




Teuvo Ryyänen, Veli Pekka Lämsä, Jouko Belt, Esko Ehrola

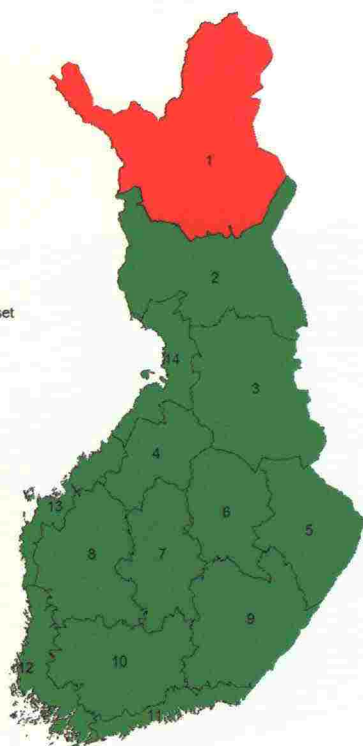
Kelirikon vaikeus ja painorajoitukset

Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito - tutkimusohjelma

Tiehallinnon selvityksiä 28/2004

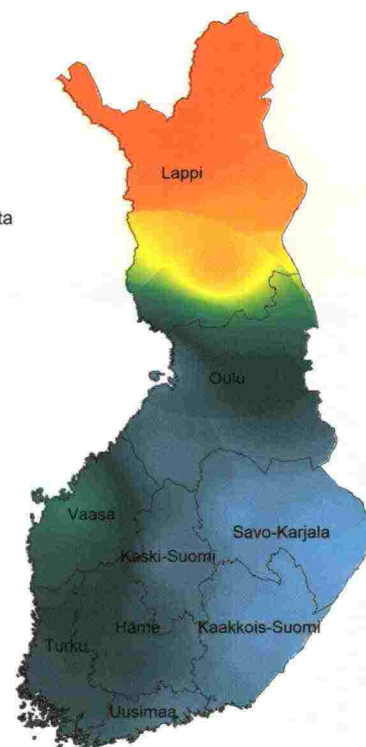
Osa-alueilla noudatettavat painorajoitukset

-  Vaikean kevään rajoitukset
-  Keskivaikeaa kevään rajoitukset
-  Helpon kevään rajoitukset



Poikkeama alueen keskimääräisestä runkokelirikosta

-  Selvästi enemmän
-  Enemmän
-  Hieman enemmän
-  Keskimäärin
-  Hieman vähemmän
-  Vähemmän
-  Selvästi vähemmän



Teuvo Rynnänen, Veli Pekka Lämsä, Jouko Belt, Esko Ehrola

Kelirikon vaikeus ja painorajoitukset

Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito - tutkimusohjelma

Tiehallinnon selvityksiä 28/2004

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-281-5
TIEH 3200878

Verkoversio (www.tiehallinto.fi/julkaisut) pdf
ISSN 1459-1553
ISBN 951-803-282-3
TIEH 3200878-v

Edita Prima Oy
Helsinki 2004

Julkaisua myy:
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
puh. 020 450 011
fax. 020 450 2470



TIEHALLINTO
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 22 11

Asiasanat: soratiet, kelirikko, rajoitukset, vähäliikenteiset tiet

Aiheluokka: 70

TIIVISTELMÄ

Tiehallinto on päättänyt ottaa käyttöön vuoden 2004 aikana uuden koko maassa yhtenäistetyin painorajoituskäytännön, minkä tavoitteena on mm. vähentää painorajoituksia ja niistä aiheutuvia haittoja kokonaisuutena sekä parantaa painorajoitustarpeen ennakointia, tiedottamista ja vuorovaikutussuhdetta tien käyttäjien kanssa. Uuden käytännön mukaisesti tulevana keväänä 2004 painorajoitusten alaiset tiet määritellään painorajoitusluokitellulle tiestölle jo helmikuun aikana, kevään kelirikon vaikeusennusteen avulla.

Painorajoitusluokittelun lähtökohtana soratiestöllä toimii runkokelirikon määrään ja vuosittaiseen toistuvuuteen perustuva kelirikkoalittius. Päälystetyillä tiestöllä luokittelu tehdään verkkohalkeamien määrän perusteella. Painorajoitusluokitteluun vaikuttaa myös liikennemäärä. Liikenteellisesti merkittävillä teillä, missä KVL on yli 200 ajon/vrk, painorajoituksia käytetään vain poikkeustapauksissa.

Kelirikon ennustamiseksi kehitettiin malli, missä koko maa on jaettu 14 osaluueeseen, joille kullekin ennustetaan runkokelirikon vaikeutta kolmiportaisen (helppo, keskivaikea, vaikea) luokittelun mukaisesti. Tärkeimpien mallin sisältämien muuttujien mukaisesti pitkä roudantumisaika, osa-alueelle aikaisemmin tyypillinen suuri runkokelirikkopituus ja korkealla oleva pohjavesi lisäävät runkokelirikon määrää. Mallin sisältämistä muuttujista pieni tammikuun lopun pakkassumma ja aikainen pakkaskauden alku kasvattavat myös hieman runkokelirikon määrää.

Kevään 2004 kelirikon vaikeuden ennustetaan mallin mukaisesti olevan Suomen tiestöllä keskivaikea, lukuun ottamatta pohjoisinta osa-alueetta 1 (Kittilän, Sodankylän ja Ivalon hoitourakat Lapin tiepiirissä). Tällöin koko maahan yhtenäistetyin käytännön mukaisesti osa-alueella 1 painorajoitus asetetaan painorajoitusluokan B, C ja D sorateille sekä luokan B ja D päälystetyille teille. Muilla osa-alueilla painorajoitus asetetaan sorateilla vain luokan C ja D teille sekä päälystetyillä teillä vain luokan D tiestölle.

Lopullinen painorajoitus määräytyy tiepiirissä tehtävän tarkistamisen perusteella rajoituksen asettamisajankohdan läheisyydessä. Päälystetyillä vähäliikenteisillä teillä rajoitusten asettaminen on ajankohtaista, kun vuorokauden keskilämpötila asettuu pysyvästi lämpimän puolelle. Soratiestöllä vastaavan ajankohdan tulisi toimia paikallisena merkinä rakenteen sulamisen etenemisen seurannan aloittamiselle.

Ilman lämpöastesumman kehittymistä 5000 celsiusastetuntiin voitaneen käyttää merkinä yksityiskohtaisemman paikallisen seurannan aloittamiselle, minkä perusteella päätettäisiin varsinainen painorajoitusten poistamisajankohta. Tällöin tierakenne on sulanut arviolta runsaat puoli metriä. Tällaisella menettelyllä varaudutaan hyvissä ajoin rajoitusten poistamiseen liian pitkän rajoitusajan välttämiseksi.

Kevättä 2004 käytetään uuden painorajoituskäytännön toimivuuden testaamiseen. Tässä yhteydessä kannattaisi selvittää myös sorateiden painorajoituksen ajoituksen ja runkokelirikon vaikeuden ennustemenettelyn toimivuutta sekä harkita roudan sulamiseen liittyvän havaintoverkon muodostamista.

Teuvo Ryyänen, Veli Pekka Lämsä, Jouko Belt, Esko Ehrola. Extent of Structural Thaw Weakening and Load Restrictions. Helsinki 2004. Finnish National Road Administration. Finnra Reports 28/2004, 50 p. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-281-5, TIEH 3200878.

Keywords: gravel roads, thaw weakening, load restrictions, low volume roads

ABSTRACT

Finnish National Road Administration has decided to take into use a new country-wide and uniform load restriction practice during year 2004, the aim of which is to reduce load restrictions and the harms caused thereby as a whole, and further, to improve the predictability of the necessity of load restrictions as well as information and communication with road users. In compliance with this new practice, spring 2004 will see the roads in road networks classified as 'load-restricted' to be defined according to load restrictions already during February, by means of the volume prediction of thaw-weakening for the spring concerned.

The starting point for the classification of load restriction on gravel road networks is the susceptibility of the road to structural thaw-weakening by its extent and yearly recurrence. On paved road networks, the classification is based on the quantity of alligator cracking. The classification of load restrictions is also related to the amount of traffic. On traffic wise important roads, where the average daily traffic exceeds 200, load restrictions are only placed in exceptional cases.

In order to predict thaw-weakening, a model was designed by which the country was divided into 14 districts. The extent of structural thaw-weakening is predicted for each district according to a three-tier classification (easy, medium, rough). In line with the most significant variables of this model, a long freezing time, previously occurred high volume of structural thaw-weakening typical for the district, and a high level of ground-water add to the extent of structural thaw-weakening. Of the variables included by the model, the freezing index of late January and an early start of the cold period also increase the volume of structural thaw-weakening to some extent.

According to the model, in spring 2004 the extent of thaw-weakening is predicted to be medium, exclusive of the most northern district 1. Thus, in accordance with the above-mentioned national practice, in district 1, load restriction is placed on gravel roads of load restriction classification B, C and D as well as on paved roads of classification B and D. In the other districts, load restriction is placed on roads of classification C and D only, and on paved roads of classification D only.

The conclusive load restriction is defined on the basis of a thaw-weakening check conducted in the road district on approach of the placement time of the restriction. On paved lightly-trafficked roads the placement of road restrictions is timely when the day mean temperature is continuously above zero. On gravel road networks, this point ought to be a starting signal for local monitoring of the thawing process of the structure.

The increase of thawing index up to 5000 °Ch might be used as a starting signal for more detailed local monitoring, on the basis of which the conclusive time for removing the load restrictions would be defined. At this point the road structure will have

thawed approximately over 50 cm. This practice promotes the remove of load restrictions in good time to avoid too long restriction times.

Spring 2004 will be a pilot period to test the functionality of the load restriction practice. On this occasion, it would also be worth investigating the functionality of both the timing of the load restrictions and the prediction practice of the volume of structural thaw weakening. Furthermore it would be worth considering the formation of observation network related to thawing.

ALKUSANAT

Tiehallinnossa käynnistettiin loppuvuonna 2002 "Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito" -tutkimusohjelma. Tutkimusohjelman yhtenä kohtana on "Kelirikkoisten teiden suunnittelun ja painorajoitusten asettamisen perusteet".

Työtä on ohjannut projektiryhmä, johon kuuluvat

Lasse Weckström,	Tiehallinto, puheenjohtaja
Tapani Pöyry,	Tiehallinto
Timo Saarenketo,	Roadscanners
Esko Ehrola,	Oulun yliopisto
Jouko Belt,	Oulun yliopisto
Martti Perälä,	Plaana Oy
Aarno Valkeisenmäki,	Tieliikelaitos, sihteeri

Oulun yliopiston rakentamisteknologian tutkimusryhmässä työhön ovat osallistuneet tutkijat Teuvo Ryyänen ja Veli Pekka Lämsä sekä projektipäällikkö Jouko Belt ja tutkimusprofessori Esko Ehrola.

Oulussa huhtikuu 2004

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	13
2	RUNKOKELIRIKON VAIKEUDEN ENNUSTAMINEN	14
2.1	Perusteet	14
2.2	Aineistot ja niiden käsittely	15
2.21	Lämpötilamuuttujat	15
2.22	Pohjaveden korkeus	18
2.23	Suhteellinen runkokelirikko	20
2.3	Runkokelirikkomalli	22
2.4	Kevään 2004 runkokelirikkoennuste	26
3	PAINORAJOITUKSET SORATEILLÄ	29
3.1	Painorajoitusten määräytymisprosessi	29
3.2	Kelirikon vaikeuden vaikutus painorajoitustarpeeseen	32
3.3	Sorateiden painorajoitukset 2004	34
3.4	Painorajoitusten asettaminen ja poistaminen sorateilla	35
3.41	Roudan sulamisen arvioinnin filosofiaa	35
3.42	Painorajoitusten asettaminen	42
3.43	Painorajoitusten poistaminen	43
4	PÄÄLLYSTETTYJEN TEIDEN PAINORAJOITUKSET	45
4.1	Päällystettyjen teiden rakenteet ja verkkohalkeilu	45
4.2	Ennustemallin hyödyntäminen ja painorajoitusten määräytyminen	46
4.3	Päällystettyjen teiden painorajoitukset 2004	47
4.4	Painorajoitusten asettaminen ja poistaminen päällystetyillä teillä	47
5	YHTEENVETO JA SUOSITUKSET	48

KIRJALLISUUSLUETTELO

1 JOHDANTO

Keväinen tiestön kelirikko on merkittävin sorateiden palvelutasoa heikentävistä tekijöistä. Tierakenteen sulamiskauden alentunut kuormituskestävyys joudutaan ottamaan huomioon painorajoitusten muodossa myös tietyllä osalla päällystettyjä vähäliikenteisiä teitä. Kevääseen ajoittuva kelirikko vaivaa tiestöä säännöllisesti. Kelirikon määrä riippuu teiden rakenteiden lisäksi pääosin edellisen syksyn ja alkutalven sää- ja kosteustilanteesta, mutta myös roudan sulamisolosuhteet keväällä vaikuttavat kelirikon määrään.

