siirtymäkiilojen olemassaolosta. Voidaan päätellä, että rakennetuilla teillä siirtymäkiilat rakennetaan yleisimmin isojen rumpujen kohdalle (\emptyset 800 mm). Tämän tutkimuksen yhteydessä ei siirtymäkiilojen olemassaoloa kuitenkaan tutkittu, joten täytyy tyytyä vain suusanallisesti kuultuihin arviointeihin.

Merkittävä havainto on myös alle \emptyset 400 mm rumpujen suhteellisen vähäinen routaheitto-osuus.

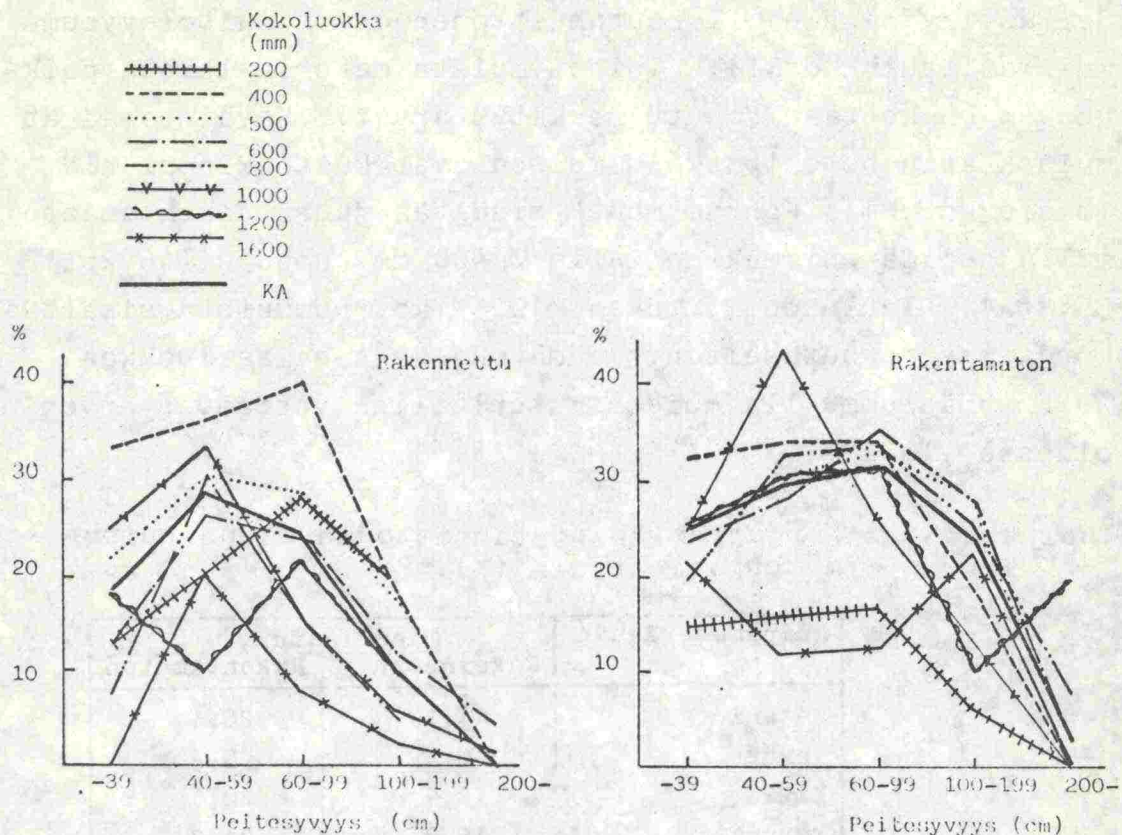
Taulukko 30. Korjattavien routaheittojen %-osuus laatu-, koko- ja peitesyvyysluokittain.

Tien laatu	Peitesyvyys (cm)	Rumpukokoluokka (mm)								Koko yht.
		200	400	500	600	800	1000	1200	1600	
Rakennettu	0-39	12,5	33,3	21,8	12,5	7,1	25,0	18,2	0	18,0
	40-59	20,0	36,0	30,1	26,2	30,4	33,3	10,0	20,0	28,5
	60-99	28,0	40,0	28,6	23,9	14,8	15,4	21,7	7,7	24,7
	100-199	18,2	17,8	17,5	11,6	4,9	5,5	10,2	2,1	9,6
	200-	-	0	0	4,5	0	1,5	0	0	0,9
	Ka	21,0	30,3	23,5	15,6	5,4	7,7	8,8	3,0	13,8
Rakentamaton	0-39	14,8	32,5	25,3	24,0	20,0	25,0	25,7	21,7	24,9
	40-59	16,1	34,1	30,7	28,2	33,0	43,5	30,8	11,8	29,6
	60-99	16,9	34,4	32,8	35,4	33,8	25,9	31,7	12,5	31,8
	100-199	6,1	19,0	28,7	28,3	26,0	12,8	10,2	22,7	24,3
	200-	0	0	0	3,0	8,3	0	20,0	0	3,9
	Ka	15,2	32,6	29,2	28,9	28,0	24,9	23,1	17,1	27,6



Kuva 16. Rumpun koon vaikutus routaheittojen osuuteen laatuluokittain (%).

Tarkasteltaessa pelkästään peitesyvyyden vaikutusta routaheitto-osuuteen (taulukko 30, kuva 17) kiinnittyy huomio ensiksi yli 200 cm peitesyvyyksiin. Niillä routaheittojen osuus on varsinkin rakennetuilla teillä minimaalisen pieni. Kysymyksessä ovat tällöin routarajan alapuolelle perustetut rummut, jolloin normaalin routimattoman ympäristäytön päälle on rakennettu pengeri. Materiaali voi olla uusittujen työselitysten mukaisesti routivaa materiaalia. Tällöin routiminen ei rumpun kohdalla aiheuta routaheiton muodostumista.



Kuva 17. Korjattavien routaheittojen osuus koko- ja laatu- luokittain eri peitesyvyyksillä (%).

