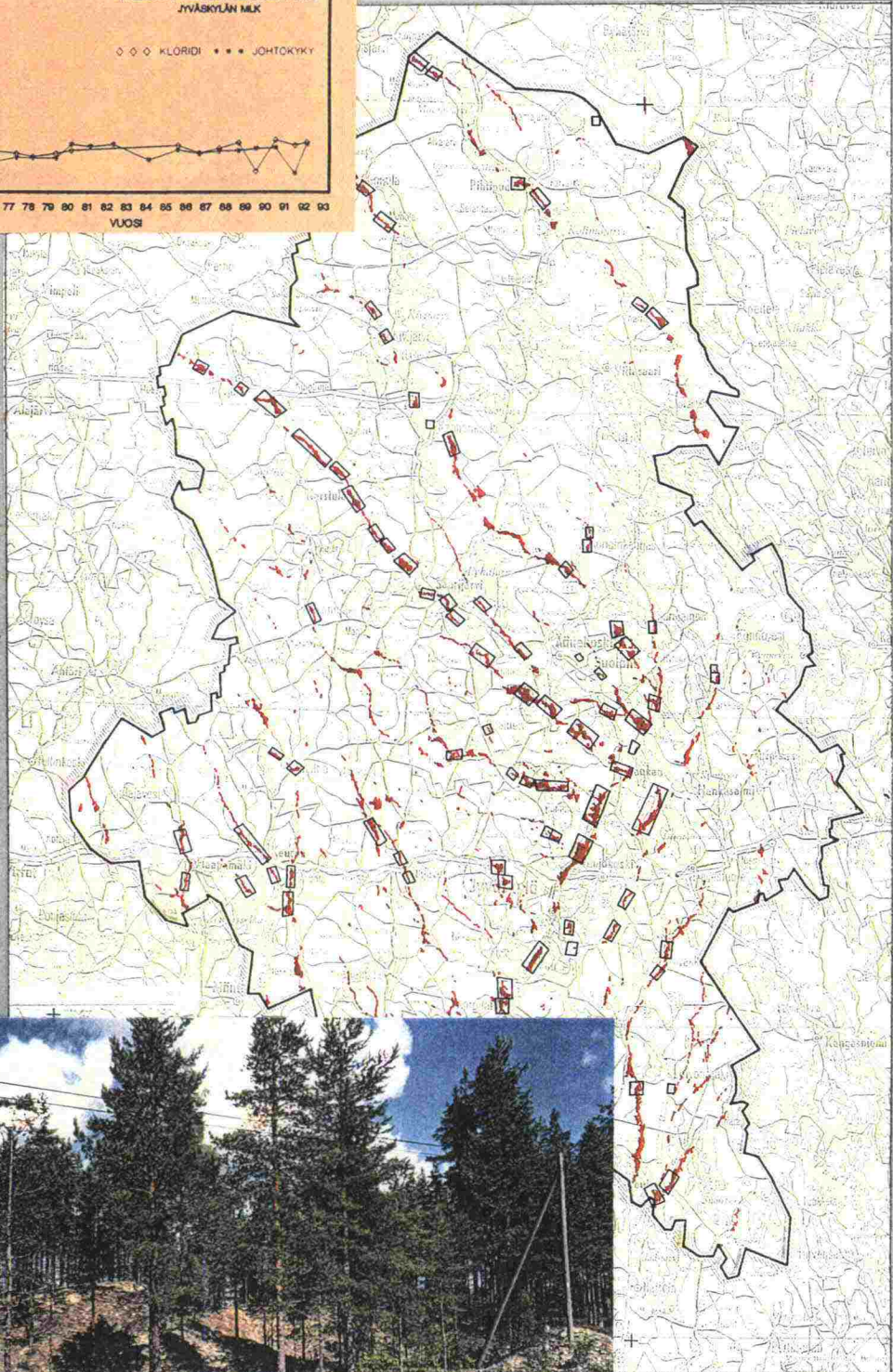
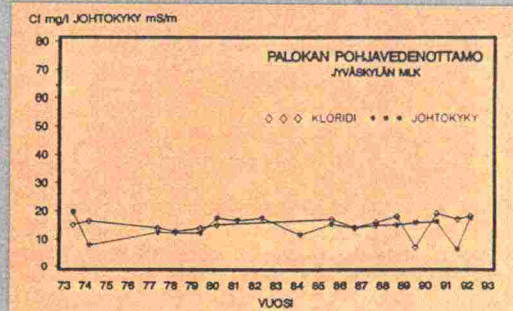


Tielaitos

Keski-Suomen tiepiirin yleisten teiden ympäristön tila

Osa 1: Pohjavesialueiden riskikartoitus



Jyväskylä 1994

Keski-Suomen tiepiiri

08 TIEL / Kes



Tielaitos
Kirjasto

Doknro: 958283
Nidenro: 958401

Tiivistelmä

Pohjavesialueiden riskikartoituksen tavoitteena oli selvittää yhdyskuntien vedenhankinnalle tärkeiksi määritellyille pohjavesialueille tieliikenteestä ja teiden kunnossapidosta aiheutuvia pilaantumisriskejä. Lisäksi selvitettiin alueiden suojausmahdollisuuksia ja -kustannuksia.

Selvitys on osa Keski-Suomen tiepiirin vuosina 1992-94 tehtävää yleisten teiden ympäristön tilaselvitysprojektia. Muut selvityksen osat ovat melu, ilmanlaatu, luonto, maisema ja kulttuuriympäristö sekä taajamatieselvitys.

Riskinarviointi tehtiin vesi- ja ympäristöhallituksen kehittämällä menetelmällä, jossa pisteytettiin 11 tienpitoa, pohjavesialueen hydrogeologiaa ja alueen vedenhankintakäyttöä kuvaavaa tekijää. Selvityksessä käytiin läpi kaikki läänin I-luokan pohjavesialueet, joilla sijaitsee valtatie, kantatie tai muu vilkkaasti liikennöity maantie.

Työn tuloksena muodostui luettelo alueista, joihin kohdistuu suurin tiesuola-kuormitus ja joiden vedenlaatua erityisesti kloridipitoisuuden osalta tulee seurata sekä luettelo alueista, joiden pilaantumisalttius on suurin vaarallisten aineiden kuljetusten yhteydessä mahdollisesti tapahtuvien onnettomuuksien seurauksena.

Pohjavesialueiden vedenlaadun kloridipitoisuus ei ole hälyttävä yhdelläkään vedenottamalla, mutta raakaveden laatua tulee seurata monin paikoin jatkuvasti. Erityisesti seurattavia kohteita ovat Kirrin, Kalettoman, Kirkkorannan, Niemenharjun, Voudinniemen ja Mällykäisen vedenottamot.

Kaksikymmentä pohjavesialuetta sijaitsee merkittävien vaarallisten aineiden kuljetusreittien läheisyydessä. Vaarallisten aineiden kuljetusten aiheuttaman vakavan onnettomuuden todennäköisyys tutkituilla alueilla on teoriassa yksi onnettomuus 35 vuodessa. Suurin onnettomuustodennäköisyys on valtatie 13 vaikutuspiirissä olevilla pohjavesialueilla Saarijärven, Karstulan ja Kyyjärven seudulla.

Riskialteimpien alueiden suojaaminen vaativaa suojaustapaa käyttäen maksaisi noin 57 miljoonaa markkaa ja kaikkien tutkittujen alueiden suojaaminen noin 170 miljoonaa markkaa. Piirin alueen ensisijainen suojauskohde on Lintukankaan pohjavesialue Jyväskylän maalaiskunnassa (Kirrin vedenottamo).

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	2
2	RISKIKARTOITUS JA SEN TULOKSET	3
2.1	Riskikartoitusmenetelmä	3
2.2	Kartoituksen tulokset	4
2.2.1	Tiesuolaukselle riskialttiit pohjavesialueet	4
2.2.2	Vaarallisten aineiden kuljetuksille riskialttiit pohjavesialueet	8
3	SUOJAUSMENETELMÄT JA -KUSTANNUKSET	10
3.1	Luiskasuojausmenetelmät ja niiden käyttö	10
3.2	Luiskasuojauksien rakennuskustannukset	13
4	RISKIALTTIIDEN POHJAVESIALUEIDEN SUOJAUSKUSTANNUKSET	15
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET	17
	KIRJALLISUUS	20
	LIITTEET	
Liite 1	Tienpidon ja tieliikenteen pohjavesialueille aiheuttaman riskin arviointilomake	
Liite 2	Vaarallisten aineiden kuljetusreitit Keski-Suomessa	
Liite 3	Rakennuskustannusten arvioinnissa käytettyjen luiskasuojausmenetelmien poikkileikkaukset	
Liite 4	Yhteenvetotaulukko käsitellyistä pohjavesialueista	
Liite 5	Selvityksessä mukana olleet pohjavesialueet	
Liite 6	Luettelo pohjavesialueista kunnittain ym.	
Liite 7	Pohjavesialueiden kokonaisriskipisteluvut	

1 JOHDANTO

Tieliikenne ja teiden kunnossapidossa käytetty tiesuola saattavat uhata vesihuoltomme kannalta tärkeitä pohjavesialueita. Suomessa tiet on usein rakennettu harjuille ja hiekkakankaille, koska ne ovat olleet teiden rakentamisen ja kunnossapidon kannalta parasta maapohjaa. Harjualueet ovat kuitenkin tavallisesti myös tärkeitä pohjavesialueita ja niiden pohjavesivaroja hyödynnetään usein kuntien vedenhankintaan.

Yleisiä teitä Keski-Suomen pohjavesialueilla on hieman yli 200 kilometriä. Tästä valta- ja kantateitä on 52 kilometriä. Vuosina 1991-1992 Keski-Suomen alueella tehdyssä selvityksessä havaittiin, että pääteiden läpi talven jatkuva tiesuolaus oli nostanut selvästi pohjaveden natrium- ja kloridipitoisuuksia tutkituilla alueilla. Pohjaveden kohonnut kloridipitoisuus lisää veden korrodoivuutta. Tästä saattaa aiheutua korroosiohaittoja vesijohdoille ja -kalusteille. Tiesuolausta on sittemmin vähennetty useilla pohjavesialueilla olevilla tieosuuksilla.

Vaarallisten aineiden tiekuljetukset ovat myös uhkana pohjavesialueille. Jos säiliöauto-onnettomuuden yhteydessä pääsee pohjavesialueella vuotamaan haitallisia aineita, saattaa se pilata koko pohjavesialueen ja saattaa mahdollisesti alueella sijaitsevan vedenottamon käyttökieltoon. Vaarallisten aineiden tiekuljetuksista 2/3 osaa tapahtuu linjan Pori-Tampere-Imatra eteläpuolella, joten VAK-kuljetusten uhka kohdistuu suurelta osin Etelä-Suomeen.

Tiesuolauksen ja vaarallisten aineiden kuljetusten aiheuttamaa riskiä on mahdollista pienentää. Pohjavesialueilla olevien tieosuuksien luiskat voidaan suojaustoimenpiteillä eristää siten, ettei valumavesien mukana kulkeutuva tiesuola pääse imeytymään maaperään pohjavesialueella, vaan se voidaan ohjata pohjavesialueen ulkopuolelle. Toinen ja myös tuntuvasti halvempi tapa on yksinkertaisesti vähentää tiesuolausta pohjavesialueella. Suojatulla tieosuudella ei myöskään vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuudessa tielle ja luiskiin mahdollisesti valunut haitallinen aine pääse imeytymään pohjaveteen, vaan torjuntakalusto voi kerätä sen talteen tieluiskasta.

Selvityksen tavoitteena oli arvioida, minkäasteisen uhan tiesuolaus ja vaarallisten aineiden kuljetukset muodostavat Keski-Suomen pohjavesialueille ja miten tätä uhkaa olisi mahdollista pienentää. Selvityksessä on arvioitu erilaisia suojausmahdollisuuksia ja niistä aiheutuvia rakennuskustannuksia sekä pohdittu, pienentäisivätkö mahdollisesti rakennettavat suojaukset pohjavesialueisiin kohdistuvaa riskiä merkittävässä määrin.

2 RISKIKARTOITUS JA SEN TULOKSET

2.1 Riskikartoitusmenetelmä

Tienpidon ja tieliikenteen pohjavesialueilla aiheuttamia riskejä selvitettiin tiehallituksen ja vesi- ja ympäristöhallituksen laatiman kolmiosaisen riskinarviointimenetelmän mukaisesti (Liite 1). Selvityksen yhteydessä käytiin läpi kaikki Keski-Suomen läänin alueella olevat I luokan pohjavesialueet, joilla kulkee valtatie, kantatie tai vilkkaammin liikennöity maantie. Selvityksessä oli mukana yhteensä 60 pohjavesialuetta.

Kartoituksen ensimmäisessä osassa pyrittiin selvittämään kunkin pohjavesialueen alttiutta tienpidon ja tieliikenteen vaikutuksille. Tätä pyrittiin selvittämään arvioimalla harjun rakenteen ja pohjaveden virtaussuuntien suhdetta tien sijaintiin pohjavesialueella. Arvioissa tarkasteltiin seuraavia tekijöitä.

- pohjaveden virtaussuunta vedenottovyöhykkeen ja tien välisellä alueella
- tien sijainnin suhde pohjavesialueeseen
- virtausta estävät tekijät
- pohjavesimuodostuman vedenläpäisevyys
- imeytymiskerroin tien läheisyydessä

Arvioissa tukeuduttiin vesi- ja ympäristöpiirin pohjavesiselvityksiin sekä maastotarkastusten yhteydessä tehtyihin havaintoihin. Samassa yhteydessä hankittiin tiedot alueilla olevista vedenottamoista tai mahdollisista tulevaisuudessa toteutettavista vedenhankintasuunnitelmista.

Kartoituksen toisessa osassa selvitettiin pohjavesialueilla sijaitsevien tieosuuksien hoitoluokituksen mukainen tiesuolaus. Selvityksessä käytettiin syksyllä 1992 käyttöön tullutta uutta hoitoluokitusta. Samassa yhteydessä selvitettiin pohjavesialueilla olevien vedenottamoiden kloridipitoisuuden kehitys sekä tiesuolauksen yhteys muutaman vedenottamon kohonneeseen kloridipitoisuuteen. Tiedot vedenottamoiden raakaveden kloridipitoisuuksista saatiin Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiirin pohjavedenottamojen laatutiedostosta.

Kartoituksen kolmannessa vaiheessa selvitettiin läänin alueen vaarallisten aineiden pääkuljetusreitit (Liite 2). Myrkyllisten aineiden, syövyttävien aineiden, myrkyllisten kaasujen, palavien kaasujen ja räjähdystarvikkeiden osalta tukeuduttiin liikenneministeriön laatimaan viisivuotisselvitykseen vaarallisten aineiden tiekuljetuksista. Tiedot öljykuljetusten pääkuljetusreiteistä saatiin Suunnittelukeskuksen tekemästä selvityksestä. Keski-Suomen kuntien ympäristönsuojelusihteereille lähetettiin kysely kunnan alueella tapahtuvista vaarallisten aineiden kuljetuksista. Kyselyn tulos jäi kuitenkin vähäiseksi.

Pohjavesialueet pisteytettiin vesi- ja ympäristöhallituksen laatiman ohjeen mukaisesti (Liite 1). Kaavakkeen kohdista 1-8 saatu pistemäärä kuvaa pohjavesialueen alttiutta tieliikenteen ja tienpidon aiheuttamalle uhalle. Kohdista 9-10 saatava pistemäärä kuvaa pohjavesialueeseen kohdistuvaa tiesuolakuormitusta ja kohdasta 11 saatava pistemäärä vaarallisten aineiden kuljetusten määrää pohjavesialueella. Taulukossa 1 on esitetty teoreettiset minimi- ja maksimipistemäärät kohdittain.

Taulukko 1. Riskikartoituksen teoreettiset minimi- ja maksimipistemäärät kohdittain.