Kelirikon määrä vaihtelee merkittävästi sekä alueellisesti että vuosittain. Kelirikon laajuus ja rankkuus sekä niistä johtuvat painorajoitukset tulisi kyetä ennakoimaan, jottei teiden liikennöitävyys tarpeettomasti heikentyisi painorajoitusten tai (runko)kelirikon vuoksi huonokuntoisen tiestön seurauksena.

Kelirikon ennustamista on aikaisemmin tarkasteltu strategisen projektin S14 yhteydessä mm. raportissa *Sorateiden runkokelirikko ja kelirikon vaikeuden ennustaminen* (TIEH 46/2003). Runkokelirikon vaikeuden ennustaminen tulisi tapahtua hyvissä ajoin edeltävänä talvena helmikuun loppuun mennessä, jotta tulokset olisivat käytävissä yhtenäistetyssä painorajoitusmenettelyssä. Käytännön syistä ennusteen tulee siten perustua syksyn ja alkutalven ilmastotietoihin.

Tässä projektin vaiheessa kehitetään sorateiden runkokelirikon vaikeuden ennustemalli koko Suomessa yhtenäistettävän painorajoitusmenettelyn yhteyteen, jolloin voidaan ennakoida edeltävänä talvena hoidon alueurakoinnin painorajoitusten laajuus keväällä sekä tiedottaa käyttäjille tulevista kelirikkorajoituksista. Samalla kuvaillaan uuden painorajoitusmenettelyn mukainen tiestön luokittelu, niin sorateiden kuin päällystettyjen teidenkin osalta, ja kevään 2004 runkokelirikon vaikeuden ennusteen perusteella määritellään painorajoitettava tiestö keväällä 2004. Lisäksi arvioidaan roudan sulamisen etenemistä tierakenteessa ilman (ja tien pinnan) lämpöasteesummaan perustuen ja tarkastelun tuloksiin nojautuen otetaan kantaa painorajoitusten alkamis- ja poistamisajankohdan määrittämiseen.

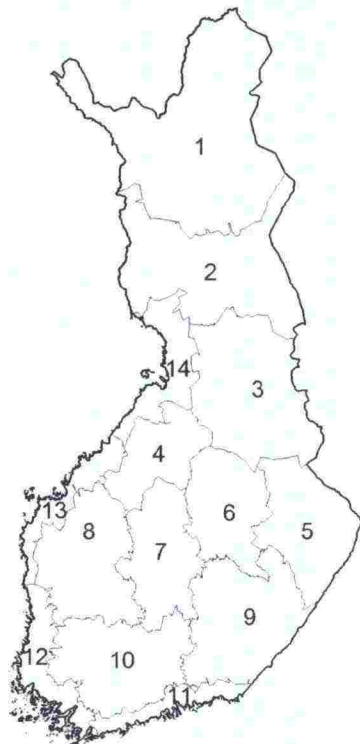
2 RUNKOKELIRIKON VAIKEUDEN ENNUSTAMINEN

2.1 Perusteet

Ennustamisella pyritään ennakoimaan tammikuun lopun tunnettujen tekijöiden avulla tulevan kevään runkokelirikon vaikeus. Runkokelirikon suhteellisen määrän ennustamisessa käytetään lämpötiloista laskettuja tunnuslukuja, pohjaveden korkeutta sekä alueellista keskimääräistä runkokelirikkomäärää.

Tässä tutkimuksessa säätiedot ovat vuosilta 1971 - 2003 (Ilmatieteen laitos) ja pohjaveden korkeustiedot vuosilta 1974 - 2003 (Suomen ympäristökeskus). Soratiestö- ja runkokelirikon inventointitietokannat ovat vuosilta 1995 - 2003 (Tiehallinto). Tiehallinnon paikkatietojärjestelmästä oli käytössä vuoden 2003 loppupuolella toimitettu kokonaisuus, joka sisälsi Suomen tiet tieosineen, tiepiirit, kunnat, hoitourakka-alueet sekä Suomen aluerajat.

Sorateiden tekninen laatu ja ikä sekä teiden alusrakenteet vaihtelevat alueellisesti Suomessa. Myös säätekijät vaihtelevat alueellisesti. Tästä syystä Suomi on jaettu 14 osa-alueeseen siten, että ne olisivat mahdollisimman homogeenisia eri muuttujien suhteen. Osa-alueajat noudattavat vuonna 2003 voimassa olleita hoitourakka-alueajoja. Laskelmissa muuttujat määritetään kullekin osa-alueelle ja niiden perusteella lasketaan yksi, koko Suomea koskeva malli (kuva 1).



Kuva 1. Osa-alueet.

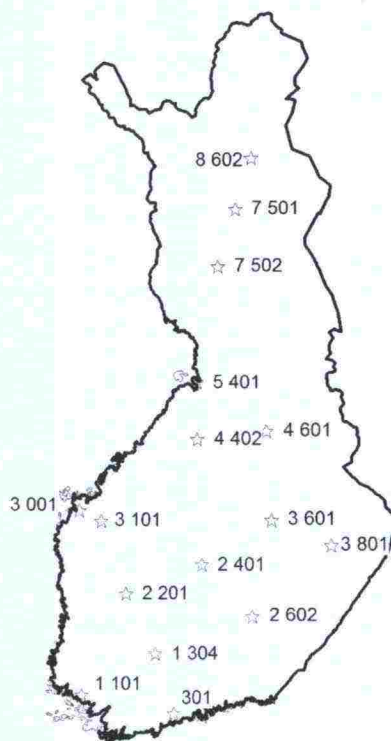
Routaantumisaika on osoittautunut merkittäväksi runkokelirikon määrään vaikuttavaksi tekijäksi. Routaantumisaika tarkoittaa aikaa, jolloin routa etenee tietyltä tasolta toiselle. Tien routaantuessa routarintamaan imeytyy vettä. Imeytyneen veden määrä on sitä suurempi, mitä kauemmin routarintama viipty tietyllä syvyydellä. Pitkä routaantumisaika merkitsee suurta imeytyneen veden määrää ja siten vaikeaa runkokelirikkoa. Kattavia roudan syvyysmittauksia ei Suomessa tehdä, mutta routaantumisaika on tietyllä tarkkuudella laskettavissa pakkasmäärän kasvuun kuluvan ajan avulla [Belt ym., 1999].

Pakkaskaudella routarintamaan imeytyy lisävettä alhaalta päin, koska tällöin sateet tulevat pääosin lumena ja jäänyt rakenne estää käytännössä mahdollisen veden pääsyn ylhäältä päin. Jos pohjaveden pinta on ylhäällä, niin imeytyvän veden määrä on suurempi kuin silloin, jos pohjavesi on syvällä.

2.2 Aineistot ja niiden käsittely

2.2.1 Lämpötilamuuttujat

Ilmatieteenlaitoksen sääasemia on kaikkiaan yli 200, joista tutkimuksessa oli mukana viisitoista (kuva 2). Sääasemien valinta on tehty siten, että kullakin osa-alueella oli vähintään yksi sääasema. Vaasan rannikkoseudulta on otettu mukaan kaksi asemaa 3001 ja 3101 (LPNN = kansallinen sääasematunnus), koska sääolojen on arveltu muuttuvan voimakkaasti siirryttäessä rannikolta sisämaahan eivätkä yhden aseman tiedot ehkä kuvaa riittävän tarkasti näitä muutoksia. Lyhyet jaksot, jolloin tietty sääasema ei ole ollut toiminnassa, on korvattu läheisen sääaseman tiedoilla.



Kuva 2. Tutkimuksen sääasemien sijainti ja niiden kansalliset LPNN-tunnukset.

Esimerkiksi sääaseman 7501 tiedoilla on korvattu sääaseman 8602 talvikauden 1999 - 2000 puuttuvat arvot. Yleisesti ottaen tämän tutkimuksen tarkoituksiin 15 sääasemaa on riittävä määrä kattamaan Suomen alueen.

Kultakin sääasemalta mitatut lämpötilat ovat vuorokauden keskilämpötiloja kuudelta vuoden kuukaudelta (loka-, marras-, joului-, tammi-, helmi- ja maaliskuu) alkaen lokakuun ensimmäisestä päivästä 1976 ja päättyen tammikuun viimeiseen päivään 2004. Jakso sisältää 29 pakkaskautta.

Säämuuttujien määrittely perustuu pakkasmäärään. Pakkasmäärä voidaan määrittellä graafisesti tai jopa silmämääräisesti pienestä aineistosta. Lämpötilatietueita oli 78 478 kappaletta, joten graafinen selvittäminen olisi ollut liian hidasta. Tässä käytettiin seuraavaa menetelmää, jossa lämpötilamuuttujat määritettiin sääasemittain.

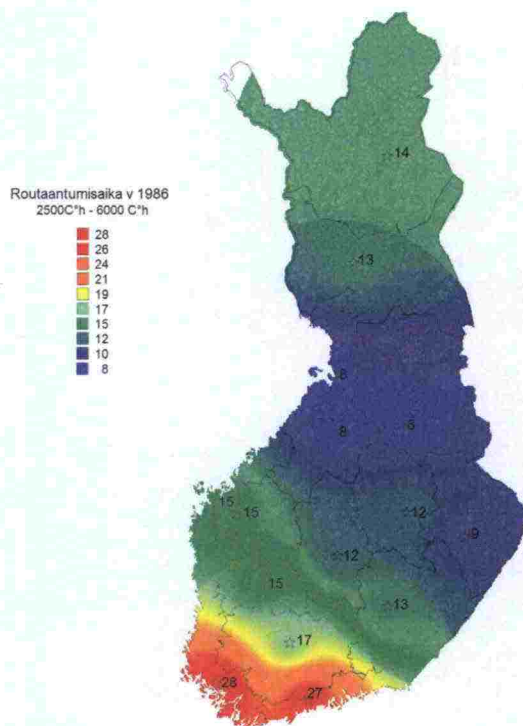
Aluksi säätietueisiin laskettiin päivämäärän perusteella se kevään vuosi (= runkokekirikkokevät), jota tietue edustaa. Taulukko järjestettiin kasvavaan järjestykseen sääaseman ja päivämäärän perusteella ja laskettiin juokseva lämpösumma. Juokseva lämpösumma nollattiin aina, kun tulevan kevään vuosi tai sääasema vaihtui. Kunkin sääaseman ja vuoden pakkaskauden alkuhetki määräytyi suurimman lämpösumman esiintymisen jälkeiseen vuorokauteen.

Seuraavaksi laskettiin kunkin kevään vuoden ja sääaseman kumulatiivinen pakkassumma alkaen pakkaskauden alusta. Lopputuloksena jokaisessa tietueessa oli kyseisen vuorokauden pakkassumma. Tätä taulukkoa hyväksikäyttäen voitiin poimia sääasemittain ja kevään vuosittain ne päivämäärät, jolloin pakkaskausi alkoi, pakkassumma ylitti 2 500 °Ch ja pakkassumma ylitti 6 000 °Ch. Lisäksi kerättiin tammikuun 31. päivän pakkassumma. Tammikuun pakkassummaa käytetään sellaisenaan. Routaantumisaika 2 500 - 6 000 °Ch on kyseisiä pakkasummaa edustavien päivämäärien erotus ja routaantumisaika pakkaskauden alusta tammikuun 31. päivään on vastaava päivämäärien erotus.