Rakennetuilla teillä peitesyvyysluokassa 100-199 cm on routaheittojen osuus myös suhteellisesti alhainen. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että siirtymäkiilat on rakennettu huolella. Pienemmillä peitesyvyyksillä siirtymäkiiloja ei todennäköisimmin ole kaikkiin kohtiin rakennettu.

Kokoluokan vaikutus tulee esiin selvästi myös kuvassa 17 Rakentamattomilla teillä kokoluokittain piirretyt käyrät ovat hyvin lähellä keskiarvoa eli hajonta on pieni. Rakennetuilla teillä tilanne on toisenlainen. Merkittävänä poikkeuksena on yksinomaan alle \varnothing 400 mm rummut, joiden kohdalla routaheitto-osuus on pieni lähes kaikilla peitesyvyyksillä tien laadusta riippumatta.

Tavanomaisesti rakennettu rumpu vaatii tietynpaksuisen arinan ja ympärystäytön. Pienillä peitesyvyyksillä rummun viereisen rakenteen ollessa routivaa syntyy pakosta epätasaista routanousua. Pienillä rummuilla on ehkä mahdollista vähentää arinan ja vaadittavan peitesyvyyden arvoja, joka samalla voisi vaikuttaa routanousuun sitä alentavasti (kuva 17). Nykyään kokeillaankin erilaisia rakenneratkaisuja pienten muovi- ja teräsputkien markkinoille tulon myötä.

Selvästi vähäisin oli routaheittojen osuus aaltolevyrummuilla (taulukko 31). Toinen muista materiaaleista poikkeava on kohtaan "muut" merkityt arvot. Havaintomäärät muissa kuin betoniputkirummuissa ovat kuitenkin pieniä (taulukko 9). Kohta "muut" sisältää juuri rakentamattomilla teillä enimmäkseen alle \emptyset 400 mm rumpuja (46 kpl 55:stä). Taulukon 31 mukaan 10,5% ko. rummuista sisältää korjattavan routaheiton. Tämä on lähes samaa luokkaa kuin teräsrummuilla muiden materiaalien vastaavan arvon ollessa yli 20%.

Taulukko 31. Korjattavien routaheittojen osuus rumpumateriaaleittain (%).

Rumpumateriaali	Tien laatu	
	Rakennettu	Rakentamaton
Betoni	14,1	28,1
Teräs	0	9,4
Kivi	10,1	22,1
Puu	16,7	21,2
Muu	28,6	10,5

Routaheitto on yhteydessä myös rumpujen kuntoon ja toimivuuteen. Liettyneillä ja taipuneilla rummuilla routaheitto on todennäköisempi (taulukko 32). Taipuman kohdalla asia on parempi sanoa kääntäen eli, että routaheittokohdan rumpu on todennäköisemmin taipunut. Erot eivät ole suuria, mutta ovat oleellisia.

Etukäteen tuntuisi selvältä, että korjattavien routaheitto-kohtien kohdalla sauma- ja rengasvauriot olisivat yleisiä. Rakentamattomilla teillä ei ole näin (taulukko 32). Pienistä peitesyvyyksistä (kuva 15) johtuen vauriot aiheutuvat enemmän ilmeisesti kelirikkoaikana liikenteen vaikutuksesta.

Taulukko 32. Korjattavan routaheiton esiintyminen rumpujen kuntoa ja toimivuutta kuvaavilla muuttujilla (%).

Muuttuja		Tien laatu	
		Rakennettu	Rakentamaton
Liettyneisyys	Ei	12,5	25,3
	On	16,0	31,1
Taipuma	Ei	13,0	26,5
	On	16,5	30,1
Rengasvauriot	Ei	13,4	27,6
	On	26,6	26,8
Saumavauriot	Ei	12,9	28,3
	On	19,1	25,7

3. JOHTOPÄÄTÖKSET

3.1 RUMPUJEN MÄÄRÄ JA MITOITUS

3.11 Tarpeettomien rumpujen vaikutus kunnossapitokustannuksiin

Rummun toteaminen tarpeettomaksi vaatii seurantaan vesien kulusta ja arviointia siitä, mitä rummun poistaminen tai korvaaminen muulla toimenpiteellä vaikuttaa. Sivuojan syventäminen, rummun korvaaminen tulvapatkella, liittymärummun rakentaminen, pienen painanteen muotoilu yms. saattavat olla edellytyksenä rummun poistamiselle.

Rummun arviointi tarpeettomaksi ei välttämättä merkitse sen välitöntä poistamista. Vasta tarpeettomaksi arvioidun rummun vaatiessa kunnossapitotoimenpiteitä on aihetta tarkemmin arvioida rummun korvaamista muulla ratkaisulla. Tällaisina kunnossapitotoimenpiteinä tulevat kysymykseen rummun uusiminen, korjaaminen tai routaheiton jatkuva esiintyminen rummun kohdalla.

Tutkimuksen mukaan yleisillä teillä on tarpeettomiksi arvioituja päätierumpuja 23 220 kpl. Näistä korjattavia routaheittoja esiintyy 3760 kappaleella (taulukko 33) eli 22 kpl keskimääräistä tiemestariپیriä kohti.

Taulukko 33. Korjattavien routaheittojen arvioitu määrä tarpeettomaksi arvioidujen rumpujen osalta yleisillä teillä.

Tien laatu	Tarpeettomia (kpl)	Korjattava routaheitto tarpeettomilla rummuilla	
		(%)	(kpl)
Rakennettu	4730	15,0	710
Rakentamaton	18490	16,5	3050
Yhteensä	23220		3760

Erityisesti rakentamattomilla teillä routa nostaa rumpuja ylöspäin ja aiheuttaa korjaus- ja uusimistarvetta. Rumpuja joudutaan uusimaan keskimäärin 5% kaikista rummuista vuodessa. Voidaankin karkeasti arvioida, että noin 10% korjattavien routaheittojen kohdalla olevista rummuista joudutaan uusimaan vuosittain. Kaikkien näiden uusiminen kestää 10 .