	Myöhemmässä yhteydessä kohtaa kuvaava termi	Minimipistemäärä	Maksimipistemäärä
Kohdat 1-8, Pohjavesialueen alttiutta tieliikenteen ja kunnossapidon vaikutuksille	Herkkyys	20	69
Kohdat 9-10, Pohjavesialueeseen kohdistuva suolakuormitus	Suola	0	19
Kohta 11, Vaarallisten aineiden kuljetusmäärä pohjavesialueella	Vak	0	8

2.2 Kartoituksen tulokset

2.2.1 Tiesuolaukselle riskialttiit pohjavesialueet

Hoitoluokituksen mukaan I-kunnossapitoluokkaan kuuluvia teitä suolataan läpi talven keliolosuhteiden niin vaatiessa, II-kunnossapitoluokkaan kuuluvia teitä pyritään suolaamaan vain syksyn ja kevään pahimmilla liukkailla. III-kunnossapitoluokan teillä tiesuolausta ei käytetä lainkaan.

Siten I-kunnossapitoluokkaan kuuluvat tiet aiheuttavat pahimman uhan pohjavesialueille, koska niillä käytettävät suolamäärät ovat moninkertaiset verrattuna alempiin hoitoluokkiin. Vuosina 1987-1991 I-kunnossapitoluokan teillä käytettiin suolaa n. 8 - 12 tn/tiekilometri/talvi. II-kunnossapitoluokan teillä suolaa käytetään n. 500 - 1000 kg/tiekilometri/talvi.

Keski-Suomessa on tällä hetkellä (joulukuu 1992) yhdeksän pohjavesialuetta, jotka ovat ympäri talven suolattavan tien (I-kunnossapitoluokka) vaikutuspiirissä (Taulukko 2). Kyseisillä pohjavesialueilla on yhteensä 7 pohjavedenottamoita.

Taulukko 2. Keski-Suomessa sijaitsevat pohjavesialueet, joihin kohdistuu tälle hetkellä suurin tiesuolakuormitus (I kunnossapitoluokan tie) sekä riskikartoituksen pisteet.

Kunta	Pohjavesialue	Riskiluku			
		9-10 suola	11 vak	1-8 herkk.	yht.
Jyväskylän mlk	09 180 01 Lintukangas	10	6	58	74
Jyväskylän mlk	09 180 07 Oravisaari	10	8	38	56
Joutsa	09 172 02 Kirkkokangas	10	8	47	65
Jyväskylä	09 179 51 Seppälänkangas	10	2	58	70
Keuruu	09 249 05 Kaleton	10	1	58	69
Pihtipudas	09 601 01 Niemenharju	10	1	56	67
Saarijärvi	09 729 01 Voudinniemi	10	4	54	68
Kuhmoinen	09 291 01 Mällykäinen	10	6	53	69
Muurame	09 500 01 Suuruskangas	10	4	36	50

Tiesuolauksen aiheuttamaa pohjaveden kloridipitoisuuden nousua on havaittu Lintukankaalla sijaitsevalla Kirrin vedenottamolla, jossa kloridipitoisuus on noussut vuodesta 1987 lähtien vajaat 10 mg/l. Kloridipitoisuus oli 21 mg/l vuonna 1992. Tiesuolauksen aiheuttamaa raakaveden kloridipitoisuuden nousua on havaittu myös Keuruun Kalettoman ja Saarijärven Voudinniemen vedenottamoilla. Kalettoman pohjavedenottamolla kloridipitoisuus on noussut 80-luvun puolivälin jälkeen keskimäärin 6 mg/l ollen 21 mg/l vuonna 1992. Voudinniemen vedenottamolla kloridipitoisuus on kaksinkertaistunut 1970-luvun alun pitoisuuksiin verrattuna ollen 21 mg/l vuonna 1990. Verrattain hitaasta kloridipitoisuuksien noususta voidaan päätellä, etteivät kyseiset alueet ole erityisen herkkiä tiesuolauksen vaikutuksille. Vedenottamoilta analysoidut kloridipitoisuudet eivät ole tässä vaiheessa hälyttäviä, mutta tilanteen kehittymistä tulee ehdottomasti seurata tulevaisuudessa. Jos kloridipitoisuudet kasvavat jatkossakin, tulee harkita suolauksen vähentämistä tai pohjavesialueen suojausta.

Pihtiputaan Niemenharjun pohjavedenottamolla ei ole havaittu minkäänlaisia tiesuolan vaikutuksia ottamon raakavedessä, vaikka vt 4 on aivan vedenottamon valuma-alueella. Tämä todennäköisesti aiheutuu tieluiskien huonosti vettä läpäisevästä maa-aineksesta, mikä estää suolapitoisten valumavesien imeytymisen maaperään ja pohjaveteen kevätsulannan aikana.

Muuramen Suurusharjun pohjavedenottamon vedenlaatuun tiesuolauksella ei ole mitään vaikutusta, sillä tie ei sijaitse ottamon valuma-alueella. Muuramen Suurusharjua on myös suunniteltu käytettävän Jyväskylän kaupungin vedenhankintaan. Pohjavesiselvitysten mukaan uusi ottamo tulisi sijoittamaan lähellä nykyistä ottamoa, joten tiestä ei koituisi haittaa myöskään uudelle ottamolle.

Jyväskylän maalaiskunnan Oravisaaren pohjavesialueelle ei ole rakennettu ottamoa eikä aluetta ole muutoinkaan suunniteltu hyödynnettävän laajempaan vedenottoon. Selvityksen mukaan nykyisellä paikallaan olevalla kt 59:llä ei ole vaikutusta arvioituun vedenottovyöhykkeeseen. Suunnitteilla on kuitenkin kt 59:n perusparannus, jolloin valtatie linjattaisiin nykyistä lännemmäksi. Tässä tapauksessa tiesuolauksella todennäköisesti tulisi olemaan vaikutusta vedenottovyöhykkeeseen, ellei pohjavesialueella rakennettavaa tieosuutta suojata.

Joutsan Kirkkokankaan alustavasti tutkitulla vedenottovyöhykkeellä olevasta havaintoputkesta pumpattiin kesällä 1992 vesinäyte, jonka kloridipitoisuus oli 2,8 mg/l. Tämän mukaan tiellä ja sen suolauksella ei ole minkäänlaista vaikutusta vedenlaatuun, vaikka tie sijaitsee pohjavesialueen rajauksen mukaan vedenottovyöhykkeen valuma-alueella. Jatkossa olisikin selvittävä, onko tiealueella hydraulista yhteyttä vedenottovyöhykkeeseen vai onko välissä esimerkiksi pohjaveden virtauksen estävä kalliokynnys.

Kuhmoisten Mällykäisen vedenottamo ottaa vetensä osaksi myös vt 4:n suunnasta. Vedenottamolla on ollut havaittavissa tiesuolauksen vaikutuksia vuosina 1988-89, jolloin ottamo oli vielä Kuhmoisten kunnan pääottamo. Tällöin suurin havaittu raakaveden kloridipitoisuus oli 29 mg/l. Nyttemmin ottamon raakaveden kloridipitoisuus on laskenut arvoon 12 mg/l vuonna 1992.

Jyväskylän Seppälänkankaan Pupuhuhan vedenottamo on Metsä-Serlan Kankaan paperitehtaan käytössä. Raakaveden kloridipitoisuutta on seurattu viimeksi 80-luvun alkuvuosina, jolloin kloridipitoisuus oli 10-20 mg/l. Seppälänkankaalla mt 637 tullaan suojaamaan tulevaisuudessa tehtävän perusparannuksen yhteydessä.

Multian Kirkkorannan ottamalla raakaveden kloridipitoisuus on noussut 1980-luvun loppua kohden, vaikka pohjavesialueella ei sijaitse I-kunnossapitoluokan tietä. Taajama-alueen tiestöä on todennäköisesti muutoin suolattu normaalia runsaammin. Myös asutuksella on voinut olla vaikutusta pohjaveden suolapitoisuuteen. Raakaveden kloridipitoisuus oli 29 mg/l vuonna 1992.

Vuosina 1991-1992 tehdyn tutkimuksen yhteydessä havaittiin tiesuolauksen lisännen selvästi pohjaveden kloridipitoisuuksia Karstulan Kimingin ja Pöngän, Laukaan Sulkusillan ja Paviljongin sekä Keuruun Haapamäen vedenottamoilla. Näillä alueilla on sittemmin suolausta vähennetty huomattavasti ja kloridipitoisuudet ovat jo alkaneet laskea Karstulan Pöngän ja Laukaan Sulkusillan vedenottamoilla. Todennäköisesti kloridipitoisuudet lähtevät laskuun muillakin ottamoilla. Haapamäen vedenottamon valuma-alueella olevan vt 23:n suolauksen vähentäminen saattaa olla hankalaa alueella olevan liittymän ja tien mäkisyyden vuoksi.

Kootun aineiston perusteella voidaan todeta, ettei II-kunnossapitoluokan teillä vuosittain käytetyillä suolamäärillä (500 - 1000 tn NaCl/km) ole merkittävää vaikutusta pohjaveden kloridipitoisuuteen. Kloridipitoisuuden nousu on hyvin marginaalista, millä ei ole käytännön merkitystä. Sama johtopäätös voidaan tehdä normaalin kesäsuolauksen (1000 - 1800 tn CaCl₂/km) vaikutuksista. Käytetyt kesäsuolamäärät ovat kuitenkin olleet suurempiakin, kun pohjavesialueella sijaitsevan tieosuuden varrella on ollut taajama-asutusta. Tällöin on jouduttu kuivina kesinä suolaamaan tieosuutta useampaan kertaan tien aiheuttamien pölyhaittojen estämiseksi. Tämänkaltaiset tieosuudet on kuitenkin pyritty päällystämään kunnossapidon helpottamiseksi. Päällystystä ei kuitenkaan välttämättä tarvita sellaisilla pohjavesialueilla olevilla sorateilla, joiden varressa ei ole asutusta. Tällöin käytettävät kesäsuolamäärät ovat tavallisesti niin vähäisiä (korkeintaan 1500 kg CaCl₂/km) ettei niistä koidu merkittävää haittaa harjupohjavesille.

Tiesuolaus ei tällä hetkellä muodosta merkittävää uhkaa Keski-Suomen pohjavesialueille. Uhanalaisten vedenottamoiden (Jyväskylän mlk:n Kirrin ottamo, Keuruun Kalettoman ottamo, Multian Kirkkorannan ottamo, Pihtiputaan Niemenharjun ottamo, Saarijärven Voudinniemen ottamo ja Kuhmoisten Mällykäisen ottamo) raakaveden kloridipitoisuutta tulee seurata vähintään kaksi kertaa vuodessa. Jos kloridipitoisuus alkaa nousta uhkaavasti, tulee suolausta vähentää tai harkita vedenottamon valuma-alueen suojaamista.

2.2.2 Vaarallisten aineiden kuljetuksille riskialttiit pohjavesialueet

Keski-Suomessa on 20 pohjavesialuetta, joilla sijaitsevalla tieosuudella kuljetetaan vaarallisia aineita yli 25 000 tonnia vuodessa. Näistä viidellä pohjavesialueella kuljetukset ylittävät 100 000 tonnia vuodessa (Taulukko 3).

Taulukko 3. Vaarallisten aineiden kuljetusten suhteen riskialtteinmat
pohjavesialueet ja onnettomuustodennäköisyydet.

Kunta	Pohjavesialue	Riskiluku				Ottamo	Onnettomuus- todennäk. kpl/100 v	Vakavan onnettomuuden todennäk. kpl/100 v	
		11 Vak	1-8 Herkk	9-10 Suola	yht.				
Joutsa	09 172 02 Kirkkokangas	8	47	10	65	Ei ottamoa	1,06	0,2	
Jyväskylän mlk	09 180 07 Oravasaari	8	38	10	56	Ei ottamoa	2,60	0,49	
Jyväskylän mlk	09 180 01 Lintukangas	6	58	10	74	Kirri	0,26	0,05	
Kuhmoinen	09 291 01 Mällykäinen	6	53	10	69	Mällykäinen	0,10	0,02	
Jämsä	09 182 51 Kerkkolankangas	6	52	3	61	Kerkkolank.	0,56	0,11	
* Saarijärvi	09 729 04 Kalmari	4	62	3	69	Kalmari	0,54	0,10	
* Karstula	09 226 01 Miekkamäki	4	60	3	67	Pönkä	0,85	0,16	
* Karstula	09 226 05 Hoikanjärven k.	4	60	3	67	Kiminki	0,87	0,17	
* Kyyjärvi	09 312 02 Sormiharju	4	58	3	65	Oikari	0,75	0,14	
* Saarijärvi	09 729 01 Voudinniemi	4	54	10	68	Voudinniemi	0,08	0,01	
* Karstula	09 226 04 Hautakangas	4	50	3	57	Rillakangas	0,95	0,18	
* Saarijärvi	09 729 02 Ahvenlampi	4	48	3	55	Ahvenlampi	0,41	0,08	
* Saarijärvi	09 729 03 Haukilampi	4	43	3	50	Ei ottamoa	0,54	0,10	
* Karstula	09 226 02 Silmisuo 09 226 03 Heinälampi	4	40	3	47	Ei ottamoa	0,13	0,03	
Muurame	09 500 01 Suuruskangas	4	36	10	58	Suuruskangas	0,96	0,18	
Laukaa	09 410 01 Laukaan kk	2	62	0	64	Sulkusilta Paviljonki	0,19	0,04	
Keuruu	09 249 04 Elämäinen	2	59	3	64	Ei ottamoa	0,26	0,05	
Jyväskylä	09 179 51 Seppälänkangas	2	58	10	70	Pupuhuhta	0,72	0,14	
Jämsä	09 182 03 Holiseva	2	55	3	60	Holiseva	0,93	0,18	
Keuruu	09 249 06 Lintusyrjä	2	35	3	40	Ei ottamoa	0,15	0,03	
						Yhteensä	11,6	2,4	
		Muut pohjavesialueet (48 kpl) arvioitu onnettomuustodennäköisyys 0,05 onn./100 v/pohjavesialue						2,4	0,5
* Vt 13:n vaikutuspiirissä		Yhteensä (onnnett./100 v)						14,0	2,9

Kyseisille pohjavesialueille laskettiin kuljetusmäärien perusteella onnettomuustodennäköisyydet (taulukko 3). Vaarallisten aineiden kuljetuksissa tapahtuvien onnettomuuksien todennäköisyyden laskenta jakaantuu kahteen osaan. Ensin lasketaan todennäköisyys sellaisille onnettomuuksille, joissa vaarallisia aineita kuljettava kuorma-auto on mukana liikenneonnettomuudessa. Tämän jälkeen lasketaan todennäköisyys sellaisille onnettomuuksille, joissa syntyy merkittävä vaarallisten aineiden päästö.

Perävaunulliset kuorma-autot ovat osallisena liikenneonnettomuudessa keskimäärin 0.8 kertaa miljoonaa ajokilometriä kohti maaseutumaisilla teillä. Kun vaarallisia aineita kuljettava kuorma-auto joutuu liikenneonnettomuuteen, on todennäköistä, että vaarallisten aineiden vuotoja ei esiinny. Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan 19 %:ssa haja-asutusalueilla tapahtuneissa liikenneonnettomuuksissa, joissa oli osallisena VAK-aineita kuljettava kuorma-auto, seurauksena oli vaarallisten aineiden päästö.

Vaarallisten aineiden kuljetuksissa päästöjä saattaa aiheutua myös muista syistä kuin varsinaisen liikenneonnettomuuden seurauksena. Muita tekijöitä ovat esimerkiksi venttilivauriot ja inhimilliset erehdykset. Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan merkittävistä vaarallisten aineiden vuodoista 56 % aiheutuu liikenneonnettomuuksista ja 44 % satunnaisista tekijöistä, joita on useita: kuljettaminen päihtyneenä, palovaarallisen kuorman tarkastaminen tupakoiden, säiliön putoaminen, huono pesu ja siitä aiheutuva vanhan säiliöön jääneen aineen reagointi uuden aineen kanssa.