Lasketut säämuuttujat edustavat tarkasti kyseistä pistettä (sääasemaa). Säämuuttujan arvot osa-alueille saatiin paikkatietojärjestelmän avulla.

Kaikkien sääasemien yhden vuoden ja yhden muuttujan koordinaatistoon sidotut arvot siirretään paikkatietojärjestelmään, levitetään IDW (Inverse Distance Weighting) -menetelmällä koko Suomen aluetta koskevaksi hilaksi ja lasketaan kullekin osa-alueelle sen rajojen rajaaman hilan keskiarvo. Lopputuloksena saatiin eri vuosien ja sääalueiden routaantumisaikat 2 500 - 6 000 °Ch (RA_S) ja pakkaskauden alusta tammikuun 31. päivään (RA_T) sekä tammikuun lopun pakkassumma (PS_T).

IDW -menetelmässä muuttujan arvo sääasemapisteesä säilyy samana. Sääasemien välillä olevan solun arvoksi lasketaan käänteisellä etäisyydellä (tässä etäisyys potenssiin 2) painotettu keskiarvo vaikutusetäisyydellä olevien sääasemien arvoista. Laskelmissa hilan solukoko (Cell Size) oli 2 x 2 km, käänteisen etäisyyden potenssi (Exponent) 2, hakusäde (Search Radius) 250 km ja levytyssäde (Grid Border) 250 km. Hakusäde määrittelee, kuinka kaukana olevia sääasemia käytetään solun arvon laskemisessa ja levytyssäde kuinka kauas hila levitetään sääaseman ympäristöön (kuva 3).



Kuva 3. Routaantumisaika 2 500 - 6 000 °Ch sääasemilla vuonna 1986 (numeroarvot) ja osa-alueille käänteisen etäisyyden neliön painokertoimella levitetty routaantumisaikat (värikoodi).

Eteläisessä Suomessa pakkassumma ei saavuta joka vuosi 6 000 °Ch arvoa. Sellaisessa tapauksessa sääaseman routaantumisaika sai arvon nolla. Levitettäessä vuoden lukemat osa-alueille, jätettiin sääasemien 0-arvot pois laskennasta. Kyseisen sääaseman sekä sitä ympäröivän osa-alueen routaantumisaika määräytyi tällöin muiden sääasemien perusteella.

Routaantumisaikat, jolloin pakkasmäärä kasvoi 2 500 - 6 000 °Ch, olivat pisimmät Lounais-Suomessa ja lyhenivät Pohjoiseen siirryttäessä niin, että Pohjois-Lapissa ne ovat keskimäärin noin puolet Etelä-Suomen arvoista. Routaantumisaikojen vaihtelu osa-alueilla on suurin piirtein yhtä suuri kuin keskimääräiset arvot (taulukko 1).

Routaantumisaika pakkaskauden alusta tammikuun loppuun oli keskimäärin hiukan vajaat kolme kuukautta. Ääri vuosien välillä oli sääalueesta riippumatta noin 26 vuorokauden ero, mutta tiettyinä vuonna eri sääalueiden routaantumisaajoilla oli korkeintaan muutaman vuorokauden ero. Ainoastaan Lapissa pakkaskausi alkaa yleensä hiukan aiemmin kuin muualla Suomessa (taulukko 2).

Tammikuun lopun pakkassummat keskimäärin olivat selkeästi suurimmat Pohjois-Suomessa (27 000 °Ch) ja pienimmät Lounais-Suomessa (8 000 °Ch). Osa-alueilla esiintyneet pienimmät pakkasmäärät olivat usealla alueella selvästi alle 6 000 °Ch (taulukko 3). Tällainen lauha talvi vaikuttaa jossain määrin kelirikkoennusteeseen. Mikäli jollakin sääasemalla ei tammikuun lopussa saavuteta 6 000 °Ch pakkasmäärää, joudutaan turvautumaan muilta asemilta levitettävään routaantumisaikatietoon. Routaantumisaika ei siten voi olla tarkka, mutta se on kuitenkin kohtuullinen arvio.

Taulukko 1. Routaantumisaikojen vaihtelu (RA_S , 2 500 - 6 000 °Ch) osa-alueilla vuosina 1998 - 2003.

Osa-alue	Pienin (vrk)	Suurin (vrk)	Vaihteluväli (vrk)	Keskiarvo (vrk)	Keskihajonta (vrk)
1	8.7	23.9	15.3	15.3	5.6
2	8.8	23.5	14.7	18.6	5.6
3	15.1	33.6	18.5	23.3	7.1
4	19.5	35.2	15.6	26.0	5.5
5	17.5	33.2	15.6	23.5	5.7
6	18.3	33.6	15.3	24.2	5.3
7	16.7	35.1	18.5	27.1	7.3
8	11.3	41.4	30.1	28.8	11.6
9	17.6	35.0	17.4	26.4	7.0
10	11.6	46.0	34.4	30.3	13.8
11	11.7	47.8	36.0	31.4	14.1
12	14.1	54.2	40.1	33.2	15.7
13	12.4	37.6	25.2	26.1	10.1
14	14.5	34.1	19.6	24.3	6.8
Keskiarvo	14.1	36.7	22.6	25.6	

Taulukko 2. Routaantumisaikojen vaihtelu (RA_T , pakkaskauden alusta tammi-kuun 31. päivään) osa-alueilla vuosina 1998 - 2003.

Osa-alue	Pienin (vrk)	Suurin (vrk)	Vaihteluväli (vrk)	Keskiarvo (vrk)	Keskihajonta (vrk)
1	89.0	112.9	24.2	102.0	8.9
2	79.4	109.6	24.9	96.3	11.8
3	73.0	109.2	25.7	90.1	13.2
4	68.0	108.2	26.6	89.9	14.8
5	66.8	108.2	27.2	90.4	14.4
6	55.3	108.3	27.0	87.4	18.6
7	49.0	107.9	27.8	85.3	20.5
8	46.1	107.9	27.2	84.5	21.5
9	50.1	107.9	26.5	85.4	20.0
10	44.7	107.0	25.4	80.2	20.5
11	44.6	107.2	25.4	79.0	21.1
12	44.3	107.7	25.9	79.4	20.6
13	51.2	108.0	26.2	83.0	20.8
14	74.4	108.5	26.2	91.9	13.0
Keskiarvo	59.7	108.4	26.2	87.5	

Taulukko 3. Tammikuun lopun pakkassummien vaihtelu (PS_T) osa-alueilla vuosina 1998 - 2003.

Osa-alue	Pienin (°Ch)	Suurin (°Ch)	Vaihteluväli (°Ch)	Keskiarvo (°Ch)	Keskihajonta (°Ch)
1	16205	39379	23174	27010	7916
2	12561	35997	23436	23278	7929
3	8625	30459	21834	18459	8227
4	6646	26609	19963	15126	6901
5	7412	27013	19601	15648	6847
6	6861	26791	19930	15060	6926
7	5534	24220	18686	13060	6534
8	4538	21593	17055	11259	6025
9	5741	24213	18472	13142	6486
10	3643	18963	15320	9356	5516
11	3419	18080	14661	8817	5305
12	2916	16857	13941	8019	5048
13	5033	21970	16937	12559	6342
14	7954	29284	21330	17213	7337
Keskiarvo	6935	25816	18881	14857	

2.22 Pohjaveden korkeus

Ympäristökeskus kerää pohjaveden korkeustietoja Suomessa 53 mittausalueelta. Yksi asemista on Ahvenanmaalla. Kolmen aseman mittausjaksoissa on katkoksia. Edellä olevien syiden takia tutkimuksessa on käytetty 49 pohjavesiaseman mittaus-

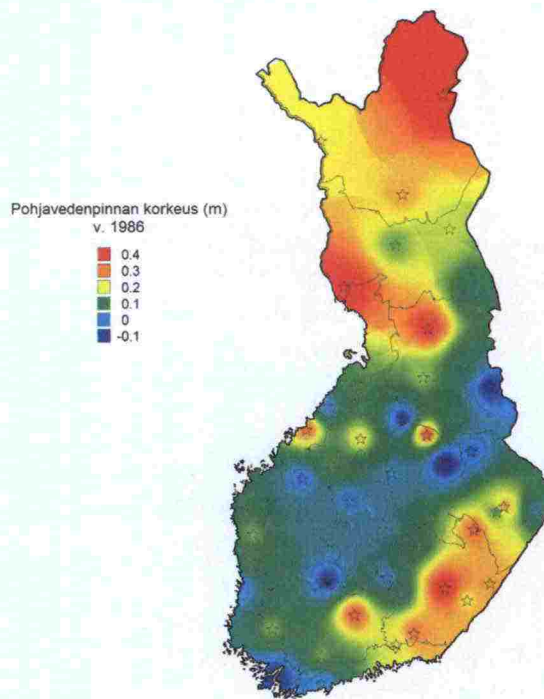
tuloksia. Näiden asemien yhtenäiset mittausarjat alkavat vuodesta 1984 ja jatkuvat vuoteen 2004.

Pohjavesiasemalla on kymmenen mittausputkea, joista pohjaveden korkeus mitataan manuaalisesti kaksi kertaa kuukaudessa. Havainnoista on laskettu kenttäkeskiarvot, joita käytetään tämän tutkimuksen lähtöaineistona [Soveri ym., 2001].

Mallintamista varten pohjaveden pinnan korkeus määritettiin lähimpänä sitä hetkeä, jolloin lähimmän tutkimuksessa käytetyn sääaseman pakkassumma oli $2\ 500\ ^\circ\text{Ch}$. Lähimmän sää- ja pohjavesiaseman välinen etäisyys oli tyypillisesti alle 100 km ja vastaava määritysaikaero alle 3 vuorokautta.

Pohjavedenpinnan korkeus on sidottu kansalliseen korkeusjärjestelmään (N_{60} -taso), minkä takia pohjaveden pinnan korkeus seuraa maanpinnan korkeutta. Kuitenkin mallinnuksessa tarvitaan absoluuttisen korkeuden sijasta kunkin vuoden korkeuden ja keskimääräisen korkeuden erotus.

Aluksi laskettiin pohjavesiasemittain vuosien 1984 - 2004 niiden vedenkorkeuksien keskiarvo, jolloin pakkassumma oli $2\ 500\ ^\circ\text{Ch}$. Tämän jälkeen laskettiin kunkin vuoden ja keskimääräisen korkeuden erotus. Saatu erotus edusti tässä tutkimuksessa pohjavesiaseman pohjaveden pinnan korkeutta. Mittausasemien koordinaatteja hyväksikäyttäen aineisto siirrettiin paikkatietojärjestelmään ja levitettiin IDW -menetelmällä vuosi kerrallaan hilaksi Suomen pinnalle (kuva 4). Osa-alueiden rajaamista hilan soluista laskettiin osa-alueiden keskiarvot, jotka ovat osa-alueen pohjavedenpinnan korkeuksia (PVP). IDW -parametreina käytettiin solukokoa $2\ \times\ 2\ \text{km}$, etäisyyden potenssia 2, hakusädettä 150 km ja levityssädettä 150 km.



Kuva 4. Tutkimuksessa käytetyt pohjavesiasemat ja osa-alueille levitetyt pohjavedenpinnankorkeudet kelirikokeväältä 1986 edeltävänä talvena, kun pakkassumma on ollut $2\ 500\ ^\circ\text{Ch}$.

Osa-alueiden pohjavedenpinnankorkeus roudantumisaikana jaksolla 1998 - 2003 oli keskimäärin noin 13 cm alempana kuin pitkällä aikajaksolla (taulukko 4). Alhaisimmillaan pohjavesi oli 60 - 80 cm alle ja korkeimmillaan 10 - 30 cm yli keskimääräisen tason. Pohjois-Lapissa osa-alueella 1 alin taso oli ylempänä ja vaihtelu vähäisempää kuin muualla maassa.

Taulukko 4. Pohjavedenpinnan (PVP) korkeuden vaihtelu osa-alueilla pakkassumman ollessa $2\ 500\ ^\circ\text{Ch}$ vuosina 1998 - 2003.