Seuraavassa on tarkasteltu kustannuspohjaisesti tarpeettomiksi arvioitujen rumpujen uusimista ja routaheittojen korjausta verrattuna korvaavaan toimenpiteeseen. Tutkimuksesta saatujen tietojen pohjalta yleisimmät korvaavat ehdotukset olivat sivuojan syventäminen ja tulvapatken tai yleensä pienen putken tilalle asettaminen. Vertailussa onkin puolet ajateltu korvattaviksi sivuojaratkaisulla ja toinen puoli pienellä (\emptyset 200 mm) muovi- tai teräsputkella. Osa rummuista olisi poistettavissa ilman mitään muita toimenpiteitä, mutta tätä laskelmissa ei ole otettu huomioon.

LÄHTÖTIEDOT

Keskimääräinen tarpeettomaksi arvioitu uusittava rumpu:

- koko \emptyset 400-500 mm
- kaivussyvyys 1,3 m
- pituus 10 m.

Kaivava kone KKH 11 (103 mk/h).

Sivuojaa kaivettava tutkimuksen mukaan tarpeettomaksi arvioidusta rummusta viereiseen

- rakennetulla tiellä 200 m
- rakentamattomalla tiellä 100 m.

KKH 11:n kapasiteetti 45 m/h massapoistumalla 0,6 m³ktd/m.

Yksikkökustannukset (vuoden 1978 hintataso):

- | | | |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|
| - rummun uusiminen | 4000 mk/kpl | |
| - routaheiton korjaus
(2 kertaa vuodessa,
230 mk/kerta) | 460 | "- |
| - siirtymäkiilan rakent.
(1:30) | 6000 | "- |
| - rummun poisto ja kuopan
täyttö | 1500 | "- |
| - rummun poisto ja pienen
putken rakentaminen | 2200 | "- |
| - sivuojan kaivu | 2,30 | mk/m |
| - pieni muovi- tai teräs-
rumpu (materiaalikustan-
nus, koko 200 mm) | 50 | "- |
| - pienen routakiilan (esim.
1:10) rakentaminen | 1300 | mk/kpl |
| - kaivumaiden kuljetus
(4-5 km) | 6 | mk/m ³ itd |

TAVANOMAINEN MENETTELY

I	Rummut uusitaan ilman suurempia siirtymäkiiloja. Tällöin rummun uusiminen ei välttämättä poista kuitenkaan routaheiton esiintymistä	
	Routaheittojen korjaus 3760 kpl/v	1,73 Mmk/v
	10% uusitaan vuosittain 376 "-"	1,50 "-"
		<u>3,23 Mmk/v</u>
		32,3 Mmk/10 v
		=====

II	Rakennetaan normien mukaiset siirtymäkiilat, jolloin routaheittoja ei tarvitse myöhemässä vaiheessa korjata.	
	Routaheiton korjaus (vähenee vuosittain)	9,52 Mmk/10 v
	10% rummuista uusitaan vuosittain ja rakennetaan siirtymäkiilat	3,76 Mmk/v
		<u>47,12 Mmk/10 v</u>
		=====

KORVAAVA TOIMENPIDE

Rummun poisto + sivuojan syventäminen (2 v aikana)

-	poistaminen ja täyttö	1880 kpl	2,82 Mmk
-	sivuojan syvent.		
-	- rakennettu tie 200 m/kpl	355 "	0,16 "
-	- rakentamaton tie 100 m/kpl	1525 "	0,35 "
-	kaivumassojen kuljetus		1,05 "
-	1 vuoden routaheittojen korjaus	940 kpl	<u>0,43 "</u>
			4,81 Mmk

Rummun poisto + pienen putken rakentaminen (2 v aikana)

-	poistaminen ja täyttö	1880 kpl	2,82 Mmk
-	Ø 200 mm muovi- tai teräspankin rakentaminen (materiaalin osuus)	1880 kpl	0,94 "
-	pienen routakiilan (esim. 1:10) rakentaminen	1880 kpl	2,52 "
-	1 vuoden routaheittojen korjaus	940 kpl	<u>0,43 "</u>
			6,71 Mmk
			<u>11,52 Mmk</u>
			=====

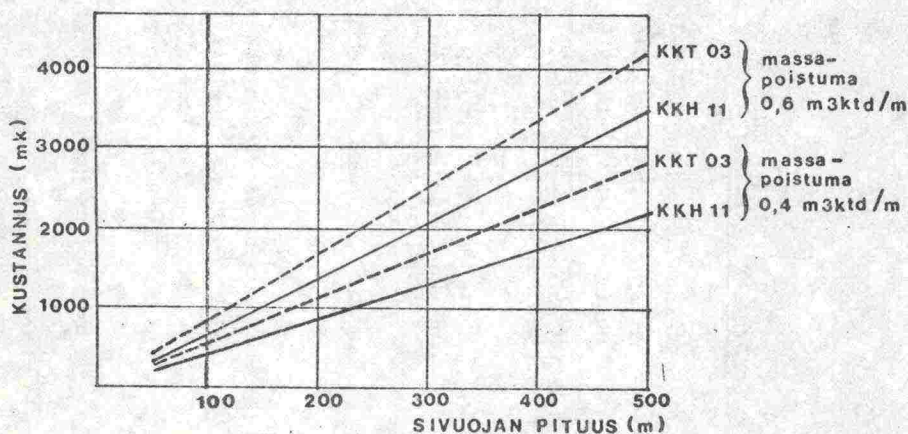
Jos toimenpiteet voitaisiin tehdä laskelmien osoittamassa laajuudessa, olisi säästö 10 vuoden aikana 30-35 Mmk. Tiemestariipiiriä kohti tulisi korvattavia rumpuja keskimäärin 22 kpl, jotka 2 vuoden aikana on mahdollista poistaa ja korvata tarvittavilla toimenpiteillä. Kaikkiaan työ vaatisi noin kuukauden yhtäjaksoisen työajan.

Sivuojan osalta on otettava huomioon syventämisen vaikutus luiskien kaltevuussuhteisiin. Monessa tapauksessa selvittää kuitenkin pienillä perkaustoimenpiteillä, joten laskelmissa arvioitu keskimääräinen massapoistuma 0,6 m³ktd/m on mieluummin suuri kuin pieni.