Tämän selvityksen todennäköisyyslaskelmat on tehty seuraavien lähtötietojen perusteella

- VAK-kuljetuksen keskimääräinen paino 25 tonnia
- VAK-kuljetuksen onnettomuusriski 0.8 onnettomuutta miljoonaa ajokilometriä kohden
- 19 %:ssa onnettomuuksista syntyy vaarallisten aineiden päästö

Satunnaisista tekijöistä (44 %) aiheutuvia onnettomuuksia ei tarkastelussa otettu huomioon, sillä ne todennäköisesti painottuvat kuljetusten lastaus- ja purkutilanteisiin.

Taulukossa 3 on listattu ne pohjavesialueet, joilla kulkevilla teillä kuljetetaan vuosittain vaarallisia aineita yli 25 000 tn/v. Laskelmien mukaan näillä alueilla tapahtuisi 11,6 VAK-kuljetusonnettomuutta sadassa vuodessa eli yksi onnettomuus joka yhdeksäs vuosi. Vaaralliseen vuotoon johtavia onnettomuuksia tapahtuisi yksi 42 vuodessa.

Muille selvityksessä mukana olleille pohjavesialueille (48 kpl) arvioitiin keskimääräiseksi onnettomuusriskiksi 0,05 onnettomuutta sadassa vuodessa. Tällöin laskettu onnettomuustodennäköisyys kaikilla pohjavesialueilla (68 kpl) on 14 onnettomuutta sadassa vuodessa. Tällöin vaaralliseen vuotoon johtavia onnettomuuksia sattuisi yksi 35 vuodessa.

Suurin onnettomuustodennäköisyys kohdistuu vt 13:n vaikutuspiirissä oleviin Karstulan, Kyyjärven ja Saarijärven pohjavesialueisiin. Todennäköisistä onnettomuuksista noin 37 % tulisi tapahtumaan vt 13:n vaikutuspiirissä olevilla pohjavesialueilla.

Suurimmat yksittäiset onnettomuustodennäköisyydet kohdistuivat Jyväskylän maalaiskunnan Oravasaaren ja Joutsan Kirkkokankaan pohjavesialueisiin. Oravasaaren pohjavesialue ei ole kuitenkaan vedenhankinnan kannalta mitenkään merkittävä ja alue tultaneen suojaamaan kt 59:n perusparannuksen yhteydessä. Joutsan Kirkkokankaan alueella tulee ennen mahdollisia suojaustoimenpiteitä selvittää, onko tiealueella hydraulista yhteyttä mahdolliseen vedenottovyöhykkeeseen.

Onnettomuustodennäköisyydeltään muita selvästi suurempia olivat myös Kyyjärven Sormiharjun pohjavesialue, Karstulan Hoikanjärven ja Miekkamäen pohjavesialueet ja Jämsän Holisevan pohjavesialue. Kyseiset alueet ovat myös muita alttiimpia mahdollisen onnettomuuden vaikutuksille.

3 SUOJAUSMENETELMÄT JA -KUSTANNUKSET

3.1 Luiskasuojausmenetelmät ja niiden käyttö

Pohjavesialueiden tarkastelun yhteydessä arvioitiin alustavasti sopivia menetelmiä pohjavesialueiden suojaukseen sekä myös mahdollisen suojauksen kustannuksia. Suojausmahdollisuuksia selvitettyä sovellettiin tielaitoksen julkaisussa "Pohjaveden suojaus tien kohdalla" esitettyjä suojausmalleja. Erityisesti selvityksessä pyrittiin soveltamaan vanhojen teiden luiskien suojaamiseen käyttökelpoisia suojausmalleja.

Luiskasuojauksen tarkoituksena on estää pohjavettä muodostavilla alueilla ja pohjavedenottamon suoja-alueilla haitallisten aineiden pääsy pohjaveteen noin 12 tunnin ajan, jonka kuluessa torjuntakalusto ehtii keräämään maastoon levinnyttä ainetta, estää sitä leviämästä lisää sekä poistaa saastuneen maakerroksen.

Vanhoilla teillä paksun ja leveän luiskasuojauksen tekeminen on usein vaikeaa. Tilaa on vähän, luiskat ovat liian jyrkkiä luiskatiivisteiden pysymisen kannalta, kaivantojen teko ja massojen käsittely liikenteen seassa on kallista ja liikenteelle vaarallista. Siten suojaus tulisi pyrkiä tekemään tien päällystämisen tai muun parantamisen yhteydessä.

Luiskatiivistys perustuu yleensä maatiivisteiden käyttöön. Maatiivisteinä voidaan käyttää silttiä, silttimoreenia tai savea (ks. s. 11). Lisäsuojauksena käytetään tarvittaessa muovi- ym. kalvoa. Muovikalvon etuna on tiiviys, mutta haittana repeytymis- ja puhkeamisvaara sekä korkea hinta ja vaikea korjattavuus.

Luiskasuojaukset jaetaan tiiviytensä puolesta neljään ryhmään: erittäin vaativa suojaus, vaativa suojaus, perussuojaus ja kevyt suojaus. Alla esitetyistä suojausmenetelmistä oikeanpuoleinen vaihtoehto on tarkoitettu tilanteisiin, joissa tilaa tai tiivistemaata on vähän saatavissa (kts. liite 3).

Erittäin vaativa suojaus

1 ME:	0,6 M+K:
0,3 m suojaverhousta	0,2 m suojaverhousta
0,7 m erik. maatiivistettä	0,4 m maatiivistettä ja tiivistemuovikalvo

Lisäksi sisäluiskan yläosa tiivistetään bentoniittimatolla tai vastaavalla.

Vaativa suojaus

1 M:	0,8 ME:
0,3 m suojaverhousta	0,3 m suojaverhousta
0,7 m maatiivistettä	0,5 m erik. maatiivistettä

Lisäksi sisäluiskan yläosa tiivistetään bituminoidulla kuitukankaalla tai vastaavalla. Rakenteen 0,8 ME sijaan voidaan valita 0,6 M+K.

Perussuojaus

0,8 M:	0,5 M+B:
0,3 m suojaverhousta	0,2 m suojaverhousta
0,5 m maatiivistettä	0,3 m maatiivistettä ja bituminoitu kuitukangas ohut (0,3 m) rakennus- muovi limiliitoksin

Lisäksi sisäluiskan yläosa tiivistetään bituminoidulla kuitukankaalla tai vastaavalla. Bituminoitu kuitukangas tai ohut rakennusmuovi vähentää maatiivisten kuivumista.

Kevyt suojaus

0,4 M:
0,1 m suojaverhousta
0,3 m maatiivistettä (ei savista)

Sisäluiskan yläosa tiivistetään sorakulutuskermomateriaalilla. Kevyttä suojausta ei käytetä uusilla teillä.

Annettujen ohjeiden mukaan suojauksen taso pohjavesialueella tulee valita seuraavasti.

1.	Lähisuojavyyhykkeellä	erittäin vaativa
2.	Kaukosuojavyyhykkeellä	vaativa
3.	Muulla osalla pohjavesialuetta	perussuojaus
4.	Pohjavesialueet, joille ei ole suunniteltu ottamoa	perussuojaus (jos suojataan)

Luokkaa nostetaan yhdellä kohdassa, jossa maaperä on erittäin läpäisevää (0,074 mm hienoainesta alle 8%).

Luokkaa lasketaan yhdellä, jos tie ei ole vilkasliikenteinen (KVL < 3000 ajon./d) ja vaarallisten aineiden kuljetuksia on vähän tai jos vedenottamon ottama vesimäärä on alle 250 m³/d.

Esitettyjä ohjeita voidaan kuitenkin kritisoida seuraavalta osalta: jos pohjavesialue suojataan vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuudelta, tulee riittävän suojauksen ulottua sekä kaukosuojavyyhykkeelle että lähisuojavyyhykkeelle. Lähisuojavyyhykkeen muodostamisella pyritään suojelemaan vedenottamo lähinnä hygieeniseltä saastumiselta. Vyyhykkeen tulee olla niin laaja, että veden virtauksen tapahtuessa sen ulkorajalta vedenottamolle

vesi ehtii puhdistua. Tämä kuitenkin edellyttää, että veteen joutuva, yleensä orgaaninen aines puhdistuu maaperässä 50 - 60 päivän viipymän aikana. Sitävastoin useat myrkylliset aineet eivät käytäydy tällä tavoin, vaan ovat vedenottamolle haitallisia, joutuivatpa ne pohjaveteen lähisuojavyöhykkeellä tai kaukosuojavyöhykkeen ääri-laidoilla. Tämän johdosta tulisi pohjavesialue suojata sekä lähisuojavyöhykkeellä että kaukosuojavyöhykkeellä yhtäläisellä varmuudella, käytettiin sitten menetelmänä erittäin vaativaa tai vaativaa suojausta.

Annettujen ohjeiden kirjaimellinen noudattaminen saattaa johtaa turhankin raskaisiin suojausratkaisuihin. Toisaalta kerrospaksuudeltaan ohuimpia suojausratkaisuja (esim. kevyt suojaus) tulisi välttää, koska ne eivät anna riittävää suojaa mahdollista säiliöauto-onnettomuutta vastaan. Säiliöauto saattaa tieltä suistuessaan kyntää tieluiskaan syvän uran, joka pahimmassa tapauksessa voi rikkoa ohuen maatiivistekerroksen.

3.2 Luiskasuojauksien rakennuskustannukset

Selvityksen yhteydessä pyrittiin vertailemaan eri suojausvaihtoehtojen rakennuskustannuksia. Kustannukset laskettiin vanhan tien tieluiskan peruspoikkileikkaukselle, johon sovellettiin erilaisia suojausvaihtoehtoja (Liite 3). Yksikkökustannukset arvioitiin seuraavien oletusten perusteella.

- luiskia joudutaan leikkaamaan ennen varsinaisen maatiivisteiden tekoa. Leikkausmassojen siirtomatkaksi läjityspaikalle arvioitiin 3 km. Yksikkökustannukseksi leikkaukselle ja kaivumaan kuljetukselle arvioitiin 20 mk/m³rtr.
- laatuvaatimukset täyttävää maatiivistettä arvioitiin löytyvän 10 km:n etäisyydeltä rakennuskohteesta. Kuljetuskustannukset kohteeseen laskettiin kyseisen etäisyyden mukaan. Maatiivisteiden kuljetus-, levitys- ja tiivistyskustannuksiksi arvioitiin 30 mk/m³rtr. Koska suojaverhous tehdään todennäköisesti samasta materiaalista, arvioitiin sen yksikkökustannukset samoiksi.
- bentoniittimaton materiaali- ja asennuskustannuksiksi arvioitiin 50 mk/m²
- muovikalvon (1 mm HDPE) materiaali- ja asennuskustannuksiksi arvioitiin 35 mk/m²
- rakennusmuovin (0,3 mm) materiaali- ja asennuskustannukset 13 mk/m²
- nurmetus 5 mk/m²

Tuloksista havaitaan, että bentoniittimaton tai 1 mm muovin (rakenteet 0,6 M + K (Be) ja 0,6 M + K) käyttö luiskan tiivistemateriaalina nostaa rakennuskustannuksia huomattavasti verrattuna pelkkään maatiivisteeseen (rakenne 1 ME) käyttöön (Taulukko 4). Vaikka muovi on materiaalina edullisempaa kuin bentoniittimatto, tulisi sen käyttö todennäköisesti yhtä kalliiksi kuin muovin hankalien asennusominaisuuksien takia (maksimiluiskakaltevuus 1:3). Lisäksi muovimattojen saumakohtien liimauksessa joudutaan käyttämään siihen erikoistunutta urakoitsijaa.

Taulukko 4. Kuudelle eri suojausvaihtoehdolle arvioidut rakennuskustannukset.

Tiivisyysluokka	Suojausmenetelmä	Kustannukset (mk/tiemetri)
Erittäin vaativa suojaus	ME	1 160
	0,6 M+K (Be)	1 970
	0,6 M+K	2 000
Vaativa suojaus	0,8 ME	1 020
Perussuojaus	0,5 M+B	900
Kevyt suojaus	0,4 M	500

Tehtäessä tiiviste maa-aineksesta rakennuskustannukset ovat selvästi alempia, vaikka tuloksena olisi erittäin vaativaa suojausta edustava tiivysaste. Tämä kuitenkin asettaa käytettävälle materiaalille tiukat vaatimukset. Erikoismaatiivistekerrokseen kelpaavat siltti, silttimoreeni ja savi, joiden

- hienoainespitoisuus (0,074 mm) on > 70 % ja tiivysaste rakenteessa > 85% proktortiiviydestä sekä
- hienoainespitoisuus (0,074 mm) on > 60 % ja tiivysaste rakenteessa > 90% proktortiiviydestä.
- tai muu kivennäismaalaji, jonka vedenjohtavuus laboratoriossa 90 % tiivysasteessa on enintään $5 \cdot 10^{-8}$ m/s (0,43 cm/d). Tällöin ko. maan vedenjohtavuus maastossa huolellisen tiivistämisen jälkeen on alle $5 \cdot 10^{-6}$ m/s (1,88 cm/h), mikä on tavoitteena. Lisäksi tiivistemaan tulee olla tasalaatuista, eikä siinä saa olla puhtaita hiekkakerroksia tai kasvijätteitä.

Tavalliseksi maatiivisteeksi kelpaa silttimoreeni, jonka hienoainespitoisuus on > 50 %.

Tämäntyyppisten maa-ainesten esiintyminen rakennuskohteen riittävässä läheisyydessä ei Keski-Suomen maaperäolosuhteissa ole lainkaan itsestään selvää. Minkäänlaisia kartoituksia laatuvaatimukset täyttävän materiaalin esiintymistä ei ole tehty. Pahimmassa tapauksessa joudutaan turvautumaan moreeniaineksen murskaukseen.

4 RISKIALTTIIDEN POHJAVESIALUEIDEN SUOJAUSKUSTANNUKSET

Edellä esitettyjä suojausratkaisuja sovellettiin tarkastelussa mukana olleisiin pohjavesialueisiin. Tarkastelussa haluttiin selvittää minkälaisia kustannusvaihteluita eri suojausmenetelmien käytöstä seuraa. Tarkastelussa arvioitiin suojausmenetelmien 0,8 ME (vaativa suojaus), 0,5 M+B (perussuojaus) ja 0,4 M (kevyt suojaus) käytöstä aiheutuvia kustannuksia. Jokaiselle pohjavesialueelle laadittiin lisäksi laajuudeltaan kaksi eri suojausvaihtoehtoa. Suojausvaihtoehdon 1 mukaisesti suojataan vain pohjavesialueella olevan vedenottamon tai tutkitun vedenottovyöhykkeen valuma-alue. Suojausvaihtoehdossa 2 suojataan koko pohjavesialue.

Käytännössä suojattavat kohteet ovat harvoin esimerkeissä esitettyjen tyyppi-pipoikkileikkausten mukaisia, vaan tie saattaa sijaita esimerkiksi penkereellä, jolloin luiskat ovat leveämpiä ja usein myös jyrkempiä. Tällöin joudutaan tekemään leveämpiä luiskasuojauksia, mikä tietysti lisää rakennuskustannuksia. Muita rakennuskustannuksia lisääviä tekijöitä ovat

- luiskassa sijaitsevat sähkö- ja puhelinlinjat
- lähelle luiskan reunaa ulottuva metsä, joka joudutaan tarvittaessa raivaamaan pois
- suojattavan tien sijainti taajama-alueella, jolloin suojausta haittaavat
- tien läheisyydessä olevat rakennukset
- istutukset ja viheralueet
- pyörätiet ja liittymät
- valaisinpylväät ja liikennemerkit
- vesijohdot, viemärit, puhelin- ja sähkökaapelit ym. tekniset laitteet

Kyseisten tekijöiden vaikutusta suojauksen rakennuskustannuksiin pyrittiin arvioimaan kustannuskertoimen avulla, jonka suuruus arvioitiin rakentamista hankaloittavien tai helpottavien tekijöiden mukaan. Kustannuskerroin vaihteli kohteen mukaan 0,8 - 3,0.

Yhteisiksi kustannuksiksi arvioitiin kaikissa kohteissa 25 % rakennuskustannuksista.