Osa-alue	Pienin (m)	Suurin (m)	Vaihteluväli (m)	Keskiarvo (m)	Keskihajonta (m)
1	-0.316	0.258	0.573	-0.049	0.185
2	-0.526	0.352	0.877	-0.073	0.319
3	-0.583	0.256	0.839	-0.141	0.336
4	-0.680	0.214	0.895	-0.110	0.319
5	-0.592	0.201	0.793	-0.187	0.299
6	-0.641	0.153	0.794	-0.155	0.294
7	-0.643	0.181	0.824	-0.132	0.286
8	-0.686	0.109	0.795	-0.088	0.299
9	-0.600	0.125	0.725	-0.145	0.259
10	-0.767	0.090	0.857	-0.156	0.315
11	-0.821	0.070	0.891	-0.200	0.331
12	-0.859	0.045	0.903	-0.147	0.353
13	-0.684	0.114	0.798	-0.095	0.334
14	-0.679	0.270	0.949	-0.109	0.341
Keskiarvo	-0.648	0.174	0.822	-0.128	

2.23 Suhteellinen runkokelirikko

Runkokelirikoinventointeja on osassa maata tehty jo vuodesta 1995. Inventointimäärien vaihtelu on ollut alkuvaiheessa suurehkoa ja epätasua, joten niitä voidaan mallitarkoituksessa hyödyntää järkevästi vasta vuodesta 1998 alkaen (osa-alueilla 3 ja 13 vasta vuodesta 1999).

Suhteellisen runkokelirikon määrittämistä varten siirrettiin vuoden 2003 soratietietokannasta tiet ja tieosat paikkatietojärjestelmään, jossa ovat kaikki Suomen yleiset tiet tieosineen. Sorateiden tieosien keskipisteet määritettiin paikkatietojärjestelmässä, määritettiin keskipisteen perusteella mihin osa-alueeseen soratieosa kuuluu ja siirrettiin tulos runkokelirikon inventointitietokantaan. Paikkatietojärjestelmässä laskettiin myös osa-alueiden soratiepituudet. Vuosittaiset runkokelirikkomäärät laskettiin yhdistämällä osa-alueet runkokelirikon inventointeihin ja laskemalla kunkin vuoden ja osa-alueen kelirikon kokonaispituudet.

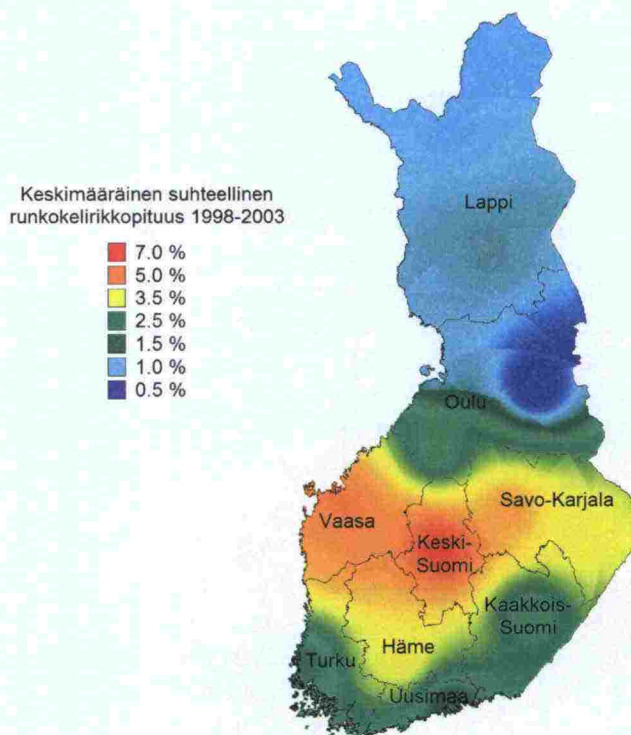
Osa-alueisiin jako on onnistunut myös soratiepituuksien suhteen, sillä soratiepituudet ovat pääosin 1000 ja 3000 kilometrin välillä. Jokaisella osa-alueella on suhteellisen pitkä tiepituus, minkä vuoksi yksittäiset satunnaiset vaihtelut inventoinneissa eivät pääse vaikuttamaan malleissa. Osa-alueiden 3 ja 13 vuoden 1998 kelirikkopituudet on poistettu.

Sorateiden kokonaispituus on 27 700 km. Pahin runkokelirikkovuosi on ollut 1998 kahden koealueen lukemien puuttumisesta huolimatta. Kaksi viimeistä vuotta ovat olleet selvästi aiempia helpompia ja viimeisen vuoden inventoitu runkokelirikkopituus on vain noin viidesosa vuoden 1998 pituudesta. Tässä aineistossa osa-alueiden keskimääräinen kelirikkopituus on noin 57 km (taulukko 5).

Taulukko 5. Osa-alueiden soratiepituudet vuonna 2003 ja vuosittaiset runkokelirikkopituudet.

Osa- alue	Soratie- pituus (m)	Runkokelirikkopituus (m)						Keski- arvo	Keski- hajonta	Mediaa- ni
		1998	1999	2000	2001	2002	2003			
1	940 071	9 016	8 220	4 829	7 271	9 786	9 498	8 103	1 846	8 618
2	2 499 728	71 537	22 952	16 086	35 415	32 335	30 321	34 774	19 322	31 328
3	2 482 922		7 361	11 462	8 138	8 916	4 777	8 131	2 427	8 138
4	1 219 358	46 136	22 184	34 457	25 146	17 553	22 250	27 954	10 533	23 698
5	2 511 665	93 822	65 948	93 949	163 014	86 582	9 562	85 480	49 597	90 202
6	2 704 744	144 132	148 369	109 254	136 357	47 788	22 555	101 409	53 678	122 806
7	2 403 700	188 609	155 459	148 239	149 335	71 808	53 148	127 766	53 014	148 787
8	2 956 794	314 679	139 536	138 663	145 193	53 746	47 200	139 836	96 533	139 100
9	3 363 200	74 098	88 008	57 059	105 265	46 471	160	61 844	36 835	65 579
10	2 937 160	189 761	119 916	204 311	102 692	30 956	18 157	110 966	77 570	111 304
11	707 113	16 506	17 943	28 285	3 583	128	3	11 075	11 588	10 045
12	1 292 807	37 909	20 267	23 847	29 322	7 309	1 348	20 000	13 649	22 057
13	1 005 246		50 736	72 173	78 749	47 258	28 474	55 478	20 246	50 736
14	668 830	7 556	9 596	6 532	10 290	3 495	4 603	7 012	2 688	7 044
Yht.	27 693 338	1 193 761	876 495	949 146	999 770	464 131	252 056	57 131	32 109	59 960

Vuosittain ja osa-alueittain lasketut suhteelliset runkokelirikkomäärät ovat runkokelirikkopituuden ja soratiepituuden osamääriä. Eniten suhteellista runkokelirikkoa esiintyi osa-alueilla 7, 8 ja 13 eli Keski-Suomen ja Vaasan ympäristössä. Vähiten sitä esiintyi osa-alueilla 1 ja 3 eli Pohjois-Lapissa ja Oulun läänissä (kuva 5).



Kuva 5. Keskimääräinen alueellinen runkokelirikkopituus prosentteina sorateiden kokonaispituudesta.

Yleensä osa-alueella esiintyvä suuri suhteellisen runkokelirikon keskiarvo tarkoitti myös suurta vuosittaista vaihtelua. Vuoden 2003 vähäinen kelirikko keskittyi osa-alueille 3, 5, 6, 9, 11 ja 12 eli Itä-Suomeen ja etelä- ja lounaisrannikolle (taulukko 6).

Taulukko 6. Osa-alueiden vuosittaiset suhteelliset runkokelirikkopituudet.

Osa-alue	Suhteellinen runkokelirikko						Keskiarvo	Keskihajonta	Mediaani
	1998	1999	2000	2001	2002	2003			
1	0.96 %	0.87 %	0.51 %	0.77 %	1.04 %	1.01 %	0.86 %	0.20 %	0.92 %
2	2.86 %	0.92 %	0.64 %	1.42 %	1.29 %	1.21 %	1.39 %	0.77 %	1.25 %
3		0.30 %	0.46 %	0.33 %	0.36 %	0.19 %	0.33 %	0.10 %	0.33 %
4	3.78 %	1.82 %	2.83 %	2.06 %	1.44 %	1.82 %	2.29 %	0.86 %	1.94 %
5	3.74 %	2.63 %	3.74 %	6.49 %	3.45 %	0.38 %	3.40 %	1.97 %	3.59 %
6	5.33 %	5.49 %	4.04 %	5.04 %	1.77 %	0.83 %	3.75 %	1.98 %	4.54 %
7	7.85 %	6.47 %	6.17 %	6.21 %	2.99 %	2.21 %	5.32 %	2.21 %	6.19 %
8	10.64 %	4.72 %	4.69 %	4.91 %	1.82 %	1.60 %	4.73 %	3.26 %	4.70 %
9	2.20 %	2.62 %	1.70 %	3.13 %	1.38 %	0.00 %	1.84 %	1.10 %	1.95 %
10	6.46 %	4.08 %	6.96 %	3.50 %	1.05 %	0.62 %	3.78 %	2.64 %	3.79 %
11	2.33 %	2.54 %	4.00 %	0.51 %	0.02 %	0.00 %	1.57 %	1.64 %	1.42 %
12	2.93 %	1.57 %	1.84 %	2.27 %	0.57 %	0.10 %	1.55 %	1.06 %	1.71 %
13		5.05 %	7.18 %	7.83 %	4.70 %	2.83 %	5.52 %	2.01 %	5.05 %
14	1.13 %	1.43 %	0.98 %	1.54 %	0.52 %	0.69 %	1.05 %	0.40 %	1.05 %
Ka.	4.18 %	2.89 %	3.27 %	3.29 %	1.60 %	0.97 %	2.67 %	1.44 %	2.75 %

2.3 Runkokelirikkomalli

Runkokelirikkomalleja kehiteltiin kaikkiaan 14 kappaletta, joissa mallien muuttujien rakennetta, muodostamista, keskinäistä vaikutusta sekä yhtälömuotoja vaihdeltiin. Mallinnus tehtiin tilasto-ohjelmistolla, joka automaattisesti tarkkailee eri selittäjien välisiä yhteyksiä ja poistaa automaattisesti mm. liiaksi toisistaan riippuvat sekä mallia liian heikosti selittävät tekijät. Tässä esitetään selkeyden vuoksi ainoastaan paras malli (kaava 1).