Yksittäistapauksena keskikokoisen rummun poistaminen ja sivuojan kaivu on vielä edullista suorittaa, vaikka ojaa olisi kaivettava yksi kilometri. Aivan pienen rummun uusimisen ollessa kysymyksessä kannattaa laskelmat tehdä tarkemmin, koska tällöin muiden toimenpiteiden kustannus saattaa helposti nousta korkeammaksi. Ajan mittaan saattaa hyväkin rumpu vaurioitua ja aiheuttaa kunnossapitotoimia. Poistamalla rumpu välttyään varmemmin myöhemmiltä korjauskustannuksilta.

Yksittäistapauksien laskennallinen vertailu voidaan sivuojan syventämistratkaisun osalta tehdä kuvan 18 perusteella. Siin on laskettu sivuojan kaivun ja kaivumassojen kuljetuksen (4-5 km) kustannus. Käytetyt yksikköhinnat ovat:

- KKT 03 75 mk/h
- KKH 11 103 "
- kuljetus (4-5 km) 6 mk/m³itd.



Kuva 18. Sivuojan syventämisen kustannus enimmäisohjevuokrien mukaan laskettuna.

Jos rummun kohdalla oleva routaheitto on joka vuosi uudelleen korjattava, aiheutuu siitä vuosittain noin 460 mk menojä. Rummun poiston (\emptyset 500 mm) kustannus on noin 1500 mk ja esim. 150 m sivuojan syventäminen maksaa KKH:lla (0,4 m³kt/d/m) 650 mk kuljetuksineen eli yhteensä 2150 mk. Näin ollen jo viiden vuoden kuluttua on investointi tullut kannattavaksi pelkästään routaheiton korjauksen kustannukseen verrattuna.

Kuljetusten osuus kustannuksista kaivettaessa KKH:lla on 70% ja KKT:lla 55%, jos kuljetusetäisyys on 4-5 km. Jos kaivumassat voidaan jättää maanomistajan luvalla ojan viereen, voidaan kuljetuksen osuus vähentää kuvasta 18. Edellisen esimerkin mukaan tulisi investointi kannattavaksi jo neljän vuoden kuluttua.

Rummun poiston kustannus voi olla pienempi, mitä esimerkiksi on arvioitu. Kysymys on lähinnä siitä voidaanko kaivumateriaalia käyttää rumpukuopan täyttämiseen. Enimmäisohjevuokrien mukaan laskien kaivutyö on yleensä edullista tehdä hydraulisella kaivinkoneella. Tiemestaripiireissä on kuitenkin käytössä traktorikaivureita, joiden tuntihinta on selvästi alle enimmäisohjevuokrien. Tällöin voidaan käyttää kuvan 18 mukaisia hydrauliselle kaivinkoneelle laskettuja käyriä.

Korjaustoimenpiteitä tarpeettomissa rummuissa aiheuttavat myös rikkonaiset renkaat, auenneet saumat ja liian lyhyet rummut. Varsinkin auenneiden saumojen osalta ei korjaustarve aina ole välitön, mutta ilmeisesti kuitenkin lähitulevaisuudessa tapahtuvaa.

Yli 70% rummuista, joissa esiintyy rengasvaurioita, sisälsi myös saumavaurioita. Rikkonaisten renkaiden yhteydessä auenneiden saumojen lukumäärä oli 3,3 kpl/rumpu silloin, kun auenneita esiintyi. Noin 60% tapauksista sisälsi alle 3 kpl auenneita saumoja, jos kaikki saumavaurioita sisältävät rummut huomioidaan (taulukko 19).

Edellä on käsitelty tarpeettomien rumpujen poistamistoimenpiteitä routaheiton esiintyessä. Rikkonaisia renkaiden si-

sältäviä tarpeettomia rumpuja, joissa ei korjattavaa routaheittoa esiintynyt, oli rakennetuilla teillä noin 0,3% ja rakentamattomilla teillä 1,2%. Vastaavat luvut auenneiden saumojen osalta olivat 1,3% ja 4,6% (taulukko 34).

Myös liian lyhyeksi jääneet rummut aiheuttavat korjaustöitä. Lyhyiksi jääneitä rumpuja on yleisillä teillä suhteellisen paljon (taulukko 21). Liian lyhyet rummut ovat yleensä kohdissa, missä ei myöskään routaheittoa esiinny. Tämä on luonnollista, sillä siellä missä routa huomattavasti vaikuttaa niin myös rummut nousevat ajan kuluessa ylöspäin. Tien leventyessä pysyy rumpu noustessaan oikean mittaisena. Muutoin rumpun noustessa ylöspäin muodostuisi siitä ylipitkä ja niitä ei tutkimuksessa esiintynyt paljoa. Kaikkiaan oli lyhyiksi jääneitä tarpeettomia rumpuja, joissa ei esiintynyt korjattavaa routaheittoa, auenneita saumoja eikä rikkonaisia renkaita, rakennetuilla teillä 10,2% ja rakentamattomilla teillä 13,3% (taulukko 34).

Taulukko 34. Yleisillä teillä olevat tarpeettomat, korjauksen tarpeessa olevat rummut, joissa ei esiinny routaheittoa (kpl).

Korjauksen aiheuttava toimenpide	Tien laatu		Yhteensä (kpl)	Kpl/keskim. tm-piiri
	Rakennettu	Rakentamaton		
Rumpurengas rikki	150	1470	1620	9
Sauma auki (ei renkaita rikki)	540	4390	4930	28
Liian lyhyitä (ei renkaita rikki eikä saumoja auki)	480	2460	2940	17
Yhteensä	1170	8320	9490	54

Taulukossa 34 esitetyt lukumäärät ovat maksimimääriä. Yhden rumpurenkaan vähäinen rikkoutuminen tai sauman aukeaminen ei edellytä heti tehtävää korjausta. Tutkimusvaiheen aikana ei läheskään kaikista rummuista voitu saada tarkkoja tietoja rumpun keskikohdan renkaiden ja saumojen kunnosta. Korjausmäärien epätarkkuudesta johtuen ei mitään kokonaiskustannusvertailua ole mahdollista tehdä. Parempi vaihtoehto on yksittäistapausten käsittely.

Reunimmaisten rumpurenkaiden vaatiessa korjaustoimia kannattaa etukäteen selvittää myös rumpun keskiosan kunto. Jos se osoittautuu huonoksi, on koko rumpu uusittava.