Kustannusarvioissa ei ole otettu huomioon valumavesien keräilyä ja poisjohtamista varten rakennettavien ojien eikä myöskään mahdollisten öljynerotuslaitteiden rakennuskustannuksia. Pohjavesialueella olevan tiealueen valumavesien poisjohtamisen vaatimat järjestelyt vaihtelevat kohteittain hyvin paljon. Lyhyiden tieosuuksien suojausten yhteydessä tällaisia järjestelyjä ei tavallisesti tarvita lainkaan, kun taas pitkillä ja laajoilla harjujaksoilla valumavesien kerääminen pohjavesialueen ulkopuolelle voi aiheuttaa suuria vaikeuksia. Tästä voi aiheutua huomattavia lisäkustannuksia, sillä ojien pohjat tulee suojata pohjavesialueella.

Öljynerotuslaitteita on suositeltu käytettäväksi vilkasliikenteisten teiden yhteydessä, jolloin KVL on yli 3 000 ajon./vrk. Öljynerotuslaitteiden tarve tulee harkita tapauskohtaisesti.

Kustannusten alentamiseksi vanhojen teiden suojaus tulisi tehdä seuraavissa tapauksissa

- aina raskaan parantamisen yhteydessä
- uudelleen päällystämisen tai muun parantamisen yhteydessä

Jos kaikki tarkastelussa mukana olleet pohjavesialueet suojattaisiin vaihtoehtona kaksi mukaisesti vaativalla suojauksella, olisivat kokonaiskustannukset noin 170 miljoonaa markkaa. Jos ainoastaan vedenottamoiden ja tutkitujen vedenottovyöhykkeiden valuma-alueet suojattaisiin, olisivat kokonaiskustannukset noin 84 miljoonaa markkaa (Taulukko 5). Mahdolliset tiealueiden valumavesien poisjohtamiseen liittyvät järjestelyt tulisivat nostamaan esitettyjä kustannuksia arviolta 10...15 %.

Taulukko 5. Selvityksessä mukana olleiden pohjavesialueiden suojauskustannukset eri suojauslaajuuden ja eri suojausvaihtoehtojen mukaan laskettuina.

Suojuksen laajuus pohjavesialueella	Suojausmenetelmä (kust. mmk)		
	Vaativa suojaus 0,8 ME	Perussuojaus 0,5 M+B	Kevyt suojaus 0,4 M
Suojausvaihtoehto 1 Vain vedenottamon valuma-alue suojataan	84,1	74,1	41,2
Suojausvaihtoehto 2 Koko pohjavesialue suojataan	170,5	151,4	84,0

Suojattaessa vaarallisten aineiden kuljetuksille riskialttiita alueita suojausvaihtoehto yhden mukaisesti vaativaa suojausta käyttäen olisivat suojauskustannukset noin 23 miljoonaa markkaa (Taulukko 6). Jos riskialttiit pohjavesialueet suojattaisiin koko laajuudeltaan vaativaa suojausta käyttäen, olisivat kokonaiskustannukset noin 57 miljoonaa markkaa. Tällöin suojaamattomalla pohjavesialueella tapahtuva VAK-kuljetusten onnettomusriski pienenesi noin puoleen entisestään eli noin yhteen vakavaan vuotoon johtavaan onnettomuuteen kuudessakymmenessä vuodessa.

Taulukko 6. Vaarallisten aineiden kuljetuksille riskialttiit pohjavesialueet ja niiden suojauskustannukset.

Kunta	Pohjavesialue	Onnettomuus todennäk. kpl/100 v	Vakavat onnett. kpl/100v	Riskiluku 1-8 herkkyys	Suojauskustannukset (mmk)					
					Suojausvaihtoehto 1 Valuma-al. suojaus			Suojausvaihtoehto 2 Pohjavesial. suojaus		
					0,8M E	0,5M + B	0,4M	0,8M E	0,5M + B	0,4M
Saarijärvi	09 729 04 Kalmari	0,54	0,10	62	1,85	1,6	0,9	3,5	3,1	1,7
Laukaa	09 410 01 Laukaan kk.	0,19	0,04	62	3,6	3,15	1,8	3,6	3,15	1,8
Karstula	09 226 01 Miekkamäki	0,85	0,16	60	3,7	3,25	1,8	4,85	4,3	2,4
Karstula	09 226 05 Hoikanjärvenk.	0,87	0,17	60	1,8	1,6	0,9	4,4	3,9	2,1
Keuruu	09 249 04 Elämäinen	0,26	0,05	59	3,6	3,25	1,75	4,6	4,1	2,25
Jyväskylän mlk	09 180 01 Lintukangas	0,26	0,05	58	0,95	0,85	0,45	0,95	0,85	0,45
Kyyjärvi	09 312 02 Sormiharju	0,75	0,14	58	2,15	1,9	1,05	6,0	5,25	2,9
Jämsä	09 182 03 Holiseva	0,93	0,18	55	0,7	0,6	0,35	11,8	10,3	5,7
Saarijärvi	09 720 01 Voudinniemi	0,08	0,01	54	0,6	0,55	0,3	0,6	0,55	0,3
Kuhmoinen	09 291 01 Mällykäinen	0,10	0,02	53	0,35	0,25	0,15	1,55	1,4	0,8
Jämsä	09 181 51 Kekkolankangas	0,56	0,11	52	1,0	0,9	0,5	7,9	6,9	3,8
Karstula	09 226 04 Hautakangas	0,95	0,18	50	0,9	0,8	0,45	3,95	3,5	1,95
Saarijärvi	09 729 02 Ahvenlampi	0,41	0,08	48	1,6	1,45	0,8	3,2	2,9	1,6
Yhteensä		6,75	1,29		22,8	20,2	11,3	56,9	50,2	27,8

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Tiesuolauksen suhteen tilanne Keski-Suomen pohjavesialueilla ja pohjavedenottoamoilla on hyvä. Tiesuolausta on vähennetty merkittävässä määrin kohonneista kloridipitoisuuksista kärsineiden vedenottamoiden valuma-alueilla. Tällä hetkellä tiesuolauksen takia voi ilmetä haittoja Jyväskylän mlk:n Kirrin, Keuruun Kalettoman, Saarijärven Voudinniemen ja Kuhmoisten Mällykäisen vedenottoamoilla. Kloridipitoisuudet eivät tällä hetkellä ole hälyttäviä yhdelläkään näistä ottamoista, mutta raakaveden kloridipitoisuutta

tulee jatkuvasti seurata. Jos hälyttävää kloridipitoisuuden nousua ilmenee, tulee tiesuolausta vähentää tai ryhtyä toimenpiteisiin tieluiskien suojaamiseksi.

Kootun aineiston perusteella voidaan todeta, ettei II-kunnossapitoluokan teillä vuosittain käytetyillä suolamäärillä (500 - 1500 tn NaCl/km) ole merkittävää vaikutusta pohjaveden kloridipitoisuuteen vaan mahdollinen kloridipitoisuuden nousu on hyvin marginaalista, millä ei ole käytännön merkitystä. Sama johtopäätös voidaan tehdä normaalin kesäsuolauksen (1000 - 1500 tn CaCl₂/km) vaikutuksista. Käytetyt kesäsuolamäärät ovat kuitenkin olleet suurempia, kun pohjavesialueella sijaitsevan tieosuuden varrella on ollut taaja-asutusta. Tällaisia tieosuuksia on jouduttu kuivina kesinä suolaamaan useampaan kertaan tien aiheuttamien pölyhaittojen estämiseksi. Tämänkaltaiset tieosuudet on kuitenkin pyritty päällystämään jo kunnossapidonkin helpottamisen kannalta. Päällystystä ei kuitenkaan välttämättä tarvita sellaisilla pohjavesialueilla olevilla sorateilla, joiden varressa ei ole asutusta. Tällöin käytettävät kesäsuolamäärät ovat tavallisesti niin vähäisiä (korkeintaan 1500 kg CaCl₂/km) ettei niistä koidu merkittävää haittaa harjupohjavesille.

Teiden suojaamista pohjavesialueilla tulee harkita mahdollisen vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuuden takia. Laskelmien mukaan VAK-kuljetusten onnettomuustodennäköisyys tarkastelussa mukana olleilla pohjavesialueilla (68 kpl) on yksi onnettomuus joka seitsemäs vuosi. Todennäköisyys vakavalle, vaarallisten aineiden vuotoon johtavalle onnettomuudelle on yksi onnettomuus 35 vuodessa. Vakavan onnettomuuden todennäköisyys on siten melko pieni. Jos onnettomuusuhan aiheuttamaa riskiä halutaan pienentää, voidaan pohjavesialueilla olevia tieosuuksia suojata. Jos riskialteimmat pohjavesialueet suojattaisiin koko laajuudeltaan vaativaa suojausta käyttäen, olisivat kokonaiskustannukset noin 57 miljoonaa markkaa. Tällöin suojaamattomalla pohjavesialueella tapahtuva VAK-kuljetusten onnettomuusriski pienenesi noin puoleen entisestään eli noin yhteen vakavaan vuotoon johtavaan onnettomuuteen kuudessakymmenessä vuodessa. Jos kaikki tarkastelussa mukana olleet pohjavesialueet suojattaisiin vaativaa suojausta käyttäen olisivat kokonaiskustannukset noin 170 miljoonaa markkaa.

Ensisijainen suojauskohde Keski-Suomessa on Jyväskylän mlk:n Lintukan kaan pohjavesialue, jolla sijaitsee Kirrin vedenottamo. Ottamo on varsin riskialtis vt 4:n VAK-kuljetuksille ja tiesuolaukselle. Pohjavesialue tulee suojata vt 4:n perusparannuksen yhteydessä. Myös muissa tapauksissa tulisi pohjavesialueilla olevat tieosuudet suojata perusparannuksen yhteydessä.

Suojauksissa tulisi pyrkiä käyttämään vaativan ja erittäin vaativan suojauksen edellyttämiä maatiivisteiden kerrospaksuuksia (vähintään 0,8 m), koska kerrospaksuudeltaan ohuimmat suojausratkaisut (esim. kevyt suojaus) eivät anna riittävää suojaa mahdollista säiliöauto-onnettomuutta vastaan. Säiliöauto saattaa tieltä suistuessaan kyntää tieluiskaan syvän uran, joka pahimmassa tapauksessa voi rikkoa ohuen maatiivistekerroksen.

Tien sijaitessa korkealla ja jyrkällä harjujaksolla suojausten rakentaminen saattaa aiheuttaa maisemallisia haittoja, jos tiepenkereen alueella oleva puusto joudutaan suurelta osin raivaamaan. Tämä johtaisi useiden luonnonkauniiden harjujen tuhoutumiseen. Tällöin suojauksen tarve tulee tarkoin harkita. Riskialttiissa tapauksissa tulisi tie linjata harjualueen ulkopuolelle.

Jatkossa olisi selvitettävä, esiintyykö Keski-Suomessa erikoismaatiivistekerroksen ja/tai maatiivistekerroksen laatuvaatimukset täyttävää maa-ainesta vai joudutaanko turvautumaan murskaukseen. Jos maatiivisteeksi kelpaavan materiaalin hankinta tulee kohtuuttoman kalliiksi, saattavat esimerkiksi bentoniittimaton käyttöön perustuvat ratkaisut osoittautua edullisemmaksi vaihtoehdoksi.

Tehty selvitys tulisi päivittää vuoden 1994 aikana. Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiirin toimesta on parhaillaan käynnissä pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitus selvitys, jonka tuloksena nykyisten pohjavesialueiden luokitus ja rajaukset saattavat muuttua ja lisäksi rajataan uusia pohjavesialueita. Vuonna 1994 todennäköisesti julkaistaan liikenneministeriön toimesta uusi vaarallisten aineiden kuljetusten viisivuotisselvitys, jonka tuloksia voidaan heti tuoreeltaan hyödyntää.

Pohjavesialueiden suojaukseen tulee jatkossa suhtautua kaikella vakavuudella. Keski-Euroopan pohjavesivarojen jatkuvasti pilaantuessa ja vähetessä saattavat Suomen puhtaat pohjavedet olla tulevaisuudessa arvokas luonnonvara, jota mahdollisesti pystytään markkinoimaan Eurooppaan. Tämän vuoksi tulee pohjavesien suojaamiseen ohjata riittävästi resursseja tulevissa uusissa tiehankkeissa sekä teiden perusrakennuksissa.

KIRJALLISUUS

1. Vaarallisten aineiden tiekuljetukset, viisivuotisselvitys. Liikenneministeriö 1989. Helsinki. 20 s. + liitteet.
2. Öljykuljetukset tieverkolla. Suunnittelukeskus Oy 1992.
3. Pohjaveden suojaus tien kohdalla. Tiehallitus, Kehittämiskeskus. Helsinki 1991. 32 s.
4. Pohjaveden suojaus maatiivisteellä tien luiskassa. Tielaitoksen selvityksiä 18/1992. Tiehallitus, Kehittämiskeskus. Helsinki 1991. 24 s.
5. Pohjaveden maatiivistesuojan tiivistäminen. Tielaitoksen selvityksiä 31/1992. Tielaitos, Helsingin tuotantotekninen kehitysyksikkö. Helsinki 1992. 35 s. + liitteet.
6. Tiesuolauksen vaikutus pohjaveteen Keski-Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 423. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsinki 1992. 118 s.
7. Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiirin kuntakansiot ja pohjavesiselvitykset.
8. Vaarallisten aineiden kuljetukset Oulussa. LT-Konsultit Oy 1992.

TIENPIDON JA TIELIIKENTEN POHJAVESIALUEILLE AIHEUTTAMAN RISKIN ARVIOINTILOMAKE

Pvm: _____

Tiepiiri: _____ Kunta: _____

Peruskarttalehdet: _____

Pohjavesialueen nro ja nimi: _____

Tiennumero ja pohjaveden muodostumisalueella kulkevan tieosuuden pituus (km): _____

A. POHJAVESIALUOKKA

PISTEYTYS

1. Pohjavesialueen luokka

2 III

10 II

20 I

B. KULKEUTUMISEEN VAIKUTTAVAT HYDROGEOLOGISET TEKIJÄT

2. Imeytymiskerroin tien läheisyydessä

0 < 0,1 (rakennettu erittäin vaativa suojaus tai
suojausta vastaavat luonnonolosuhteet eli paksut savikerrokset)

2 0,1 – 0,3 (Mr)

4 > 0,3 – 0,4 (hHk – kkHk)

6 > 0,4 – 0,6 (kHk – hSr)

8 > 0,6 – 0,7 (kSr)

10 > 0,7 (soranottoalueet)

JOS TEKIJÄSSÄ 2 VALITAAN VAIHTOEHTO 0, VOIDAAN KATSOA TIENPIDON AIHEUTTAMAN RISKIN OLEVAN NIIN PIENI, ETTÄ MUITA RISKIIN VAIKUTTAVIA PISTEYTETTÄVIÄ TEKIJÖITÄ EI TARVITSE KÄYDÄ LÄPI! ALUE JÄTETÄÄN TÄLLÖIN VERTAILEVAN RISKINARVIOINNIN ULKOPUOLELLE.