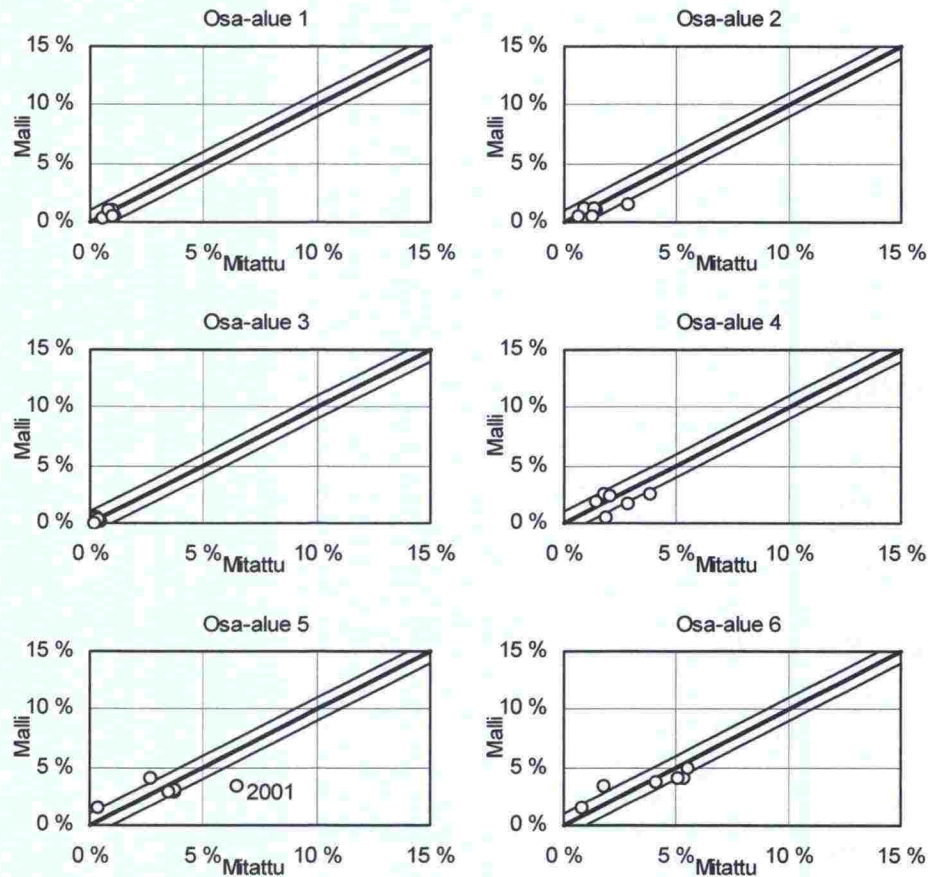
$$RKL = \left(0.2747 \cdot (RKM \cdot RA_S)^{0.3048} + 0.2725 \cdot \text{sign}(PVP) \cdot \|PVP\|^{3.4455} + 5.644 \cdot 10^{-8} \cdot RA_T^{2.8702} - 0.0036 \cdot PS_T^{0.3101} + 0.0221 \right)^{\frac{1}{0.4202}} \quad (1)$$

Missä RKL	= Suhteellinen runkokelirikkopituus	(%)
RKM	= Suhteellisen runkokelirikkopituuden mediaani	(%)
RA _S	= Routaantumisaika 2 500 - 6 000 °Ch	(vrk)
PVP	= Pohjavedenpinnan suhteellinen korkeus	(m)
RA _T	= Aika pakkaskauden alusta tammikuun 31 päivään	(vrk)
PS _T	= Tammikuun lopun pakkassumma	(°Ch)

Mallin muodostamisessa on käytetty vuosien 1998 - 2003 aineistoa paitsi koalueilla 3 ja 13, joissa käytettiin vuosien 1999 - 2003 aineistoa. Malliyhtälön muiden muuttujien jakaumien, paitsi pohjavedenpinnan, pienet vinoudet poistettiin käyttämällä potensseja. Mallin selitysaste R² on 78.3 %. Tärkeimmät tekijät ovat suhteellisen runkokelirikkopituuden mediaanin RKM ja routaantumisaajan RA_S tulo (p = 0.000, r = 0.82) sekä pohjavedenpinnan korkeus PVP (p = 0.000, r = 0.56). Pitkä routaantumisaika, suuri keskimääräinen suhteellinen runkokelirikkopituus ja korkealla oleva pohjavesi lisäävät runkokelirikon määrää. Tammikuun lopun pakkasumman PS_T ja aika pakkaskauden alusta tammikuun loppuun ovat selvästi vähemmän merkitseviä tekijöitä (p = 0.170 ja 0.240, r = -0.16 ja 0.13). Pieni tammikuun lopun pakkasumma ja aikainen pakkaskauden alku kasvattavat myös runkokelirikon määrää.

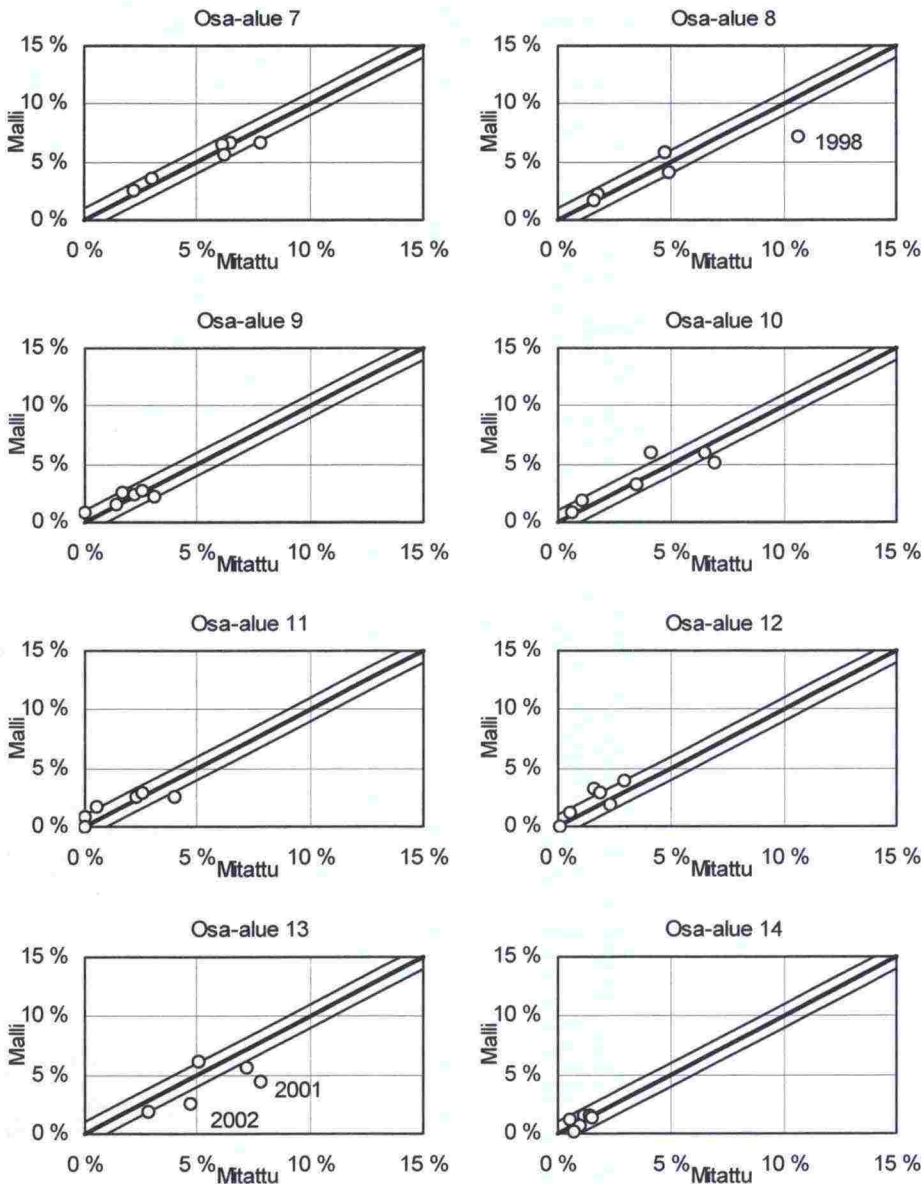
Mallin laatua voidaan helpoimmin arvioida vertaamalla mitattuja, todellisia runkokelirikkomääriä vastaaviin mallin avulla laskettuihin arvoihin. Pyrkimys on, että mitattu-malli -parit vastaavat toisiaan, jolloin vastinpisteet sijoittuvat kuvissa vahven-

netulle diagonaalille (kuva 6). Diagonaalin ylä- ja alapuolelle on piirretty ohuemmat yhdensuuntaiset viivat, jotka poikkeavat yhden prosenttiyksikön. Osa-alueilla 1 - 6 ainoastaan yksi piste poikkeaa olennaisesti ± 1 prosenttiyksikön rajoista; osa-alue 5, Pohjois-Karjala, vuosi 2001.



Kuva 6. Mitattujen ja mallinnettujen suhteellisten runkokelirikkopituuksien yhteensopivuus osa-alueilla 1 - 6.

Osa-alueilla 7 - 14 on kolme selvästi yli prosenttiyksikön poikkeavaa pistettä (kuva 7). Osa-alue 8 on Etelä-Pohjanmaalla, Vaasan lähellä, mutta ei kuitenkaan rajoitu rannikkoon. Poikkeavan pisteen inventoitu suhteellinen kelirikkopituus on suurin mallissa olevista. Osa-alue 13 on kapea Vaasan rannikkoseutu. Siellä vuosien 2001 ja 2002 mallipisteet poikkeavat inventoiduista. Selitys näille saattaa olla se, että alueen runkokelirikkoherkkyyteen kevään olosuhteet vaikuttavat poikkeuksellisen paljon - enemmän kuin muualla Suomessa. Edellisessä raportissa todettiin, että kun malliin otetaan mukaan kevään tekijät, kyseiselle alueelle erikseen muodostettu malli toimi erittäin hyvin [Ryynänen ym., 2003].

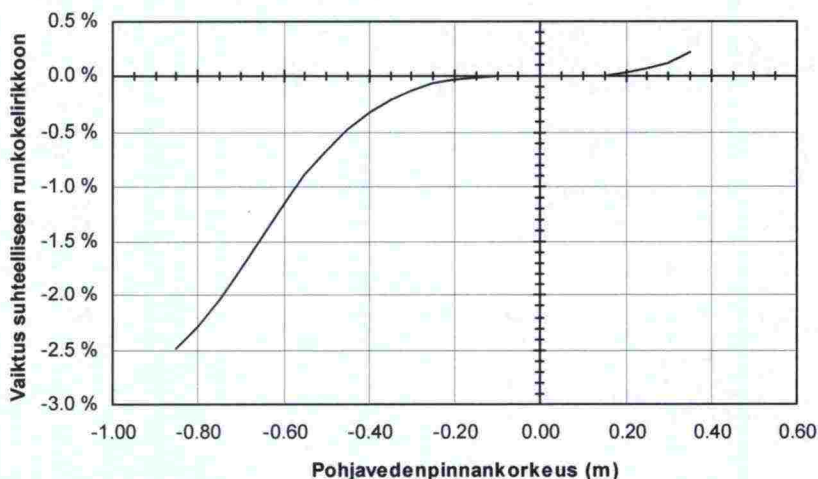


Kuva 7. Mitattujen ja mallinnettujen suhteellisten runkokelirikkopituuksien yhteensopivuus osa-alueilla 7 -14.

Pohjavedenpinnan vaikutusmuoto malliyhtälössä on sellainen, että jakauman vinoutta ei suoraan voida poistaa. Sen sijaan tämän muuttujan potenssi valittiin siten, että lopullisen malliyhtälön selitysaste on suurin mahdollinen. Pohjavedenpinnankorkeus kuvautuu malliyhtälön mukaan seuraavasti (kuva 8). Kun korkeus on välillä $-0.3 \dots 0.3$ metriä, sillä ei ole käytännön vaikutusta runkokelirikon määrään. Korkeuden ollessa alle -0.3 tekijä alkaa huomattavasti vähentää runkokelirikkoo. Vähenneminen on sitä voimakkaampaa, mitä alempana pohjavesi on.

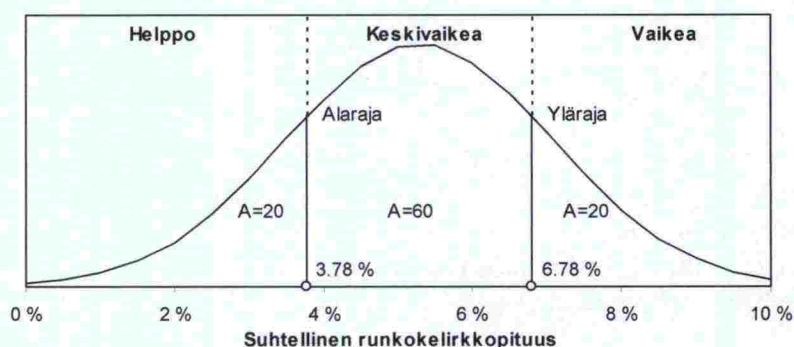
Osa-alueiden ylimmät pohjavedenpinnan tasot olivat luokkaa 0.3 metriä. Malli pätee luonnollisesti vain sellaisilla muuttuja-arvoilla, joita mallia muodostettaessa on ollut. On kuitenkin todennäköistä, että runsaasti keskimääräistä korkeammalla oleva pohjavesi lisää voimakkaasti kelirikkoo, vastaavasti kuin alhainen taso sitä vähentää. Kuvassa 8 on esitetty kaavan 1 mukainen pohjaveden pinnan korkeuden vaikutus suhteellisen runkokelirikon määrään. Pohjaveden pinnan korkeus muuttuu -0.85

metristä 0.35 metriin. Muissa kaavan 1 muuttujissa on käytetty niiden keskiarvoja vuosina 1998 - 2003 eli RKM on 2.67 %, RAS 25.6 vrk, RAT 87.5 vrk ja PST 14 857 °Ch (taulukot 1, 2, 3 ja 6).