Matka työkohteeseen ja liikenteen työnaikainen järjestely yms. muodostavat merkittävän osan ajasta verrattuna 1-2 yksittäisen rumpurenkaan korjausaikaan. Materiaalikustannukset alenevat, jos on mahdollisuus käyttää tien reunan kaivumaita täytössä. Varsinkin rakennetuilla teillä reunimmaiset rummut sijaitsevat luiskassa, jossa kaivussyvyys ei ole kovin suuri. Yhden rikkonaisen renkaan korjaus edellyttää myös seuraavan rumpun esiin kaivamista, jotta perustaminen voidaan tehdä kunnolla. Taulukkoon 35 on laskettu muutamia kustannuksia käyttäen toimintayksikköä (v.1978 hintataso):

- traktorikaivuri (KKT 03) + kuorma-auto + 3 työntekijää
- toimintayksikön kustannus 200 mk/h

Taulukko 35. Betoniputkirenkaiden korjauksen laskettu kustannus tietyllä toimintayksiköllä.

Toimenpide	Ø 500 mm (rakentamaton tie)	Ø 800 mm (rakennettu tie)
1 rengas uusittava	400 mk/m	470 mk/m
2 rengasta uusittava	350 "	430 "
1 rengas molemmista päistä uusittava	300 "	370 "

Jos on kysymys pelkästä sauman korjauksesta, pätee taulukon 35 arvot vähentämällä rumpumateriaalin hinta (Ø 800 mm \cong 150 mk/m, Ø 500 mm \cong 75 mk/m).

Tarpeettoman rumpun vähäinen korjaaminen on sillä hetkellä yleensä kustannusmielessä edullista. On kuitenkin syytä tapaus kerrallaan pohtia, onko myöhemmin odotettavissa lisää korjaustoimia, lietteen poistamista yms. Näin ollen on hyvinkin edullista korvata rumpu muulla keinolla, jolloin tulevista korjaamisista vältytään kokonaan.

Kaikkiaan tarpeettomiksi arvioiduissa rummuissa oli tutkimus-
hetkellä jonkinasteista korjaustarvetta noin 57%. Yleisten
teiden osalta tämä merkitsee 13 250 rumpua eli 7,6% kaikis-

ta rummuista. Yleisten teiden pituuden mukaan 5,6 km tietä sisältää yhden tällaisen rummun. Tämän perusteella voidaan jokaiselle tiemestaripiirille laskea arvio tarpeettomien, jonkinasteisen korjaustarpeen sisältävien rumpujen lukumäärästä.

Saman tiepiirin alueella olevissa tiemestaripiireissä n:o 2, 3 ja 4 on tarpeettomuusprosentti selvästi keskiarvon yläpuolella (taulukko 9). Niissä on tarpeettomuus arvioitu ilmeisesti tarkemmin, sillä vähäinenkin mahdollisuus rummun poistamiseen pienen putken tilalle asettamalla on otettu huomioon. Suunnilleen puolet tarpeettomista näissä tiemestaripiireissä on tällaisia tapauksia. Voisikin väittää, että kriittinen arviointi tarpeellisuudesta lisäisi tarpeettomien määrää tässä tutkimuksessa esitettyä enemmän.

Kunnossapitäjän kannalta erittäin hyvä keino esittää korjaustarpeessa olevat rummut on laatia luettelo, josta selviää toimenpide ja sijainti. Toimenpiteille voidaan määrätä kiireellisyysluokka, jolloin kunnossapitäjällä on mahdollisuus etukäteen arvioida tarvittavat resurssit. Luettelo rumpujen kunnossapidon tarpeesta on hyvä muistiväline, ettei tarpeettomia, korjauksen tarpeessa olevia rumpuja uusittaisi, vaan tehtäisiin edullisempi toimenpide.

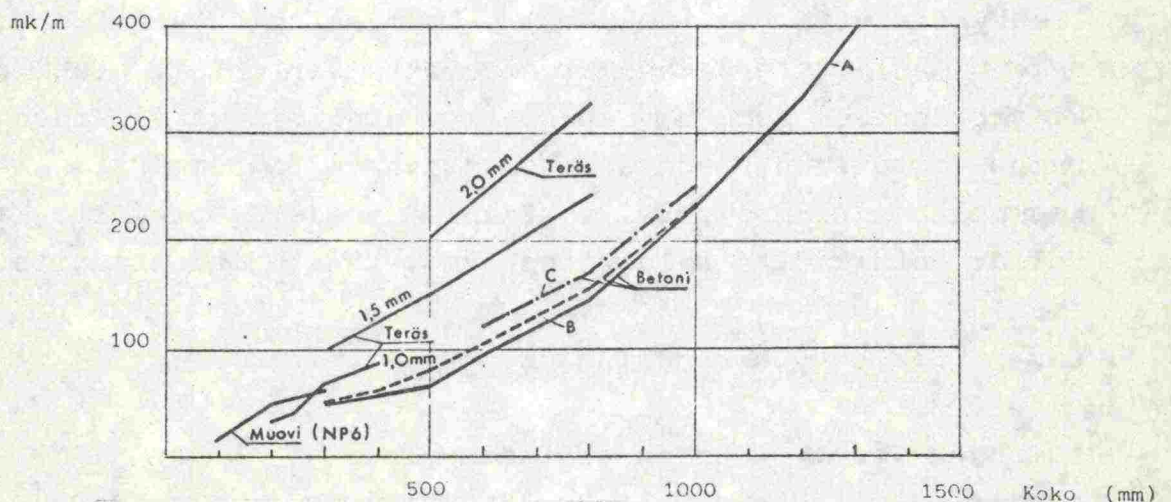
3.12 Rummun koko ja kustannukset

Rummun aukon koon määrittämisen lähtökohtana on valuma-alue, minkä lisäksi otetaan huomioon rummun kaltevuus ja padotus. Kuivatuksen suunnitteluohjeiden mukaan on pyöreän päätierummun pienin koko \varnothing 500 mm. Perusteluna on yleensä, että kunnossapidettävyyttä vaatii rummulle tietyn vähimmäisaukon. Tämä riippuu mm. rummun pituudesta. Hankalin kunnossapitotoimenpide pienikokoisella rummulla on puhdistus, sillä rummun sulatukseen on kehitetty jo pätevä keino. Rummun puhdistus tehdään miestyönä pitkävartisilla lapioilta. Työ on hankalaa ja hidasta. Puhdistustöitä on kuitenkin mahdollisuus vähentää ja kehittää uusia menetelmiä (kts. kohta 3.2). Pelkästään kunnossapitotoimien perusteella ei ilmeisesti näinollen voida asettaa näin suurta vähimmäisvaatimusta rumpujen koolle.