3. Pohjaveden virtaussuunta tien ja vedenottamon / suunnitellun vedenottoaikan / arvioidun vedenotto- vyöhykkeen välisellä alueella

1 päävirtaussuunta vedenottovyöhykkeeltä pois päin

3 paikallinen virtaussuunta vedenottovyöhykkeeltä
pois päin tai vedenottovyöhykettä ei ole arvioitu

5 paikallinen virtaussuunta vedenottovyöhykkeelle päin

10 päävirtaussuunta vedenottovyöhykkeelle päin

4. Tien ja vedenottamon / suunnitellun vedenottoaikan / arvioidun vedenottovyöhykkeen välillä pohjaveden virtausta estäviä tekijöitä

- 0 kalliokynnys
 3 vettä huonosti läpäisevä kerrostuma tai vedenottovyöhykettä ei ole arvioitu
 6 ei virtausta estäviä tekijöitä _____

5. Aineksen vedenläpäisevyys koko muodostumassa

- 1 hiekkamoreeni
 2 hieno hiekka
 3 hiekka - sora
 4 karkea sora / kallioruhje _____

C. VEDENOTTOTIEDOT

6. Vedenotto 0 ei ole suunniteltu vedenottoa

- 1 vedenottoa alustavasti suunniteltu / kriisiajan varavedenottamo
 3 vedenotto käynnissä tai käynnistymässä viiden vuoden kuluessa
 5 vedenotto käynnissä ja alueella useampia kuin yksi vedenottamo
 (ottamoilla vedenotto vähintään 100 m³ d⁻¹) _____

7. Tien sijainti pohjavesialueella vedenottamoon / suunniteltuun vedenottoaikkaan / arvioituun vedenottovyöhykkeeseen nähden

- 1 ei vedenottoa eikä vedenottovyöhykettä arvioitu
 4 tie kulkee eri osa-alueella kuin millä vedenottoaikka sijaitsee
 6 tie kulkee kaukosuojavyöhykkeellä
 8 tie kulkee lähisuojavyöhykkeellä, mutta etäisyys vedenottoaikkaan > 100 m
 10 tie kulkee ottamon välittömässä läheisyydessä (< 100 m) _____

D. TEIDEN SUOLAUS JA VAARALLISTEN AINEIDEN KULJETUS

8. Tien suhde pohjaveden muodostumisalueeseen

- 1 tie kulkee muodostumisaluetta hipoen tai pääasiassa pohjavesialueen reunavyöhykkeellä
 2 tie kulkee muodostumisalueella muodostumaan nähden poikittain
 4 tie kulkee muodostumisalueella muodostumaan nähden pitkittäin _____

9. Suolakuorma kunnossapitoluokan mukaan

- | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|
| 0 ei suolausta | 6 I-luokan tie | 15 Isk-luokan tie |
| 3 II-luokan talvisuolaus/kesäsuolaus | 8 Is-luokan tie | _____ |

10. Tiesuuden sijainti tiepiireittäin (vaikuttaa talvisuolauksen määrään I-, Is- ja Isk-luokan teillä)

- 0 tiesuudella on II-luokan talvisuolaus / kesäsuolaus
(= sijainti ei vaikuta merkittävästi suolauksen määrään)
- 1 Pohjois-Karjala, Kainuu, Oulu itäinen, Lappi
- 4 Mikkeli, Kuopio, Keski-Suomi, Keski-Pohjanmaa, Oulu rannikko
- 8 Uusimaa, Turku, Häme, Kymi, Vaasa _____

11. Vaarallisten aineiden (öljyt, hapot, emäkset) kuljetukset tonnia/vuosi pohjavesialueella kulkevalla tiesuudella (10 000 tonnia/vuosi = 400 rekkaa/vuosi)

- 1 < 25 000
- 2 25 000 - 50 000
- 4 > 50 000 - 100 000
- 6 > 100 000 - 200 000
- 8 > 200 000 _____

RISKILUKU ELI PISTEITÄ YHTEENSÄ _____

LISÄTIEDOT

12. Pohjaveden laadun seurannassa havaitut Cl-pitoisuudet

- 0 < 10 mg
- 5 10 - 25 mg l⁻¹, nouseva trendi
- 10 > 25 - 50 mg l⁻¹
- 15 > 50 - 100 mg l⁻¹
- 20 > 100 mg l⁻¹ _____

13. Mikäli vedestä ei ole analysoitu Cl-pitoisuutta, voidaan tarkastella onko sähkönjohtavuusarvossa tapahtunut merkittäviä muutoksia. Nouseva trendi veden sähkönjohtavuudessa viittaa mahdolliseen suolaantumiseen. On kuitenkin otettava huomioon, että sähkönjohtavuuteen vaikuttavat myös monet muut tekijät. Sähkönjohtavuus johtuu vesissä pääasiassa Ca-, Na-, Mg-, HCO₃⁻- ja Cl⁻-ioneista.

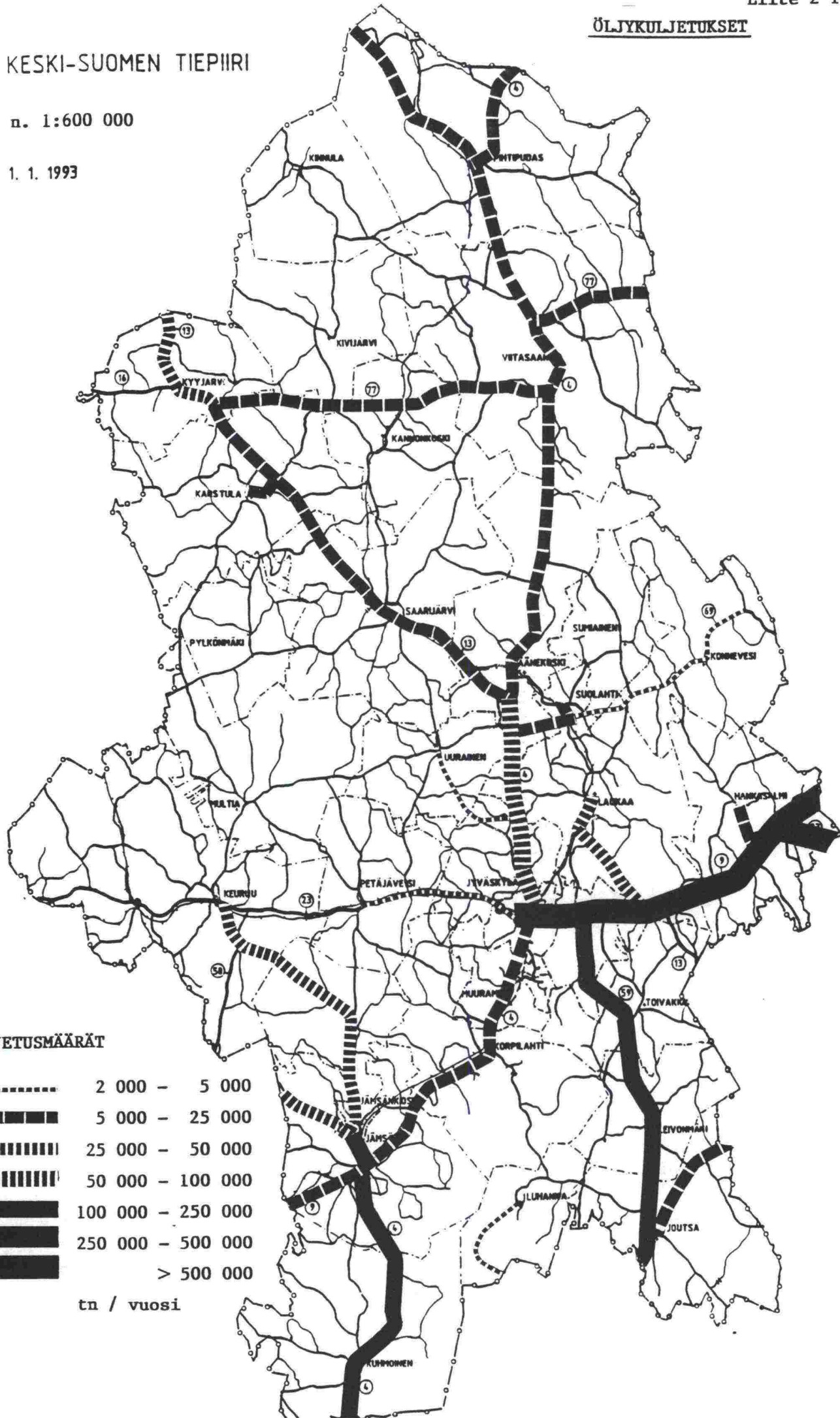
14. Muita pohjaveden Cl-pitoisuuteen vaikuttavia toimintoja. Todennäköiset tai havaitut suolalähteet.

ÖLJYKULJETUKSET

KESKI-SUOMEN TIEPIIRI

n. 1:600 000

1. 1. 1993



KULJETUSMÄÄRÄT

	2 000 - 5 000
	5 000 - 25 000
	25 000 - 50 000
	50 000 - 100 000
	100 000 - 250 000
	250 000 - 500 000
	> 500 000

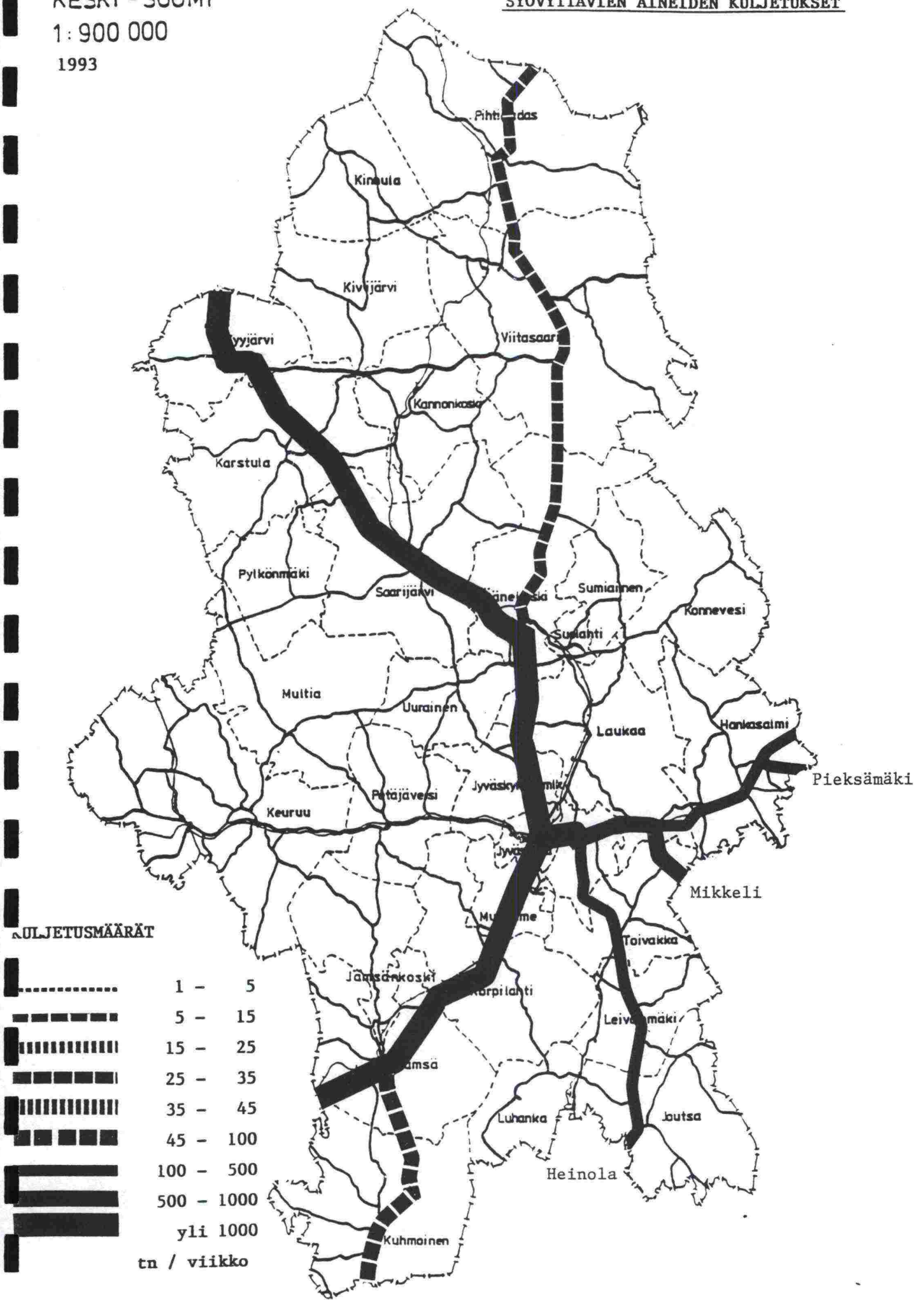
tn / vuosi

KESKI - SUOMI

1: 900 000

1993

SYÖVYTTÄVIEN AINEIDEN KULJETUKSET



KULJETUSMÄÄRÄT

	1 - 5
	5 - 15
	15 - 25
	25 - 35
	35 - 45
	45 - 100
	100 - 500
	500 - 1000
	yli 1000