Kuva 8. Pohjavedenpinnan korkeuden vaikutus suhteellisen runkokelirikon määrään.

Painorajoitustarpeen arvioinnissa runkokelirikon vaikeusluokat helppo, keskivaikea ja vaikea määritetään osa-alueittain mallin 1 mukaisten suhteellisten runkokelirikkopituuksien avulla. Luokitus perustuu vuosien 1998 - 2003 lähtötietoihin. Oletuksen mukaisesti osa-alueen vuosittaiset mallinmukaiset runkokelirikkopituudet ovat normaalijakautuneita. Tällöin keskiarvon ja keskihajonnan avulla voidaan laskea kumulatiivisen jakauman 20 % ja 80 % -pisteet. 20 % -piste on helpon ja keskivaikean raja. Vastaavasti 80 % -piste on keskivaikean ja vaikean raja. Valittujen prosenttipisteiden perusteella pitkällä aikajaksolla saadaan keskimäärin yksi helppo, yksi vaikea ja kolme keskivaikeaa runkokelirikkokevättä viittä vuotta kohden (kuva 9).



Kuva 9. Esimerkki runkokelirikon vaikeusluokkarajojen määräytymisestä.

Luokitus perustuu vuosien 1998 - 2003 tietoihin, koska runkokelirikkoinventointeja on vain noilta vuosilta. Luokitusta voidaan kuitenkin verrata myös pitkän ajan tilastoihin laskemalla lähtöarvojen perusteella mallin mukaiset runkokelirikkomäärät vuosille 1984 - 2004 (taulukko 7). Tässä ensimmäinen vuosi määräytyy käyttökelpoisten pohjavesimittaustietojen perusteella. Keskiarvot ja keskihajonnat poikkeavat

kahdella eri pituisella aikajaksolla varsin vähän toisistaan. Mallijakson 1998 - 2003 sää- pohjavesivaihtelut ovat olleet siis varsin keskimääräisiä ja toisaalta vaihtelut ovat olleet kohtalaisen suuria. Tämä merkitsee sitä, että vaikka mallijakso oli lyhyt, niin mallin kertoimet ovat kuitenkin todennäköisesti oikeaa suurusluokkaa. Tekijä, joka voi vielä myöhemmin merkittävästi muuttaa mallin kertoimia, on inventoitu kelirikkomäärä. Siihen vaikuttavat mm. muutokset kelirikkoinventointitavoissa, teiden korjaaminen ja vastaavat tekijät, joihin mallissa ei voida varautua.

Taulukko 7. Mallin mukaisten suhteellisten kelirikkojakaumien vertailu lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Vahvennetut arvot ovat tulevassa luokituksessa käytettävät rajat luokkien helppo - keskivaikea - vaikea välillä.

Sääalue	1998 - 2003				1984 - 2004			
	Keski-arvo	Keski-hajonta	Alaraja 20 %	Yläraja 80 %	Keski-arvo	Keski-hajonta	Alaraja 20 %	Yläraja 80 %
1	0.66 %	0.28 %	0.43 %	0.90 %	0.72 %	0.26 %	0.50 %	0.68 %
2	0.98 %	0.40 %	0.64 %	1.32 %	1.00 %	0.44 %	0.63 %	0.97 %
3	0.33 %	0.17 %	0.18 %	0.47 %	0.31 %	0.18 %	0.15 %	0.31 %
4	1.95 %	0.78 %	1.29 %	2.60 %	1.67 %	0.86 %	0.94 %	1.65 %
5	2.97 %	0.87 %	2.24 %	3.70 %	2.55 %	1.05 %	1.67 %	2.46 %
6	3.68 %	1.15 %	2.71 %	4.64 %	3.27 %	1.36 %	2.12 %	3.14 %
7	5.28 %	1.78 %	3.78 %	6.78 %	4.81 %	2.12 %	3.02 %	4.66 %
8	4.48 %	2.17 %	2.65 %	6.31 %	4.35 %	2.41 %	2.32 %	4.36 %
9	2.04 %	0.72 %	1.43 %	2.64 %	1.86 %	0.91 %	1.09 %	1.83 %
10	3.83 %	2.15 %	2.02 %	5.64 %	3.95 %	2.19 %	2.10 %	3.96 %
11	1.76 %	1.12 %	0.82 %	2.70 %	1.86 %	1.08 %	0.95 %	1.88 %
12	2.21 %	1.46 %	0.98 %	3.44 %	2.30 %	1.37 %	1.14 %	2.33 %
13	4.14 %	1.88 %	2.55 %	5.72 %	4.49 %	2.55 %	2.35 %	4.52 %
14	1.07 %	0.52 %	0.63 %	1.51 %	0.91 %	0.50 %	0.49 %	0.91 %

Osa-alueiden luokkarajat vaihtelevat osa-alueilla. Tarkoitus onkin ennustaa osa-alueen runkokelirikkokevään vaikeutta verrattuna muihin saman osa-alueen keväisiin. Tämä merkitsee sitä, että vaikka Pohjois-Lappiin (osa-alue 1) ennustettaisiin 1.0 % suhteellista runkokelirikkoa eli sinne olisi tulossa vaikea kelirikkokevät niin vastaava 1.0 % ennuste esimerkiksi Keski-Suomeen (osa-alue 7) merkitsisi Keski-Suomessa helppoa runkokelirikkokevättä. Selittävät muuttujat, niistä laskettu malli, luokkarajat ja ennuste koskevat siis aina vain kyseistä osa-aluetta.

2.4 Kevään 2004 runkokelirikkoennuste

Kevään 2004 ennusteen lähtöarvoissa tammikuun lopun pakkasumma on selvästi keskimääräistä pienempi (taulukko 8). Routaantumisaika 2 500 - 6 000 °Ch ja aika pakkaskauden alusta tammikuun loppuun on muualla kuin Lapin läänissä myös keskimääräistä lyhyempi. Pohjaveden pinta on muualla paitsi keski- ja itäosissa maata keskimääräistä alempana.

Taulukko 8. Kevään 2004 kelirikkoennusteen selittävät muuttujat ja mallin mukainen ennustettu suhteellinen runkokelirikkipituus.

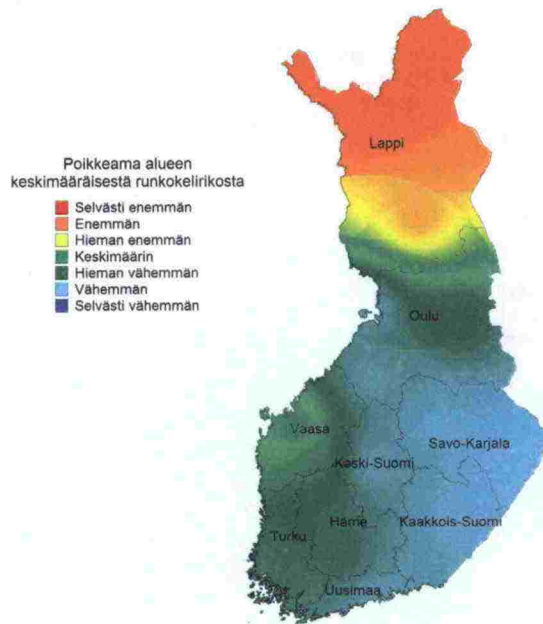
Sääalue	Kevät	PST	RAS	RAT	PVP	RKM	Ennuste 2004
1	2004	22866	20.0	105.0	-0.179	0.92 %	0.92 %
2	2004	18033	22.2	101.1	-0.331	1.25 %	1.24 %
3	2004	13783	16.3	92.5	-0.352	0.33 %	0.26 %
4	2004	11580	17.3	82.1	-0.186	1.94 %	1.47 %
5	2004	12238	16.9	75.9	-0.082	3.59 %	2.30 %
6	2004	11791	17.1	78.2	-0.236	4.54 %	2.83 %
7	2004	10493	19.6	73.9	-0.121	6.19 %	4.13 %
8	2004	8387	23.4	72.5	-0.241	4.70 %	3.88 %
9	2004	10569	18.7	71.6	-0.011	1.95 %	1.51 %
10	2004	7675	21.7	62.5	-0.338	3.79 %	2.86 %
11	2004	7422	20.7	60.1	-0.414	1.42 %	1.06 %
12	2004	6355	23.1	56.8	-0.343	1.71 %	1.54 %
13	2004	8078	23.4	74.6	-0.281	5.05 %	4.13 %
14	2004	13226	17.0	82.8	-0.341	1.05 %	0.74 %

Kevään 2004 ennustettua runkokelirikkoa verrataan alueittain luokkarajoihin ja todetaan, mihin luokkaan alueen tuleva runkokelirikko kuuluu (taulukko 9). Luokitus on kolmiportainen, mutta osa-alueiden ennusteista on laskettavissa myös ennustetun runkokelirikkomäärän tarkka sijoitus kumulatiivisessa normaalijakaumassa. Tätä tarkkaa sijoitusta edustaa taulukon 9 prosenttipistesarake.

Taulukko 9. Kevään 2004 kelirikon vaikeus.

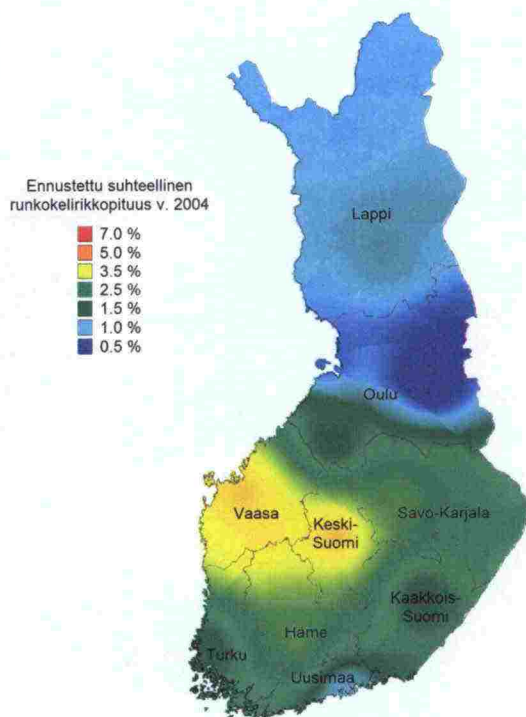
Osa-alue	Ennuste 2004	Alaraja	Yläraja	Prosenttipiste	Kelirikon vaikeus
1	0.92 %	0.43 %	0.90 %	82 %	Vaikea
2	1.24 %	0.64 %	1.32 %	74 %	Keskivaikea
3	0.26 %	0.18 %	0.47 %	35 %	Keskivaikea
4	1.47 %	1.29 %	2.60 %	27 %	Keskivaikea
5	2.30 %	2.24 %	3.70 %	22 %	Keskivaikea
6	2.83 %	2.71 %	4.64 %	23 %	Keskivaikea
7	4.13 %	3.78 %	6.78 %	26 %	Keskivaikea
8	3.88 %	2.65 %	6.31 %	39 %	Keskivaikea
9	1.51 %	1.43 %	2.64 %	23 %	Keskivaikea
10	2.86 %	2.02 %	5.64 %	33 %	Keskivaikea
11	1.06 %	0.82 %	2.70 %	26 %	Keskivaikea
12	1.54 %	0.98 %	3.44 %	32 %	Keskivaikea
13	4.13 %	2.55 %	5.72 %	50 %	Keskivaikea
14	0.74 %	0.63 %	1.51 %	27 %	Keskivaikea

Alueellisesti tarkasteltuna pääosassa Lapin tiepiiriä on odotettavissa enemmän kelirikkoa kuin ko. alueella keskimäärin. Vaasan tiepiirin rannikkoalueella kelirikkoa tulee olemaan tavanomaisesti. Muualla läntisessä Suomessa ja osassa Oulun tiepiiriä kelirikkoa on odotettavissa hieman vähemmän kuin keskimäärin. Loppuosassa Suomea kelirikkoa tulee olemaan pääosin tavanomaista vähemmän (kuva 10).