Mahdollisuuksia koon pienentämiseen on olemassa, kun tarkastellaan liettyneiden rumpujen suurta määrää (taulukko 10). 35-40% rummuista on liettynyt vähintään 1/4 halkaisijan suhteen laskettuna. Rummut kuitenkin toimivat tyydyttävästi. Kuva 3 osoittaa, että alle 1000 mm rummuilla liettyneisyys on samaa luokkaa. Alle 400 mm rummuilla pieni liettyneisyys on kuitenkin merkittävästi vähäisempää. Pienemmällä rummulla on parempi mahdollisuus varsinkin pienillä peitesyvyyksillä saavuttaa suotuisampi kaltevuus ja sen ansiosta hyvä virtaus.

Rummun koon pienentämien on jo materiaalihintojen perusteella kustannuskysymys. Kuvaan 19 on kerätty muutamia materiaalihintatietoja vertailun vuoksi. Esimerkiksi yksi 800 mm betoniputki maksaa yhtä paljon kuin kaksi 500 mm betoniputkea. Pienemmän rummun rakentaminen vaatii luonnollisesti vähäisemmän kaivu- ja täyttötöön. Verrattaessa edelleen 800 mm rumpua 500 mm rumpuun saavutetaan työkustannuksissa suunnilleen samansuuruinen säästö kuin materiaalikustannuksissa. Keskimääräisillä arvoilla laskien säästö on yhteensä runsas 150 mk/m.

Alle 400 mm muovi- ja teräsputket ovat hinnaltaan lähes samaa luokkaa kuin betoniputkirummut (kuva 19). Rumpujen puhdistuksessa on alettu kokeilla painevesipuhdistusta. Tämä helpottaa huomattavasti puhdistustyötä eikä rummun koolle ole merkitystä. Menetelmä soveltuu lisäksi hyvin yhtenäisille rumpuputkille, joissa paineveden saumoille aiheuttamia vaurioita ei tapahdu.



Kuva 19. Muutamia eri lähteistä koottuja rumpumateriaalihintatietoja.

Pienen muovi- tai teräsputken etuna on asentamisen helppous ja nopeus. Sora-arinaa ei tarvitse rakentaa, vaan pohjan tasoitus esim. ohuella hiekkakerroksella riittää. Täyttöma-teriaalina voidaan käyttää edellisen rummun poistamisen kaivumaita. Näin saadaan roudan haitallista vaikutusta vähennettyä. Rummun paikalle asettaminen nopeutuu, koska koko putki voidaan laskea kerralla kuoppaan.

Pienen muoviputkirummun rakentamisen kustannus on tehtyjen tutkimusten mukaan noin 1000 mk/kpl rumpupituudella 8 m (v.1978 hintataso). Kustannus on noin 4 kertaa pienempi kuin Ø 400-500 mm betoniputkirummun rakentaminen. Muovi-putken hinta betoniputkiin verrattuna nousee jyrkästi koon suuretessa. Jo Ø 500 mm ja sitä suurempien muoviputkirumpujen rakentaminen tulee nykyisillä hintasuhteilla kalliimaksi. Joillekin tiemestaripiireille on tehty edullisia tarjouksia myös isoimmista muovi- ja teräsrummuista. Näiden käytössä saatavat kokemukset ovat tarkemmin saatavissa vasta muutaman käyttövuoden jälkeen.

Hyvissä olosuhteissa voidaan pieni muoviputki (Ø 200-300 mm) asentaa tutkimusten mukaan jopa tunnissa. Tämä edellyttää vähäliikenteistä tietä sekä kaivutyössä tehokasta kaivinkonetta.

Myös myöhemmän kuivatustarpeen ennakointi (esim. salaojitus) aiheuttaa helposti liian suuren koon valinnan. Lisäksi tällaiset rummut joudutaan usein perustamaan syvemmälle, mitä senhetkinen tarve edellyttäisi. Tämä taas lisää rummun liettyneisyyttä (taulukko 12). Eräs ratkaisu voisi olla rakentamalla tulevaa kuivatustarvetta varten oma pieni putki varsinaisen rummun alapuolelle. Tällöin varsinainen rumpu voitaisiin rakentaa huomattavasti pienemmäksi ja korkeammalle. Alempi putki voitaisiin varustaa pienellä kaivolla, jota kautta salaojitus- yms. vedet johdettaisiin.

3.2 TOIMIVUUDEN PARANTAMINEN

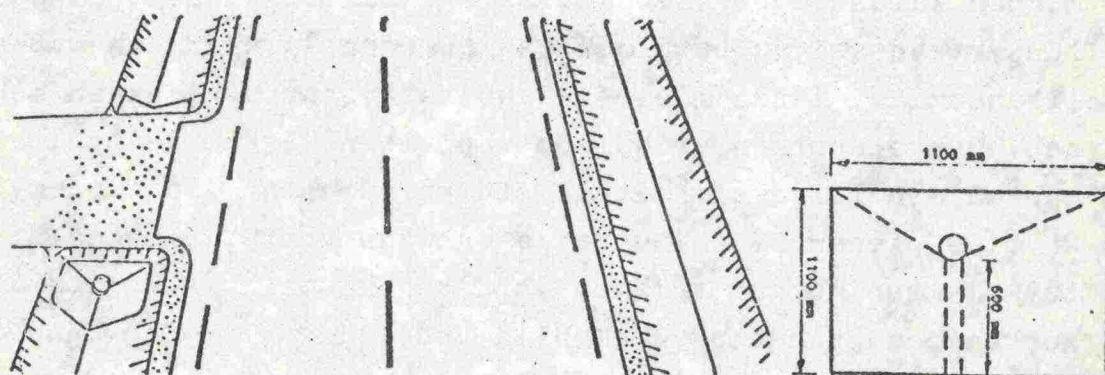
Rumpujen liettyminen on erittäin yleistä. Kuvan 1 mukaan puhdistustöitä tehdään noin 11% kaikista töistä kappalemääräisesti laskien.