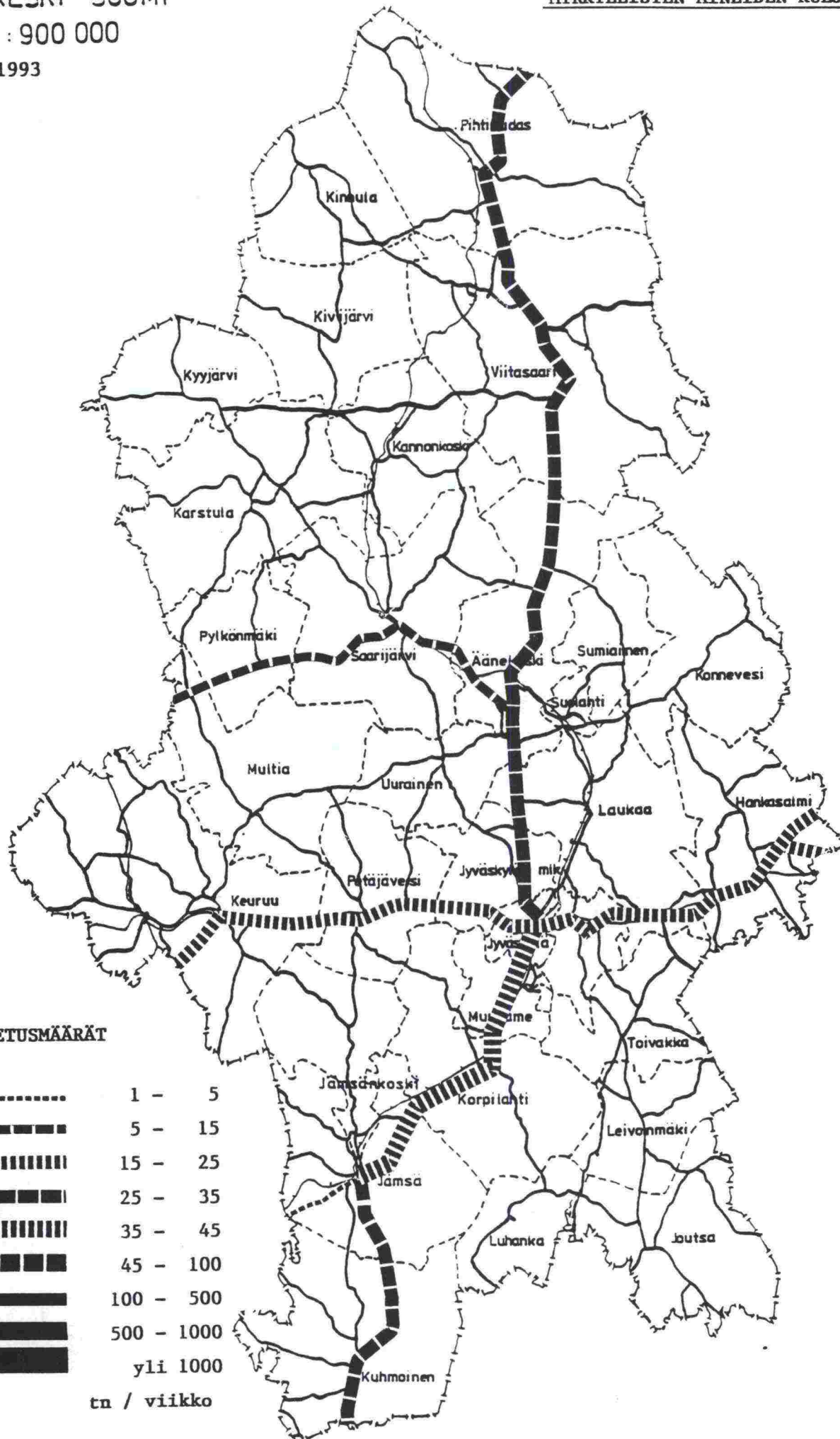
tn / viikko

KESKI - SUOMI

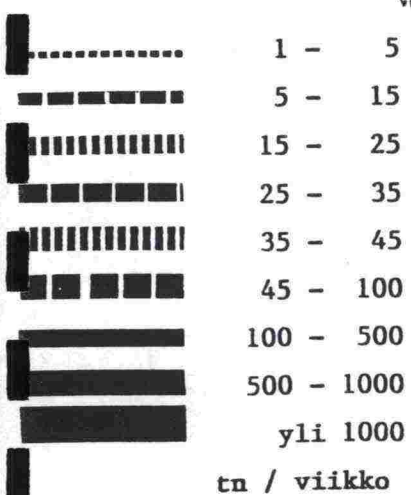
1: 900 000

1993

MYRKYLLISTEN AINEIDEN KULJETUKSET



KULJETUSMÄÄRÄT

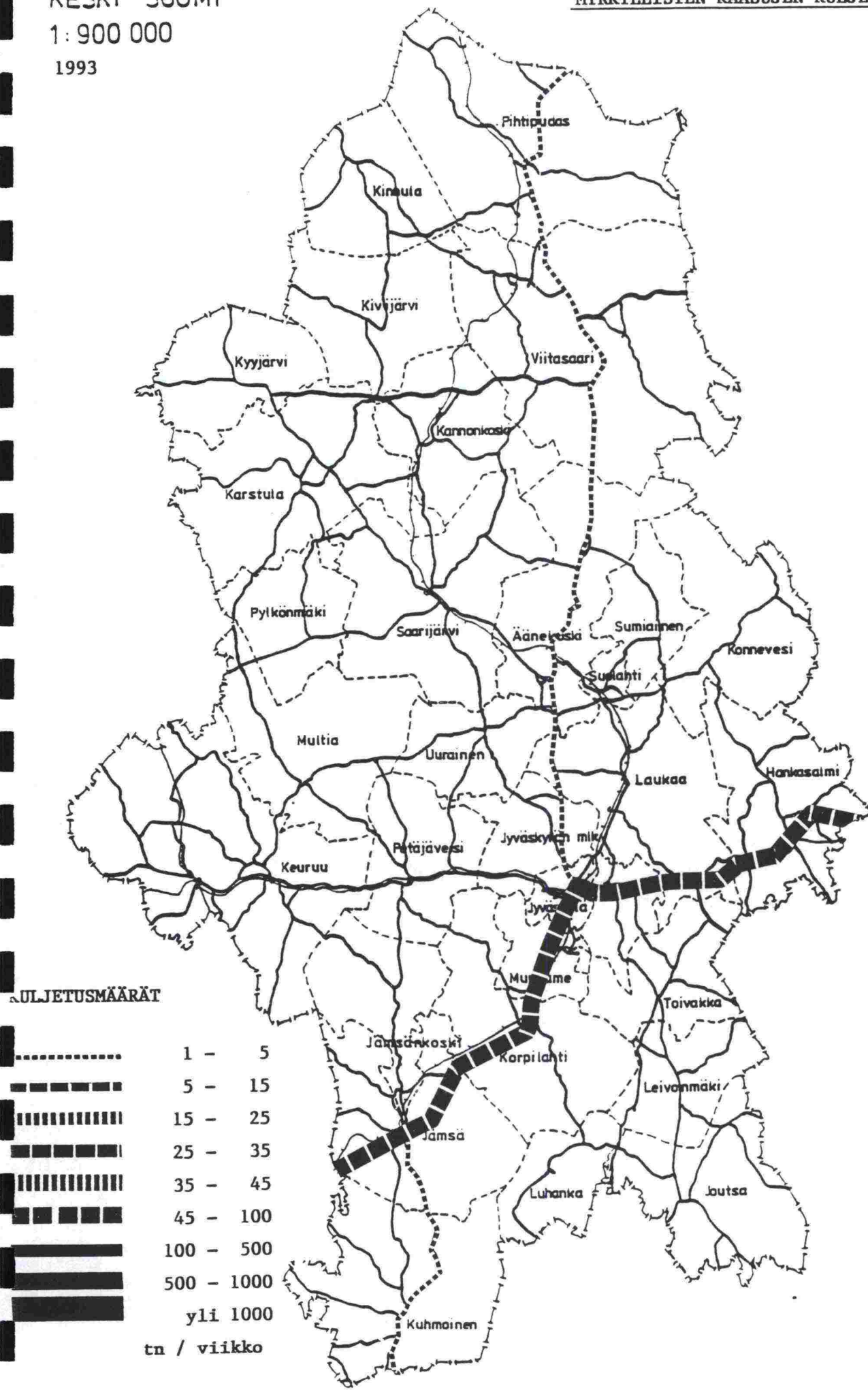


KESKI - SUOMI

1: 900 000

1993

MYRKYLLISTEN KAASUJEN KULJETUKSET



Pihlajavesi

Kivijärvi

Kyyjärvi

Viitasaari

Kannankoski

Karstula

Pylkönmäki

Saarijärvi

Aanekoski

Sumiainen

Konnevesi

Suolahti

Multia

Uurainen

Laukaa

Hankasalmi

Keuruu

Peltäjävesi

Jyväskylän mlk

Jyväskylä

Murto

Toivakka

Jämsänkoski

Karpilampi

Leivonmäki

Jämsä

Luhanka

Joutsa

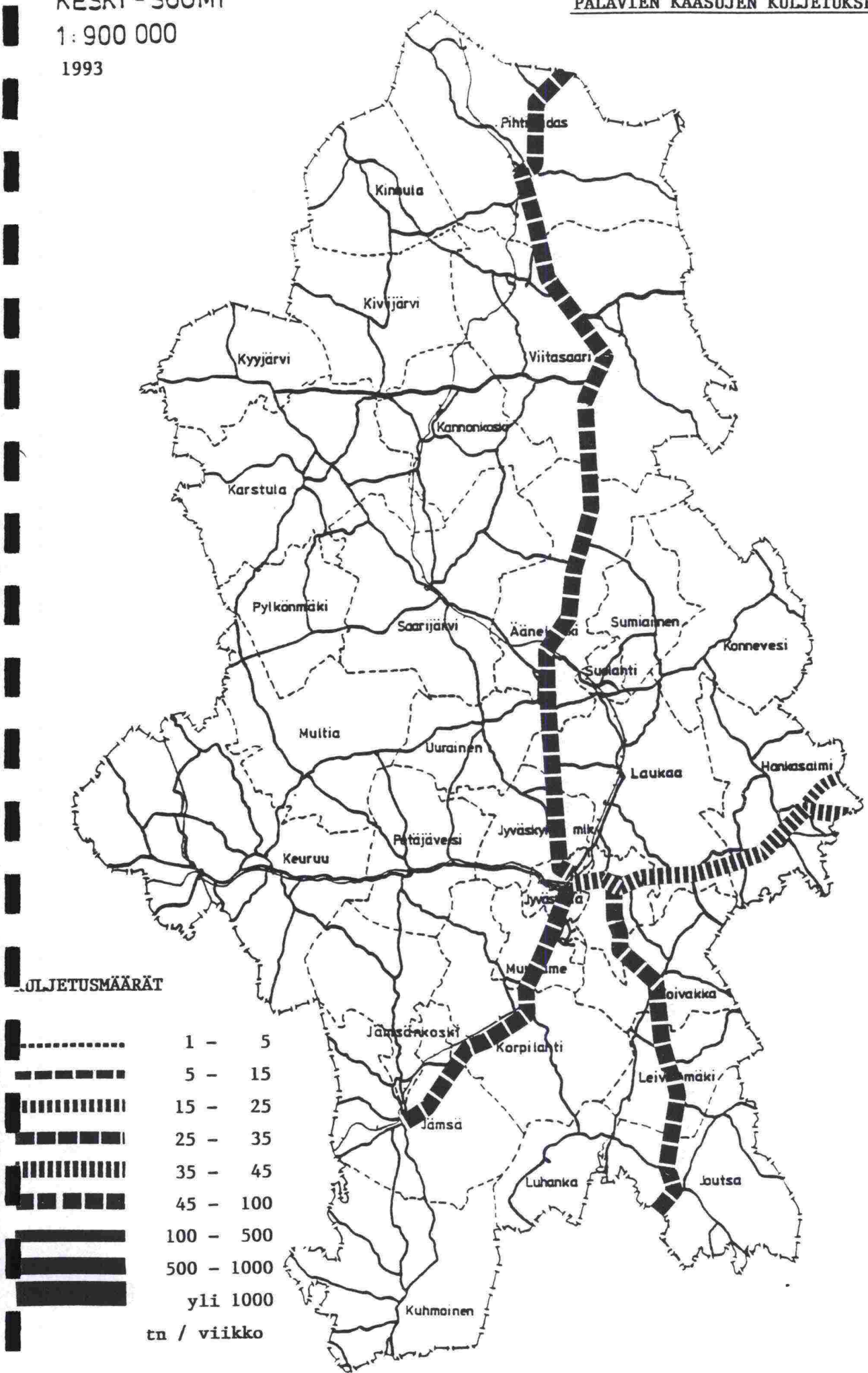
Kuhmoinen

KESKI - SUOMI

1: 900 000

1993

PALAVIEN KAASUJEN KULJETUKSET



KULJETUSMÄÄRÄT

	1 - 5
	5 - 15
	15 - 25
	25 - 35
	35 - 45
	45 - 100
	100 - 500
	500 - 1000
	yli 1000

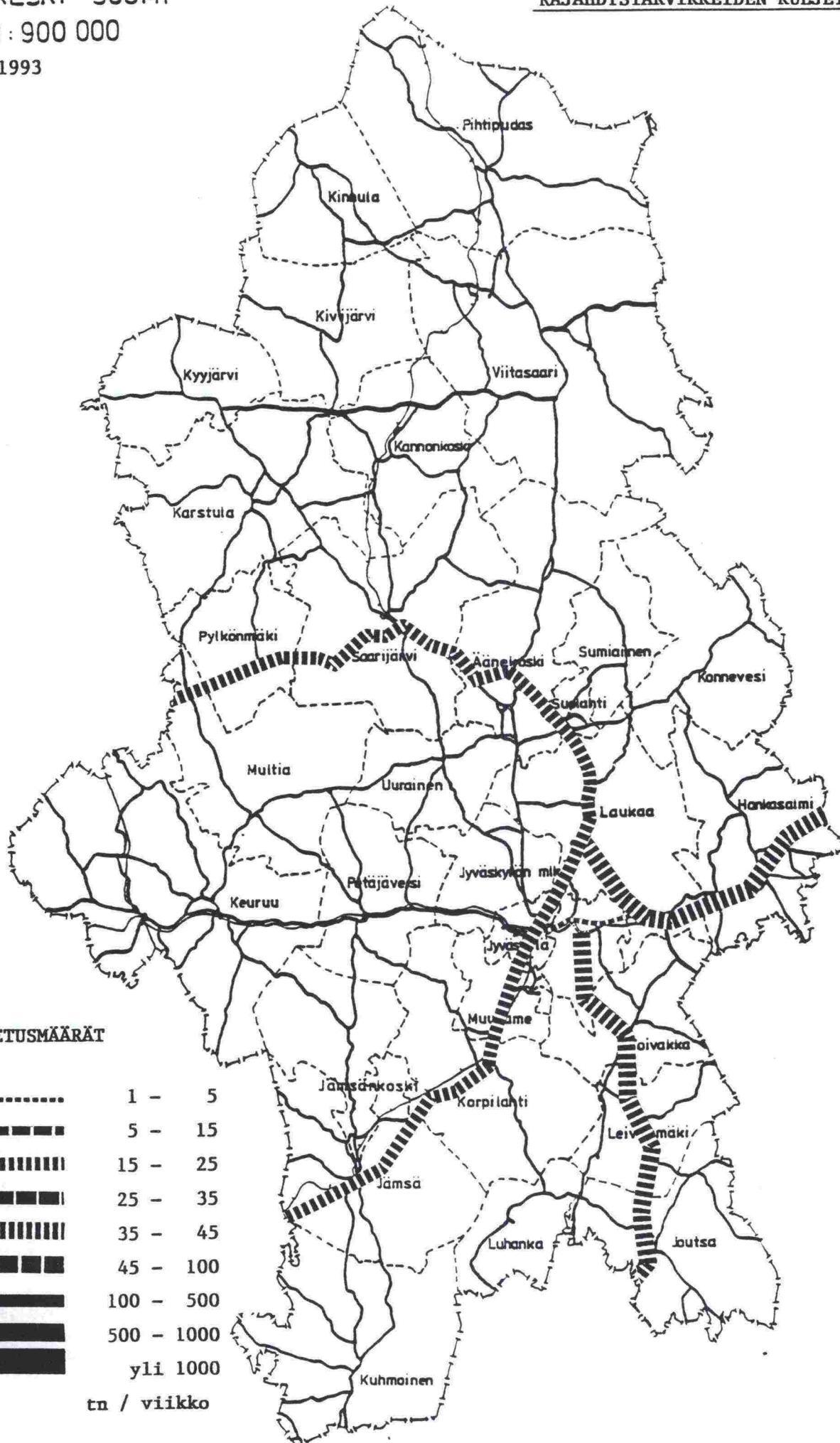
tn / viikko

KESKI - SUOMI

1: 900 000

1993

RÄJÄHDYSTARVIKKEIDEN KULJETUKSET



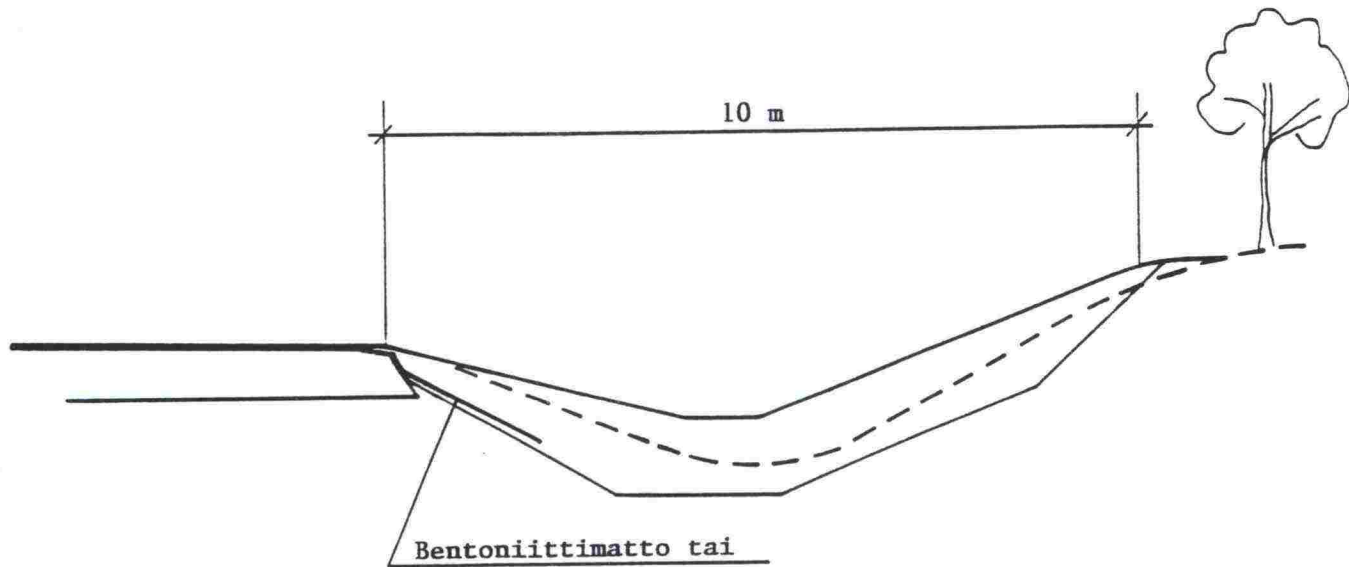
KULJETUSMÄÄRÄT

	1 - 5
	5 - 15
	15 - 25
	25 - 35
	35 - 45
	45 - 100
	100 - 500
	500 - 1000
	yli 1000