Kuva 10. Kevään 2004 runkokelirikon poikkeama alueen keskimääräisestä runkokelirikosta.

Olosuhteista johtuvan kelirikon alueellisesta vaihtelusta huolimatta eniten kelirikkoa tulee esiintymään perinteellisesti vaikeilla kelirikkoalueilla Keski-Suomen, Vaasan ja Hämeen tiepiireissä sekä osittain Savo-Karjalan tiepiirissä johtuen kelirikolle alttiista soratiestöstä (kuva 11).

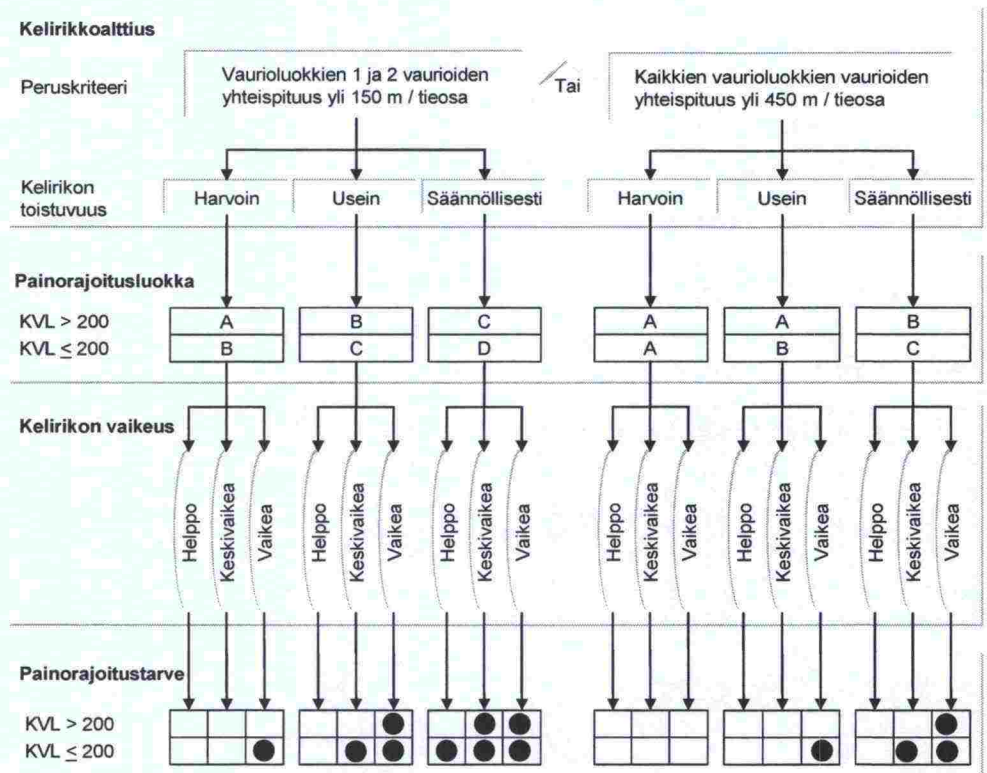


Kuva 11. Kevään 2004 ennustettu alueellinen runkokelirikkipitoisuus prosentteina sorateiden kokonaispituudesta.

3 PAINORAJOITUKSET SORATEILLÄ

3.1 Painorajoitusten määräytymisprosessi

Painorajoitettavat tieosuudet tullaan määrittämään Tiehallinnon ohjelunnoksessa ”Kelirikkoiteiden liikenteen rajoittaminen” esitettävän uuden kaikille tiepiireille yhtenäistetyn menettelyn mukaisesti soratiestön kelirikkoalttiuden ja tulevan kevään kelirikon vaikeusennusteen perusteella (kuva 12).



Kuva 12. Painorajoitustarpeen ja painorajoitusluokan määräytymisen periaatteet sorateilla.

Kelirikkoalittius

Soratiestön kelirikkoalttiuden määrittäminen perustuu sorateiden aiempaan kelirikkokäyttämiseen, jota seurataan keväisin runkokelirikkoinventoinneilla. Vuosittaiset inventointien tulokset on tallennettu tietokantaan, missä esitetään vaurioiden pituus ja niiden silmämääräisesti arvioitu vakavuus seuraavasti :

Vaurioluokka 1 = vakava (runkokelirikko)vaurio

Vaurioluokka 2 = liikennettä tuntuvasti haittaava (runkokelirikko)vaurio

Vaurioluokka 3 = lievä (runkokelirikko)vaurio

Painorajoitustarpeen määrittelyssä kelirikkoisten sorateiden luokitteluun käytetään kahta peruskriteeriä, joiden raja-arvoiksi on valittu peruskriteerin 1. osalta vauriopi- tuus 150 m / tieosa ja peruskriteerin 2 osalta vauriopi- tuus 450 m / tieosa :

1. Tieosan liikennettä haittaavan kelirikon määrä = vaurioluokat 1 ja 2
2. Tieosan kelirikon kokonaismäärä = vaurioluokat 1- 3

Peruskriteerin avulla eritellään koko soratiestöstä jatkotarkasteluun ne tieosat, missä liikennettä haittaavien kelirikko-osuuksien (vaurioluokat 1 ja 2) yhteispituus on ollut yli 150 m sekä toisaalta ne tieosat, missä kelirikon yhteispituus (vaurioluokat 1-3) on ollut yli 450 m jonain vuotena viiden viimeisen vuoden aikana.

Raja-arvon ylittäneet tieosat luokitellaan seuraavaksi kelirikon toistuvuuden (esiin- tymistiheyden) mukaan seuraavasti :

- Toistuvuus 4 – 5 kertaa / 5 vuodessa = säännöllisesti
- Toistuvuus 2 – 3 kertaa / 5 vuodessa = usein
- Toistuvuus 1 kerta / 5 vuodessa = harvoin

Kelirikon toistuvuus kuvaa, kuinka herkkä tieosa on keväällä esiintyvälle runkokeli- rikolle. Jos kelirikkoa on esiintynyt säännöllisesti, tieosa on erittäin herkkä keliriko- lle myös tulevaisuudessa. Jos kelirikkoa on esiintynyt usein, tieosa on herkkä keliri- kolle. Sen sijaan jos kelirikkoa on esiintynyt harvoin, tieosa on osittain herkkä keli- rikolle.

Tieosat, jotka eivät ylittäneet raja-arvoja, karsiutuvat pois jatkokäsittelystä, eikä niil- le tulla missään tapauksessa osoittamaan painorajoituksia.

Painorajoitusluokka

Kelirikkoalttiuden ja liikennemäärän ($KVL \leq 200$ ajon/vrk tai $KVL > 200$ ajon/vrk) perusteella peruskriteerin mukaisen raja-arvon ylittäneet soratiet jaetaan tieosittain neljään painorajoitusluokkaan. Painorajoitusluokat ovat seuraavia :

- A Tieosat, joilla kelirikkoa esiintyy niin vähän, että painorajoituksia ei tarvita.
- B Tieosat, joilla painorajoituksia käytetään vain vaikeina kelirikkokeväi- nä.
- C Tieosat, joilla painorajoituksia käytetään vaikeina ja keskivaikeina keli- rikkokeväinä.
- D Tieosat, joilla painorajoituksia käytetään joka kevät.

Tieosien luokittelu painorajoitusluokkiin tapahtuu edellä esitetyn kuvan 12 mukai- sesti siten, että liikennemäärän ollessa $KVL > 200$ ajon/vrk tieosat voivat kuulua vain luokkiin A, B tai C seuraavien ehtojen täytyessä :

Painorajoitus luokka	Peruskriteeri	Kelirikon toistuvuus
A	Vaurioluokkien 1 ja 2 vaurioiden yhteispituus yli 150 m / tieosa	Harvoin (1 kerta / 5 v)
	Kaikkien vaurioluokkien vaurioiden yhteispituus yli 450 m / tieosa	Harvoin tai usein (1-3 kertaa / 5 v)
B	Vaurioluokkien 1 ja 2 vaurioiden yhteispituus yli 150 m / tieosa	Usein (2-3 kertaa / 5 v)
	Kaikkien vaurioluokkien vaurioiden yhteispituus yli 450 m / tieosa	Säännöllinen (4-5 kertaa / 5v)
C	Vaurioluokkien 1 ja 2 vaurioiden yhteispituus yli 150 m / tieosa	Säännöllinen (4-5 kertaa / 5v)

Liikennemäärän ollessa $KVL \leq 200$ ajon/vrk tieosat voivat kuulua kaikkiin luokkiin A, B, C tai D seuraavien ehtojen mukaisesti :

Painorajoitus luokka	Peruskriteeri	Kelirikon toistuvuus
A	Kaikkien vaurioluokkien vaurioiden yhteispituus yli 450 m / tieosa	Harvoin tai usein (1-3 kertaa / 5 v)
B	Vaurioluokkien 1 ja 2 vaurioiden yhteispituus yli 150 m / tieosa	Harvoin (1 kerta / 5 v)
	Kaikkien vaurioluokkien vaurioiden yhteispituus yli 450 m / tieosa	Usein (2-3 kertaa / 5 v)
C	Vaurioluokkien 1 ja 2 vaurioiden yhteispituus yli 150 m / tieosa	Usein (2-3 kertaa / 5 v)
	Kaikkien vaurioluokkien vaurioiden yhteispituus yli 450 m / tieosa	Säännöllinen (4-5 kertaa / 5v)
D	Vaurioluokkien 1 ja 2 vaurioiden yhteispituus yli 150 m / tieosa	Säännöllinen (4-5 kertaa / 5v)

Painorajoituksen asettamiseen vaikuttaa siis myös tien liikenteellinen merkitys. Tiet ovat liikenteellisesti merkittäviä, jos niiden KVL on yli 200 ajon/vrk. Liikennemäärän ollessa yli 200 ajon/vrk, painorajoituksia käytetään vain poikkeustapauksissa.

Painorajoitusluokittelu toimii lähtökohtana varsinaiselle painorajoitustarpeen määrittämiselle, mikä tapahtuu seuraavassa vaiheessa tulevan kevään kelirikon vaikeuden ennusteen perusteella. Luokittelu tehdään vuosittain keskitetysti Tiehallinnon toimesta edellisen kevään runkokelirikoinventointien rekisteröinnin valmistuttua 5 viimeisimmän vuoden inventointitulosten perusteella.

Tiehallinnon ohjeistuksen mukaisesti luokittelu tarkistetaan tiepiirikohtaisesti mm. tehtyjen korjaustoimenpiteiden ja toiminnallisten muutosten ajankohtaistamiseksi. Saatujen lausuntojen ja korjatun luokituksen perusteella tiepiirin painorajoitusvas- taava laatii lopullisen ehdotuksen tulevan kevään painorajoitusluokitteluksi ja lähettää sen Tiehallinnon keskushallintoon tilastoitavaksi. Teistä laaditaan myös painorajoitusluokituskartat (ei siis seuraavan kevään painorajoituskartat, vaan potentiaaliset painorajoitettavat tieosat), jotka julkaistaan tiepiirien www-sivuilla. Tämä työ tehdään syksyn aikana.

Kelirikon vaikeus

Kunkin vuoden helmikuussa laaditaan runkokelirikon vaikeuden ennuste, millä arvioidaan tulevan kevään kelirikon vaikeus (helppo, keskivaikea tai vaikea) perustuen edellisen syksyn ja alkutalven ilmasto- ja olosuhdetietoihin. Ennusteessa maa jaetaan 14 osa-alueeseen, joiden rajat kulkevat hoitourakka-alueiden rajojen mukaan.