Liettymisalttius on suurin rummuissa, joiden laskuojat ovat huonossa kunnossa (taulukko 15). Lietettä kertyy rumpuun nopeasti puhdistuksen jälkeen, ellei veden virtausta helpoteta laskuojan kunnostamisella. Monissa tapauksissa jo pelkkä laskuojan aukaisu riittäisi rummun puhdistumiseen virtauksen parantuessa rummussa.

Liettyneen rummun kohdalla on myös syytä arvioida sen tarpeellisuutta. Varsinkin, jos rumpu on lisäksi korjauksen tarpeessa tai liian syväälle perustettu, on ilmeisesti edullista korvata rumpu muulla toimenpiteellä.

Pienten rumpuputkien vähäinen liettyminen on kuvan 3 mukaan vähäisempää kuin isojen. Epäedullisissa olosuhteissa pienet rummut liettyvät kuitenkin helposti lähes umpeen. Ruotsissa on kokeiltu sivuojarummuissa (200-300 mm) kuvan 20 mukaista ratkaisua. Tarkoitus on eliminoida kasvillisuuden aiheuttama virtausnopeuden lasku rummussa, mikä auttaa rummun liettymistä. Viiden vuoden seuranta on osoittanut, että kyseiset sivuojarummut ovat pysyneet puhtaina.

Suojien asentaminen kestää raportin mukaan 1 tunti/rumpu ja maksaa 1978 hintatasossa noin 200 Skr/rumpu (asennus+materiaali). Ratkaisua on sovellettu sivuojarumpuihin, mutta mikään ei estä asentamista pieniin päätierumpuihin. Monet päätierummut ovat soveltuvia siinä mielessä, että niiden kautta johdetaan pieniä vesimääriä. Tällöin myös liettymisen vaara on suuri.



Kuva 20. Eräs keino pienen rummun (200-300 mm) puhtaana pysymiseksi.

Rummun puhdistus on hankala toimenpide nykyisillä menetelmillä. Ruotsissa on kokeiltu ja käytetty puhdistukseen painevesihuuhtelua. Huuhteluputken pää on varustettu erikoissuukappaleella. Vesisuihku suuntautuu taaksepäin tehden huuhteluputken tunkeutumisen helpoksi ja kuohkeuttaen lietekeerrostumia.

Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan kestää Ø 500 mm ja 10 m pituisen rummun puhdistus jatkuvana työnä

- 20% liettyneisyysasteella 50 min/rumpu
- 100% "- 120 "- .

Vastaavien liettyneisyysasteen omaavien rumpujen puhdistuksen kustannus on 130 Skr/rumpu (20% liett.aste) ja 350 Skr/rumpu (100% liett.aste). Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. Työn voi tehdä periaatteessa yksi mies ellei rummusta tulevaa lietettä jouduta poistamaan esimerkiksi imemällä se tankkiin ja kuljettamalla muualle. Tämä lisää luonnollisesti puhdistuksen kustannusta.

Myös ruotsalaisessa tutkimuksessa korostetaan voimakkaasti laskuojien puhdistusta. Monissa tapauksissa pelkkä laskuojan aikaisu riittää rummun puhdistumiseen. Ellei rumpu puhdistu, voidaan sitä helpottaa painevesihuuhtelulla. Hyvä laskuojan virtaus kuljettaa lietteen itsestään eteenpäin eikä lietteen poistamista muulla keinolla tarvita.

Pienenä vaarana painehuuhtelulle ovat saumat. Tämä tuli esille eräässä tiemestaripiirissä, jossa käytettiin palokunnan kalustoa puhdistuksessa. Saumoista saattaa huuhtelun yhteydessä valua aineksia rumpuun ja näin aiheuttaa lisäharmia. Tässä mielessä ruotsalaisen tutkimuksen mukaisen huuhteluputken erikoissuukappaleen käyttö saattaa vähentää oleellisesti haitallista vaikutusta. Voidaan myös käyttää pienempää painetta ja enemmän vettä. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan tämä on yhtä tehokasta kuin käyttämällä korkeampaa painetta vähemmällä vedellä. Saumojen ongelmasta päästään myös käyttämällä yhtenäisiä muovi- ja teräsputkia.

Laskuojan kunnossapito tiealueen ulkopuolella edellyttää vesilain mukaan maanomistajan lupaa. Tasaisessa maastossa laskuojat ovat yleensä pitkiä. Ehkä osin näistä syistä kunnossapitäjät eivät ole kiinnittäneet tarpeeksi huomiota laskuojien kuntoon ja rumpujen liettyminen on näin muodostunut yleiseksi. Monessa tapauksessa rummun alapuolisen laskuojan perkaus muutaman kymmenen metrin matkalta jo auttaisi asiaa. Tällöin voitaisiin siirtää "suvantokohta" pois rummun alueelta. On luonnollisesti huolehdittava siitä, että toimenpiteestä ei aiheuteta haittaa kenellekään.

Betoniputkirenkaiden saumojen aukeamisen ehkäisemiseksi käytetään paljon siderautoja, joilla putkien keskinäinen liike pyritään estämään. Tiemestarit käyttävät paljon siderautoja, vaikka niistä ei ole normeissa mitään ohjeita. Sideraudat ovat tukemassa myös asennusvaiheessa. Eräiden tutkimuksenaikaisten hajanaishuomioiden mukaan oli myös sellaiset rummut korjauksen tarpeessa, joissa siderautoja oli käytetty. Ilmeisesti rumpujen taipuminen ajan mittaan painumisten yms. vaikutuksesta on niin voimallista, etteivät sideraudat pysty sitä estämään.