tn / viikko

Erittäin vaativa suojaus

Rakenne 1 ME



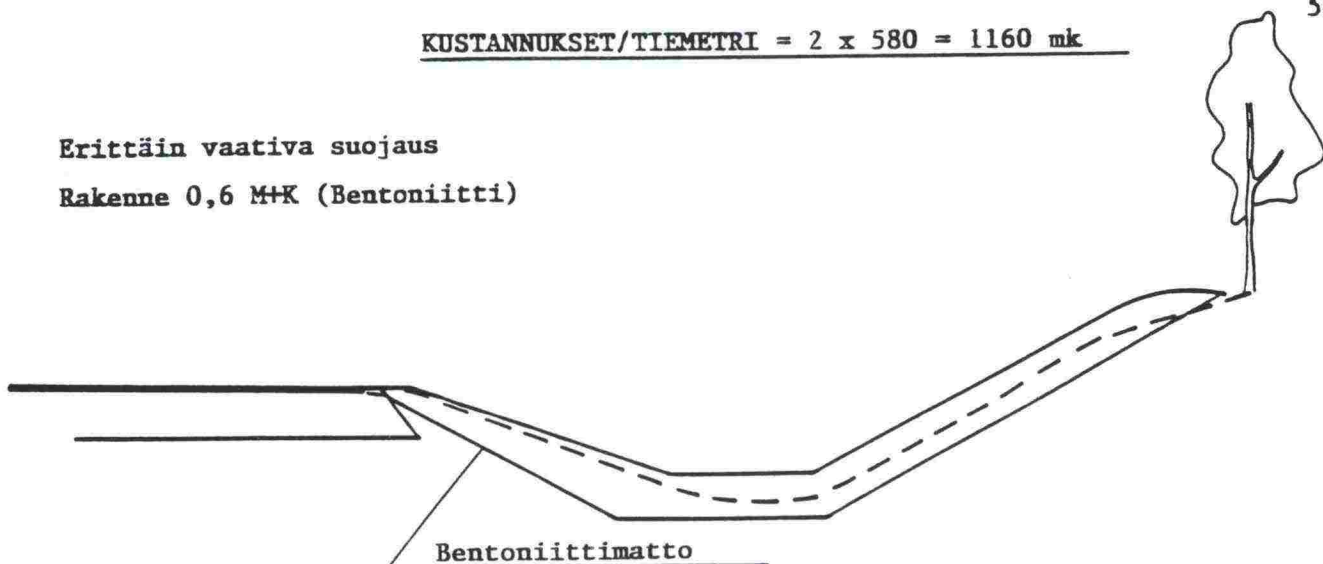
Bentoniittimatto tai
bitumiemulsioruiskutus
KUSTANNUKSET MK/LUISKAMETRI

	Yks.	Määrä	á	Yht.
Maan leikkaus + kuljetus (3 km)	m ³ tr	5.5	20,-	110,-
Bentoniittimattokaista	m ² tr	3	50,-	150,-
Erikoismaatiiviste + suojaverhous	m ³ rtr	8.6	30,-	260,-
Nurmetus	m ³ tr	12	5,-	60,-
				580,-

KUSTANNUKSET/TIEMETRI = 2 x 580 = 1160 mk

Erittäin vaativa suojaus

Rakenne 0,6 M+K (Bentoniitti)



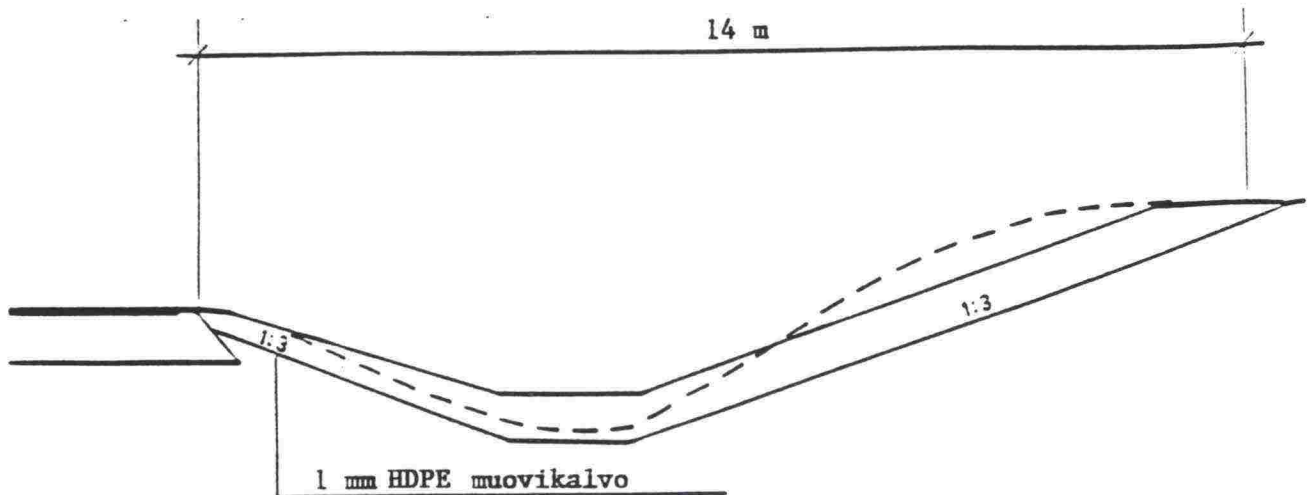
KUSTANNUKSET MK/LUISKAMETRI

	Yks.	Määrä	á	Yht.
Maan leikkaus + kuljetus	m ³ tr	4	20,-	80,-
Bentoniittimatto	m ² tr	13	50,-	650,-
Maatiiviste + suojaverhous	m ³ rtr	6.5	30,-	195,-
Nurmetus	m ² tr	12	5,-	60,-
				985,-

KUSTANNUKSET/TIEMETRI = 2 x 985 = 1970 mk

Erittäin vaativa suojaus

Rakenne 0,6 M+K (1 mm muovikalvo)



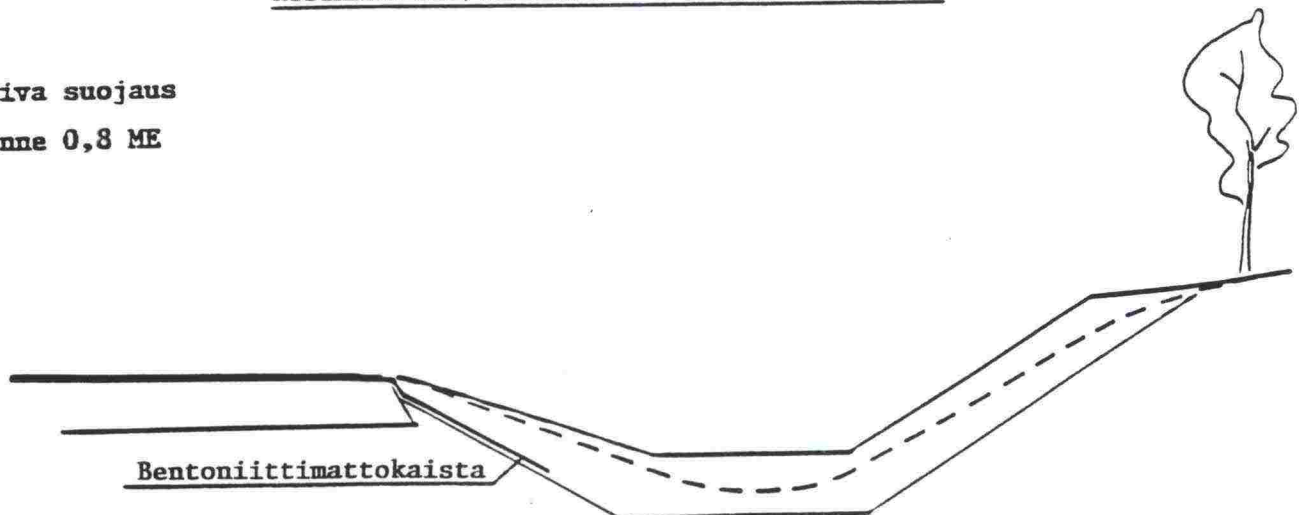
KUSTANNUKSET MK/LUISKAMETRI

	Yks.	Määrä	á	Yht.
Maan leikkaus + kuljetus	m ³ tr	7.1	20,-	142,-
Muovikalvo (1 mm HDPE)	m ² tr	15.5	35,-	543,-
Maatiiviste + suojaverhous	m ³ rtr	8	30,-	240,-
Nurmetus	m ² tr	15	5,-	75,-
				1000.-

KUSTANNUKSET/TIEMETRI = 2 x 1000 = 2000 mk

Vaativa suojaus

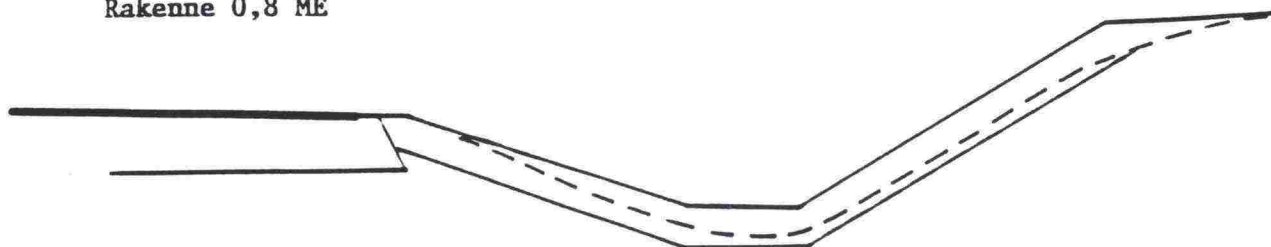
Rakenne 0,8 ME



KUSTANNUKSET MK/LUISKAMETRI

	Yks.	Määrä	á	Yht.
Maan leikkaus + kuljetus (3 km)	m ³ tr	4.2	20,-	84,-
Maatiiviste + suojaverhous	m ³ rtr	7.2	30,-	216,-
Bentoniittimattokaista	m ² tr	3.0	50,-	150,-
Nurmetus	m ² tr	11.5	5,-	60,-
				510,-

Perussuojaus
Rakenne 0,8 ME

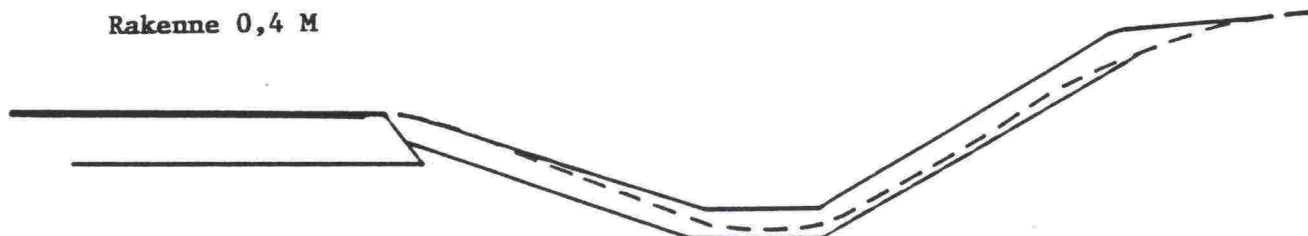


KUSTANNUKSET MK/LUISKAMETRI

	Yks.	Määrä	á	Yht.
Maan leikkaus + kuljetus (3 km)	m ³ tr	3	20,-	60,-
Maatiiviste + suojaverhous	m ³ rtr	5.5	30,-	165,-
Rakennusmuovi 0,3 mm	m ² tr	12.5	13,-	163,-
Nurmetus	m ² tr	11.5	5,-	60,-
				<u>450,-</u>

KUSTANNUKSET/TIEMETRI 2 x 450 = 900 mk

Kevyt suojaus
Rakenne 0,4 M



KUSTANNUKSET MK/LUISKAMETRI

Maan leikkaus + kuljetus (3 km)	m ³ tr	3	20,-	60,-
Maatiiviste + suojaverhous	m ³ rtr	4.4	30,-	130,-
Nurmetus	m ² tr	11.5	5,-	60,-
				<u>250,-</u>

KUSTANNUKSET/TIEMETRI 2 x 250 = 500 mk

POHJAVESIALUE NRO JA NIMI	ALUEELLA OLEVAT TIET		KP- LUOK- KA	VAARALLIS- TEN AINEIDEN KULJ. (t/v)	RISKI- LUKU			R- LUKU YHT.	VEDEN- OTTAMOT	VIIMEISIN CL-PITOI- SUUS		SUOJAUSKUSTANNUKSET (Mmk)								
	Nro	Pit. (km)												vuosi	SUOJAUSVAIHTOEHTO 1 VALUMA-ALUEEN SUOJ.			SUOJAUSVAIHTOEHTO 2 POHJAVESIALUEEN SUOJ.		
															0,8 ME	0,5 MB	0,4 M	0,8 ME	0,5 MB	0,4 M
Kunta: Kivijärvi Tiemestaripiirit: 09 265 01 Kivijärven kk	Pihtipudas Mt 646	0,9	III	2 800	56	0	1	57	Tervaniemi	8,6	92	3,45	3,0	1,7	3,45	3,0	1,7			
Kunta: Konginkangas Tiemestaripiirit: 09 274 01 Konginkankaan kk	Suolahti Mt 6454	0,4	II	-	51	3	1	55	Pohjoishiekka	12,0	92	0,65	0,6	0,3	0,65	0,6	0,3			
Kunta: Korpilahti Tiemestaripiirit: 09 277 01 Vihtakangas	Jyväskylä Mt 607	2,5	III	-	53	0	1	54	Vihtakangas	4,0	92	1,15	1,0	0,45	3,2	2,8	1,55			
Kunta: Kuhmoinen Tiemestaripiirit: 09 291 01 Mällykäinen 09 291 02 Karklampi	Jämsä Vt 4 Mt 3291 Mt 3291	0,2 1,0 0,4	I II III	160 000 - -	53 52	10 0	6 1	69 53	Mällykäinen Hakki	12,0 0,5	92 91	1,55 0,5	1,4 0,45	0,8 0,25	1,55 0,5	1,4 0,45	0,8 0,25			
Kunta: Kyyjärvi Tiemestaripiirit: 09 312 02 Sormiharju	Karstula Vt 13	3,9	II	60 000	58	3	4	65	Oikari	9,3	91	2,15	1,9	1,05	6,0	5,25	2,9			

POHJAVESIALUE NRO JA NIMI	ALUEELLA OLEVAT TIET		KP- LUOK- KA	VAARALLIS- TEN AINEIDEN KULJ. (t/v)	RISKI- LUKU			R- LUKU YHT.	VEDEN- OTTAMOT	VIIMEISIN CL-PITOI- SUUS		SUOJAUSKUSTANNUKSET (Mmk)					
					1-8	9-10	11					SUOJAUSVAIHTOEHTO 1			SUOJAUSVAIHTOEHTO 2		
	(mg/l)	vuosi								0,8 ME	0,5 MB	0,4 M	POHJAVESIALUEEN SUOJ.				
Kunta : Laukaa Tiemestaripiirit:	Jyväskylä, Hankasalmi	Suolahti,															
09 410 01 Laukaan kk	Mt 637	2,2	III	26 800	62	0	2	64	Sulkusilta Paviljonki	58,0 27,0	92 92	3,6	3,15	1,8	3,6	3,15	1,8
09 410 04 Valkola	Pt 16754	2,2	III	-	52	0	1	53	Ei ottamoa	-	-	1,55	1,35	0,75	-	-	-
09 410 05 Tervakangas	Mt 637	0,6	III	-	36	0	1	37	Ei ottamoa	-	-	-	-	-	0,8	0,7	0,4
09 410 07 Hietasyrjänpangas	Mt 637	1,3	III	-	38	0	1	39	Ei ottamoa	-	-	-	-	-	4,85	4,3	2,4
09 410 09 Äijälä	Pt 16761 Mt 637	2,5 2,8	K K	-	58	3	1	59	Äijälä	4,5	82	2,45	2,2	1,2	4,25	3,75	2,1
09 410 13 Vuontee	Mt 640 Pt 16727	0,4 5,7	II III	28 800	60	0	1	61	Vuontee	5,6	92	1,85	1,6	0,9	6,2	5,5	3,0
Kunta: Multia Tiemestaripiirit:	Keuruu																
09 495 01 Multian kk	Mt 622 Mt 627	1,5 0,2	II II	-	58	3	1	62	Kirkkoranta	29,0	92	4,35	3,85	2,1	4,35	3,85	2,1
Kunta: Muurame Tiemestaripiirit:	Jyväskylä																
09 500 01 Suuruskangas	Vt 4	4,0	I	75 000	36	10	4	50	Suuruskangas	8,0	92	-	-	-	5,1	4,5	2,5

POHJAVESIALUE NRO JA NIMI	ALUEELLA OLEVAT TIET		KP- LUOK- KA	VAARALLIS- TEN AINEIDEN KULJ. (t/v)	RISKI- LUKU			R- LUKU YHT.	VEDEN- OTTAMOT	VIIMEISIN CL-PITOI- SUUS		SUOJAUSKUSTANNUKSET (Mmk)					
					SUOJAUSVAIHTOEHTO 1		SUOJAUSVAIHTOEHTO 2			(mg/l)	vuosi	VALUMA-ALUEEN SUOJ.			POHJAVESIALUEEN SUOJ.		
	Nro	Pit. (km)			1-8	9-10	11					0,8 ME	0,5 MB	0,4 M	0,8 ME	0,5 MB	0,4 M
Kunta: Petäjävesi Tiementaripiirit: 09 592 01 Petäjäveden kk	Keuruu Mt 6241 Mt 6271	0,36 0,8	III III	- -	53	0	1	54	Hätälä	5,0	92	1,55	1,3	0,75	1,55	1,3	0,75
Kunta: Pihtipudas Tiementaripiirit: 09 601 01 Niemenharju 09 601 04 Murasjärvi 09 601 51 Särkiharju	Pihtipudas Vt 4 Mt 760 Mt 760	1,0 2,1 3,6	I III III	20 000 12 000 12 000	56	10	1	67	Niemenharju	8,5	92	1,35	1,2	0,65	1,9	1,7	0,95
Kunta: Saarijärvi Tiementaripiirit: 09 729 01 Voudinniemi 09 729 02 Ahvenlampi 09 729 03 Haukilampi 09 729 04 Kalmari	Saarijärvi Vt 13 Vt 13 Vt 13 Vt 13	0,3 1,6 2,1 2,1	I II II II	80 000 80 000 80 000 80 000	54	10	4	68	Voudinniemi	21,0	90	0,6	0,55	0,3	0,6	0,55	0,3
Kunta: Sumiainen Tiementaripiirit: 09 770 06 Kuntala 09 770 07 Kuokansalmi	Suolahti Mt 645 Mt 645	0,2 0,7	II II	- -	46	3	1	50	Kuntala	45	82	0,3	0,25	0,15	-	-	-
					62	3	1	66	Kuokanniemi	13,0	92	1,0	0,9	0,5	1,0	0,9	0,5

POHJAVESIALUE NRO JA NIMI	ALUEELLA OLEVAT TIET		KP- LUOK- KA	VAARALLIS- TEN AINEIDEN KULJ. (t/v)	RISKI- LUKU			R- LUKU YHT.	VEDEN- OTTAMOT	VIIMEISIN CL-PITOI- SUUS		SUOJAUSKUSTANNUKSET (Mmk)					
												SUOJAUSVAIHTOEHTO 1			SUOJAUSVAIHTOEHTO 2		
	Nro	Pit. (km)				1-8	9-10			11	(mg/l)	vuosi	0,8 ME	0,5 MB	0,4 M	0,8 ME	0,5 MB
09 770 51 Mäkilampi	Mt 645	1,0	II	-	36	3	1	40	Ei ottamoa	-	-	-	-	-	1,55	1,35	0,75
Kunta: Suolahti Tiementaripiirit: 09 774 01 Suolahti (A)	Suolahti Mt 645	0,3 (0,6)	II	-	51	3	1	55	Mutalahti	16,0	92	0,6	0,55	0,3	-	-	-
Kunta: Toivakka Tiementaripiirit: 09 850 01 Toivakan kk 09 850 02 Maunonen	Hankasalmi Mt 618 Mt 618	1,8 2,1	II II	2 900 -	49 58	3 3	1 1	53 62	Kirkonkylä Maunonen	7,4 3,5	79 91	- 1,15	- 1,0	- 0,5	3,45 3,2	3,05 2,85	1,7 1,6
Kunta: Uurainen Tiementaripiirit: 09 892 03 Höytiä 09 892 07 Kangashäkki 09 892 52 Hirvaskangas	Saarijärvi Mt 625 Mt 631 Vt 4 Kt 69 Mt 631	0,4 1,0 1,1 0,35 2,9	III III I II III	- - 150 000 16 500 -	37 50 62	0 0 0	1 1 1	38 51 63	Ei ottamoa (havaintop.) Kangashäkki Puntavuori	0,8- 3,0 4,9 1,3	88 92 92	- 0,26 0,25	- 0,22 0,22	- 0,13 0,12	0,6 1,0 2,95	0,55 0,9 2,6	0,3 0,5 1,45

SELVITYKSESSÄ MUKANA OLLEET POHJAVESIALUEET

Kunta	Pohjavesialue		
1. JOUTSA	1.1	09 172 01	Joutsan kk
	1.2	09 172 02	Kirkkokangas
2. JYVÄSKYLÄ	2.1	09 179 51	Seppälänkangas
3. JYVÄSKYLÄN MLK	3.1	09 180 01	Lintukangas
	3.2	09 180 02	Keski-Palokka
	3.3	09 180 07	Oravisaari
	3.4	09 180 08	Luonetjärvi
	3.5	09 180 51	Tikkakoski
4. JÄMSÄ, JÄMSÄNKOSKI	4.1	09 182 01	Kollinkangas
	4.2	09 182 02	Heräkulma
	4.3	09 182 03	Holiseva
	4.4	09 182 51	Kerkkolankangas
5. KANNONKOSKI	5.1	09 216 03	Hietaharju
6. KARSTULA	6.1	09 226 01	Miekkamäki
	6.2	09 226 02	Silmisuo
	"	09 226 03	Heinälampi
	6.3	09 226 04	Hautakangas
	6.4	09 226 05	Hoikanjärvenkangas
7. KEURUU	7.1	09 249 03	Sammallahti
	7.1		Tervan vedenottamo
	7.2	09 249 04	Elämäinen
	7.3	09 249 05	Kaleton
	7.4	09 249 06	Lintusyrjä
	7.5	09 249 07	Pajulampi
	7.6	09 249 09	Haapamäki
7.7	09 249 10	Ketunpesänmäki	
8. KINNULA	8.1	09 256 01	Kinnulan kk
	8.2	09 256 03	Muhola
	8.3	09 256 51	Kangaskylä
9. KIVIJÄRVI	9.1	09 265 01	Kivijärven kk

10. KONGINKANGAS	10.1	09 274 01	Konginkankaan kk.
11. KORPILAHTI	11.1	09 277 01	Vihtakangas
12. KUHMOINEN	12.1	09 291 01	Mällykäinen
	12.2	09 291 02	Karklampi
13. KYIJÄRVI	13.1	09 312 02	Sormiharju
14. LAUKAA	14.1	09 410 01	Laukaan kk.
	14.2	09 410 04	Valkola
	14.3	09 410 05	Tervakangas
	14.4	09 410 07	Hietasyrjäkangas
	14.5	09 410 09	Äijälä
	14.6	09 410 13	Vuontee
15. MULTIA	15.1	09 495 01	Multian kk
16. MUURAME	16.1	09 500 01	Suuruskangas
17. PETÄJÄVESI	17.1	09 592 01	Petäjäveden kk.
18. PIHTIPUDAS	18.1	09 601 01	Niemenharju
	18.2	09 601 04	Muurasjärvi
	18.3	09 601 51	Särkiharju
19. SAARIJÄRVI	19.1	09 729 01	Voudinniemi
	19.2	09 729 02	Ahvenlampi
	19.3	09 729 03	Haukilampi
	19.4	09 729 04	Kalmari
20. SUMIAINEN	20.1	09 770 06	Kuntala
	20.2	09 770 07	Kuokansalmi
	20.3	09 770 51	Mäkilampi
21. SUOLAHTI	21.1	09 774 01	Suolahti (A)
22. TOIVAKKA	22.1	09 850 01	Toivakan kk.
	22.2	09 892 02	Maunonen
23. UURAINEN	23.1	09 892 03	Höytiä
	23.2	09 892 07	Kangashäkki
	23.3	09 892 52	Hirvaskangas

LUETTELO I-LUOKAN POHJAVESIALUEISTA KUNNITTAIN JA TIEHANKKEET, JOIDEN YHTEY-
DESSÄ ALUEEN SUOJAAMINEN VOIDAAN TARVITTAESSA TOTEUTTAA :

Pohjavesialue	Kunta	R-luku	Tiehanke alueella
Joutsan kk	Joutsa	65	
Kirkkokangas	Joutsa	65	Kt 59 parantaminen ?
Seppälänkangas	Jyväskylä	70	Mt 637 Seppälänk.-Laukaa
Lintukangas	Jyväskylän mlk	74	Vt4 Palokka - Tikkakoski
Keski-Palokka	Jyväskylän mlk	60	
Oravisaari	Jyväskylän mlk	56	Kt59 parantaminen
Luonetjärvi	Jyväskylän mlk	61	
Tikkakoski	Jyväskylän mlk	61	Vt4 Palokka - Tikkakoski
Kollinkangas	Jämsä	56	
Heräkulma	Jämsä	61	
Holiseva	Jämsä	60	
Kerkkolankangas	Jämsä	61	
Hietaharju	Kannonkoski	39	
Miekkämäki	Karstula	67	
Silmisuo	Karstula	47	
Heinälampi	Karstula	47	
Hautakangas	Karstula	57	
Hoikanjärvenkangas	Karstula	67	
Sammallahti	Keuruu	61	Keuruu - Liesjärvi ?
Terva	Keuruu	62	
Elämäinen	Keuruu	64	
Kaleton	Keuruu	69	
Lintusyrjä	Keuruu	40	
Pajulampi	Keuruu	54	
Haapämäki	Keuruu	64	
Ketunpesänmäki	Keuruu	59	
Kinnulan kk	Kinnula	56	
Muhola	Kinnula	63	
Kangaskylä	Kinnula	58	
Kivijärven kk	Kivijärvi	57	
Vihtakangas	Korpilahti	54	
Mällykäinen	Kuhmoinen	69	Vt4 perusparannus ?
Karklampi	Kuhmoinen	53	
Sormiharju	Kyyjärvi	65	
Laukaan kk	Laukaa	64	
Valkola	Laukaa	53	
Tervakangas	Laukaa	37	
Hietasyrjänpangas	Laukaa	39	
Äijälä	Laukaa	59	
Vuontee	Laukaa	61	
Multian kk	Multia	62	Jkl - Vaasa vt18 ?
Suuruskangas	Muurame	50	Vt4 Muurame-Korpilahti ?
Petäjäveden kk	Petäjävesi	54	
Niemenharju	Pihtipudas	67	
Muurasjärvi	Pihtipudas	63	
Särkiharju	Pihtipudas	60	
Voudinniemi	Saarijärvi	68	Vt13 tiejärjestelyt ?
Ahvenlampi	Saarijärvi	55	
Haukilampi	Saarijärvi	50	
Kalmari	Saarijärvi	69	
Kuntala	Sumiainen	50	
Kuokansalmi	Sumiainen	66	
Mäkilampi	Sumiainen	40	
Suolahti (A)	Suolahti	55	
Toivakan kk	Toivakka	53	
Maunonen	Toivakka	62	
Höytiä	Uurainen	38	
Kangashäkki	Uurainen	38	
Hirvaskangas	Uurainen	63	Vt4 Vehniä-Äänekoski
Konginkankaan kk	Äänekoski	55	

POHJAVESIALUEET KOKONAISSRISKIPISTELUVUN MUKAISESSA JÄRJESTYKSESSÄ :

Pohjavesialue	Kunta	R-luku	Käyttö
Lintukangas	Jyväskylän mlk	74	Kirrin ottamo
Seppälänkangas	Jyväskylä	70	Kankaan tehtaat
Kaleton	Keuruu	69	Kalettoman varikko ym.
Mällykäinen	Kuhmoinen	69	Kuhmoisten kk
Kalmari	Saarijärvi	69	Kalmarin kylä
Voudinniemi	Saarijärvi	68	Saarijärven kaupunki
Miekkämäki	Karstula	67	Karstulan kk
Hoikanjärvenkangas	Karstula	67	Kimingin kylä
Niemenharju	Pihtipudas	67	Pihtiputaan kk
Kuokansalmi	Sumiainen	66	Sumiaisten kk
Joutsan kk	Joutsa	65	Joutsan kk
Kirkkokangas	Joutsa	65	Aluevaraus
Sormiharju	Kyyjärvi	65	Oikarin kylä
Elämäinen	Keuruu	64	Ei toistaiseksi
Haapamäki	Keuruu	64	Haapamäen taajama
Laukaan kk	Laukaa	64	Laukaan kk
Muhola	Kinnula	63	Muholan kylä
Muurasjärvi	Pihtipudas	63	Muurasjärven kylä
Hirvaskangas	Uurainen	63	Puntavuoren ottamo
Terva	Keuruu	62	Keuruun kaupunki
Multian kk	Multia	62	Multian kk
Maunonen	Toivakka	62	Toivakan kk
Luonetjärvi	Jyväskylän mlk	61	Varuskunta
Tikkakoski	Jyväskylän mlk	61	Tikkakosken taajama
Heräkulma	Jämsä	61	Jämsän kaupunki
Kerkkolankangas	Jämsä	61	Jämsänkosken kaupunki
Sammallahti	Keuruu	61	Keuruun kaupunki
Vuontee	Laukaa	61	Lievestuoreen taajama
Keski-Palokka	Jyväskylän mlk	60	Keski-Palokka
Holiseva	Jämsä	60	Holisevan ottamo
Särkiharju	Pihtipudas	60	Särkiharjun ottamo
Ketunpesänmäki	Keuruu	59	Ei toistaiseksi
Äijälä	Laukaa	59	Äijälän kylä
Kangaskylä	Kinnula	58	Kinnulan kk ?
Hautakangas	Karstula	57	Rillakankaan ottamo
Kivijärven kk	Kivijärvi	57	Kivijärven kk
Oravisaari	Jyväskylän mlk	56	Ei käyttöä ?
Kollinkangas	Jämsä	56	Jämsän kaupunki
Kinnulan kk	Kinnula	56	Kinnulan kk
Ahvenlampi	Saarijärvi	55	Saarijärven kaupunki
Suolahti (A)	Suolahti	55	Suolahden kaupunki
Konginkankaan kk	Äänekoski	55	Konginkankaan kk
Pajulampi	Keuruu	54	Keuruun kaupunki ym.
Vihtakangas	Korpilahti	54	Korpilahden kk
Petäjaveden kk	Petäjavesi	54	Petäjaveden kk
Karklampi	Kuhmoinen	53	Kuhmoisten kk
Valkola	Laukaa	53	Ei toistaiseksi ?
Toivakan kk	Toivakka	53	Toivakan kk (varalla)
Suuruskangas	Muurame	50	Muuramen kk ym.
Haukilampi	Saarijärvi	50	Ei toistaiseksi
Kuntala	Sumiainen	50	Sumiaisten kk
Heinälampi	Karstula	47	Tutkimuksia tehty
Silmisuo	Karstula	47	Tutkimuksia tehty
Lintusyrjä	Keuruu	40	Ei toistaiseksi
Mäkilampi	Sumiainen	40	Ei toistaiseksi
Hietaharju	Kannonkoski	39	Piispala n. 200 hlöä
Hietasyrjänkangas	Laukaa	39	Ei toistaiseksi
Höytiä	Uurainen	38	Ei toistaiseksi
Kangashäkki	Uurainen	38	Kangashäkin ottamo
Tervakangas	Laukaa	37	Ei toistaiseksi