3.3 RUMPUJEN KUNNOSSAPIDON TYÖMÄÄRÄN VÄHENTÄMISMAHDOLLISUUDET

Edellä on kerrottu paljon tarpeettomiksi arvioitujen rumpujen poistamisesta ja korvaamisesta muilla toimenpiteillä. Kustannussäästöjä on laskettu saavutettavan. Näin ei kuitenkaan tapahdu hetkessä. Ensin on toimenpiteet tehtävä ja vasta niiden jälkeen voidaan rumpuihin kohdistuvien työmäärien vähentyminen havaita, koska nimenomaan korjausta vaativat rummut voidaan usein kokonaan poistaa.

Pelkkä rummun puhdistus lietteestä on yleensä turhaa, ellei huolehdita samalla laskuojan kunnan parantamisesta. Huono laskuojan virtaus aiheuttaa liettymistä ja veden seisomista rummussa. Tämä lisää myös rummun umpeenjäätymisalttiutta. Laskuojan puhdistus pienelläkin matkalla helpottaa rummun toimivuutta. Monessa tapauksessa pelkkä laskuojan perkauksen rummussa aiheuttama virtausnopeuden kasvu puhdistaa rummun. Myös uudet menetelmät rummun puhdistamiseksi ja

puhtaanapysymiseksi vähentävät ja helpottavat puhdistustöitä. Tällöin myös rumpujen kokoja voidaan tietyissä tapauksissa pienentää, jolla kustannusmielessä on suuri merkitys.

Samassa yhteydessä tulevat kysymykseen myös uudet rumpumateriaalit, joita on yhä enenevässä määrin alettu käyttää. Vasta muutamien vuosien seuranta uusista rumpuratkaisuista osoittaa, mitkä rakenteet ovat edullisia ja käyttökelpoisia. Nyt jo voidaan kuitenkin todeta, että pienten yhtenäisten putkien asentamisen helppous ja nopeus on suuri "valtti", jota useassa tapauksessa on vaikea ohittaa. Myös kalliiden siirtymäkiillojen rakentamisesta useimmissa tapauksissa vältetään.

Tarpeettomien rumpujen yhteydessä esiintyi yli 16% rummuilla korjattava routaheitto. Routaheittokohta joudutaan korjaamaan talven aikana yleensä kahdesti joskus jopa kolmasti. Routaheitto esiintyy useammin liettyneillä kuin puhtailla rummuilla (taulukko 32). Toimivuuden parantamisella on siis vaikutusta myös roudasta aiheutuvien korjaustoimenpiteiden vähentämiseksi. Liettyneessä rummussa veden virtaus on huono ja joskus aivan olematon, jolloin edellytykset roudan syntymiseen ovat olemassa. Myös rummun jäätyminen umpeen on tällöin todennäköisempää.

Kuvan 16 mukaan alle \varnothing 400 mm rummuilla korjattavan routaheiton osuus oli selvästi alhaisempi lähes kaikilla peitesyvyyksillä. Pienet rummut on helppo rakentaa yhtenäisistä putkista, joiden perustusalusta ja ympärystäyttö ei aseta niin suuria vaatimuksia kuin esim. betoniputkirummut. Tällöin roudan vaikutus ei muodostu kovin voimakkaaksi.

Rumpujen kunnossapitotöitä helpottaa huomattavasti rumpujen luettelointi, josta selviää rummun kunto, tarvittavat toimenpiteet ja korjaustöiden kiireellisyys. Eräistä tutkimuksessa mukana olleista tiemestaripiireistä laadittiin tällainen luettelo, jonka perusteella voidaan piirtää tietoja myös karttapohjalle. Kun on etukäteen tiedossa kaikkien rumpujen tarvitsemat toimenpiteet, voidaan ne tehdä yhtäaikaan. Tällöin vältetään turhilta aikaavieviltä siirtomatkoilta ja aloitus- ja lopetustoimilta. Myös työn tehokkuuden parantumiselle on edellytykset tällöin olemassa.

KIRJALLISUUTTA

1. Tilastotietoja tien- ja sillanrakennustoiminnasta 1977. TVH, Tutkimustoimisto 1978. TVH 712894.
2. Yleisten teiden kunnossapito. Tilasto 1977. TVH, Tutkimustoimisto. TVH 712895.
3. Tien kunnossapito. Tie- ja vesirakennuslaitos. TVH 3000. Kajaani 1976.
4. Kunnossapidon standardit. Työnsuunnittelu. TVH 7.292.
5. Varsinainen kunnossapito 1977. Litteraraportti. Tie- ja vesirakennuslaitos.
6. Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Marraskuu 1977 - toukokuu 1978. Ilmatieteen laitos. Helsinki 1977-78.
7. Tietoja yleisistä teistä 1.1.1978. Tierekisteri. Elokuu 1978. TVH, Talousosasto, Tutkimustoimisto.
8. Kivelä H. Aallotettujen teräsrumpujen käytöstä tie- rakenteissa. Diplomityö. Helsinki 1977.
9. Lehtipuu E. Tutkimuksia teiden kuivatuksesta. Helsingin teknillinen korkeakoulu, Tie- ja liikennetekniikan laitos. Tietekniikka. Julkaisu 21. 1973.
10. Ojitus- ja putkitustyöt. Tienrakennustyöt, yleinen työselitys. Tie- ja vesirakennuslaitos 1979. TVH 732457.
11. Kuivatuksen suunnittelu. Eripainos teiden suunniteluohjeista. Tie- ja vesirakennushallitus. TVH 722824.
12. Pohjarakennusohjeet 1979. Standardi SFS 4315. RIL 121.
13. Mäkelä H. Rakennusten routasuojaus. Maansiirto 2/79.

14. Roudan syvyyshavainnot 1977-78. Tie- ja vesirakennus-
hallitus, Maatutkimustoimisto.
15. Maanleikkaus- ja pengerrystyöt. Tienrakennustyöt,
yleinen työselitys. Tie- ja vesirakennuslaitos 1979.
TVH 732459.
16. Rensning av väg- och sidotrummor med högtrycksspolning.
Arbetsstudierapport. Statens Vägverk, Arbetstekniska
kontoret. 1976.
17. Slam- och vegetationsskydd vid sidotrummor. DDa-
rapport. Statens Vägverk, Arbetstekniska kontoret.
1978.