Ennustemallissa kelirikon vaikeuden keskinäiset suhteet on valittu siten, että viidessä vuodessa esiintyy keskimäärin yksi helppo, kolme keskivaikeaa (keskimääräistä) ja yksi vaikea runkokelirikkokevät. Toisin sanoen helppoa ja vaikeaa kelirikkoa oletetaan mallissa esiintyvän 20 %:ssa keväistä kumpaakin, kun keskivaikean osuudeksi oletetaan 60 %. Ennustemallin sisältö on esitelty yksityiskohtaisesti aikaisemmin tässä raportissa.

Painorajoitustarve

Tulevan kevään painorajoitustarve ja painorajoitettavat tieosat määräytyvät painorajoitusluokitelluille tieosille ennustetun kelirikon vaikeuden perusteella seuraavasti :

Ennustettu kelirikon vaikeus tulevalle keväälle	Painorajoitettavat tieosat painorajoitusluokittelun mukaisesti
Vaikea	B, C, D
Keskivaikea	C, D
Helppo	D

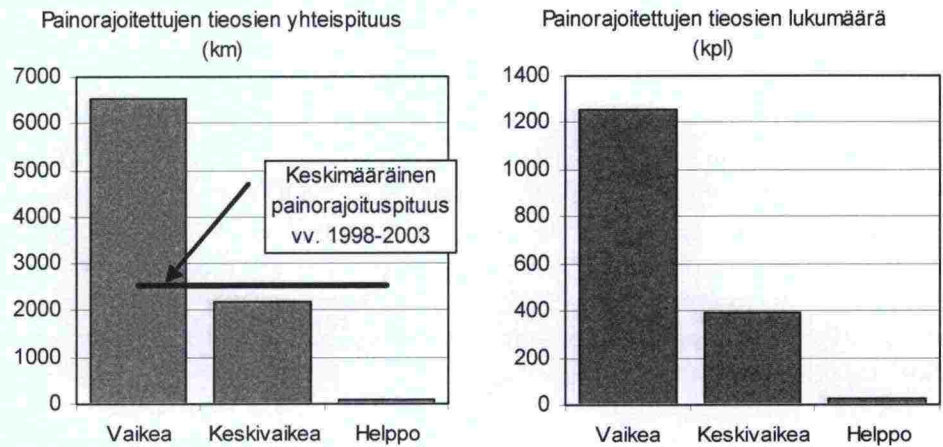
Painorajoituksia tullaan käyttämään vaikeiksi ennustettuina kelirikkokeväinä luokkiin B, C ja D kuuluvilla tieosilla, keskivaikeiksi ennustettuina kelirikkokeväinä luokkiin C ja D kuuluvilla tieosilla sekä kelirikoltaan helpoiksi ennustettuina keväinä vain luokkaan D kuuluvilla tieosilla.

Ennuste tullaan tekemään ohjeistuksen mukaan keskitetysti kunkin vuoden helmikuussa Tiehallinnon toimesta, kuten painorajoitusluokittelukin. Tiepiirien tehtävänä on ennusteen valmistuttua (luokituksen tarkastamisen jälkeen) julkaista tulevan kevään liikenteenrajoitussuunnitelma, tiepiireittäin ja hoitourakka-alueittain eriteltynä. Yksittäisten painorajoitusten asettamisesta, muuttamisesta ja poistamisesta päättää tiepiiri. Painorajoitukset voidaan poistaa tilapäisesti ("huputtaa"), jos kesken sulamiskauden pakkasjakso jäykistää ja parantaa tien raskasta liikennettä kestäväksi.

3.2 Kelirikon vaikeuden vaikutus painorajoitustarpeeseen

Kelirikon vaikeuden vaikutusta painorajoitustarpeeseen yhtenäistetyllä menettelyllä tarkasteltiin otaksumalla soratiestön kelirikko vaikeaksi, keskivaikeaksi tai helpoksi. Painorajoitustarpeen määrittäminen edellytti edellisessä kappaleessa esitetyn painorajoitusten määräytymisprosessin läpikäymistä, käyttäen soratiestön kelirikkoinventointitietoja vuosilta 1998-2002, aina painorajoitusluokittelun loppuun saakka. Prosessista jäi pois 156 kpl tieosia, joissa tierekisteri ja inventointitiedot olivat puutteellisia ja/tai ristiriitaisia (vauriopituus oli suurempi kuin tieosan pituus). Tietokantojen tarkastaminen ja päivittäminen osoitteistojen osalta parantaa tilannetta tältä osin.

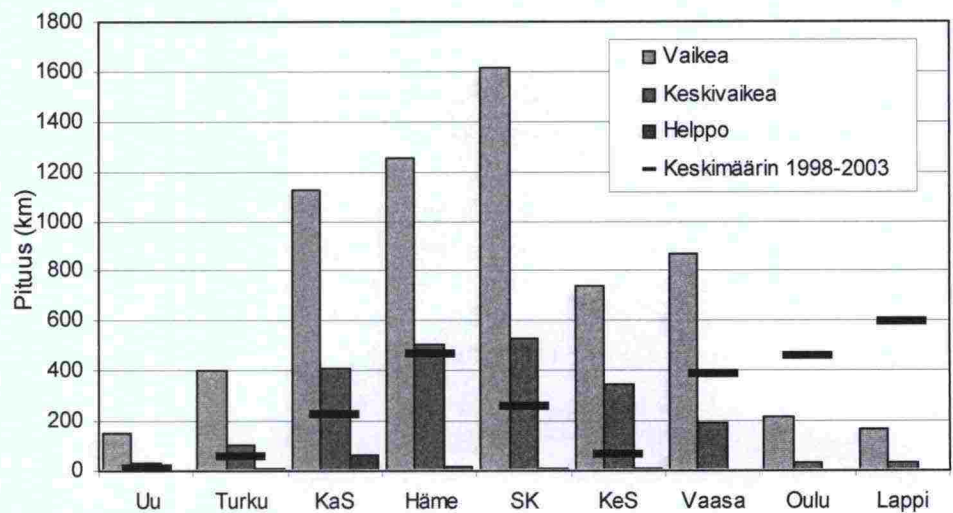
Keskivaikeiksi ennustetuissa olosuhteissa painorajoitettu soratiepituus olisi yhtenäistetyn menettelyn perusteella noin 2200 km (kuva 13), kun tiepiireihin tehdyn kyselyn mukaan vuosien 1998-2003 toteutumien perusteella keskimääräinen pituus oli noin 2500 km. Vaikeana keväänä painorajoitustarve olisi 3-kertainen keskivaikeisiin olosuhteisiin verrattuna. Helppona keväänä pituus olisi hieman yli 100 km.



Kuva 13. Painorajoitustarve soratiestöllä; teosien yhteispituus ja lukumäärä.

Tiepiireistä tulleiden tietojen perusteella vuosittain tehtävien (runko)kelirikon korjaustoimenpiteiden seurauksena noin kolmanneksessa korjatuista kohteista kelirikko ei aiheuta enää haittaa. Todellisen painorajoitustarpeen voitaneen tällä perusteella olettaa olevan noin kaksi kolmasosaa kuvassa esitetyistä, jos vuosittaiset korjaustoimenpiteet otetaan huomioon. Näin määritettynä keskivaikean kelirikkokevään painorajoitustarve olisi noin 1500 km eli 60 % vuosina 1998-2003 keskimäärin painorajoitetusta soratiepituudesta.

Tiepiiritasolla tarkasteltuna keskivaikeaksi ennustettuna keväänä yhtenäistetyt mennettelyn tuomat muutokset aikaisempaan käytäntöön verrattuna olisivat suurimmat Oulun ja Lapin tiepiireissä, missä painorajoitettava soratiepituus pienenesi huomattavasti sekä Keski-Suomen tiepiirissä, missä painorajoitettavien sorateiden pituus suurenisi huomattavissa määrin vuosien 1998-2003 keskimääräisiin painorajoituspituuksiin verrattuna (kuva 14).



Kuva 14. Painorajoitustarve soratiestöllä; teosien yhteispituus tiepiireittäin kelirikon vaikeuden suhteen (km).

Muissa tiepiireissä muutokset olisivat vähäisempiä, kun otetaan huomioon, että todellinen painorajoitustarve lienee lähempänä kahta kolmasosaa kuvassa 14 esitetystä tarpeesta.

Vaikeiksi ennustettuina kelirikkokeväinä painorajoitustarve olisi vähintään 2-kertainen (tiepiiristä riippuen korkeimmillaan jopa 5...6-kertainen) keskimääräiseen kevääseen verrattuna. Helpoiksi ennustetuissa olosuhteissa painorajoitustarve jäisi hyvin vähäiseksi, painorajoitetun soratiepituuden ollessa luokkaa 10 km tiepiiriä kohden ja maksimissaankin vain 65 km Kaakkois-Suomen tiepiirin sorateilla. Uudenmaan, Oulun ja Lapin tiepiireissä painorajoituksia ei tarvittaisi lainkaan helppona kelirikkokeväänä.

Lukumäärällisestikin tarkasteltuna kelirikkotilanteeltaan helpoksi ennustetun kevään painorajoitustarve yhdistetyllä menettelyllä olisi hyvin vähäinen, Kaakkois-Suomen aluetta lukuun ottamatta tiepiireittäin vain yksittäisiä tieosia käsittävä (taulukko 10).

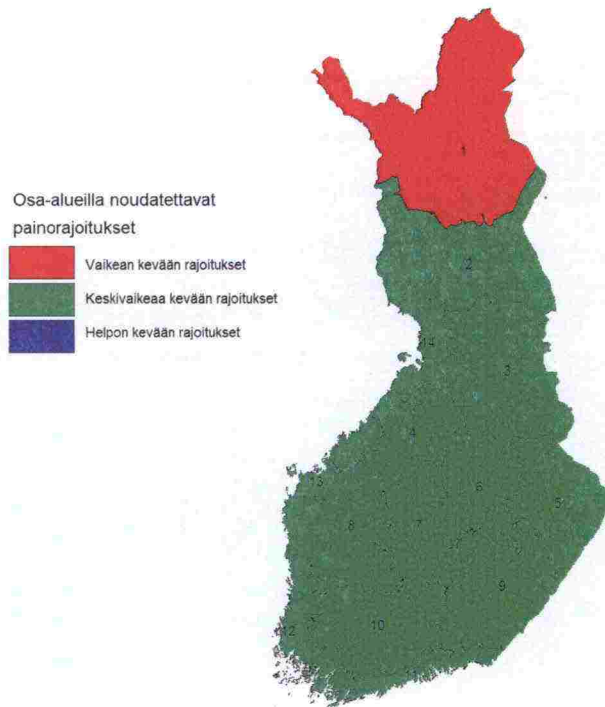
Taulukko 10. Painorajoitustarve soratiestöllä; tieosien lukumäärä tiepiireittäin kelirikon vaikeuden suhteen (kpl).

PIIRI	KVL ≤ 200			KVL > 200		
	Vaikea	Keskivaikea	Helppo	Vaikea	Keskivaikea	Helppo
Uu	28	5	0	1	0	0
Turku	74	20	1	1	0	0
KaS	224	79	14	1	0	0
Häme	228	89	2	3	0	0
SK	317	96	2	2	0	0
KeS	135	60	2	4	0	0
Vaasa	169	35	1	4	0	0
Oulu	35	4	0	1	0	0
Lappi	25	5	0	0	0	0

Liikenteellisesti merkittävien (KVL yli 200 ajon/vrk) sorateiden osuus painorajoitustarpeisista teistä olisi yhdistetyssä menettelyssä hyvin vähäinen. Painorajoituksia tarvittaisiin menettelyn mukaisesti vain muutamalle yksittäiselle tieosalle, vaikean kelirikkotilanteen vallitessa.

3.3 Sorateiden painorajoitukset 2004

Keväällä 2004 painorajoitukset sorateilla asetetaan kelirikoltaan vaikeaksi ennustetulla osa-alueella 1 (Kittilän, Sodankylän ja Ivalon hoitourakat Lapin tiepiirissä) tieosille, joiden painorajoitusluokka on B, C tai D (kuva 15). Muilla osa-alueilla kelirikon vaikeusasteen ennustettiin olevan keskivaikea (eli keskimääräinen), minkä seurauksena painorajoitukset asetetaan tieosille, joiden painorajoitusluokka on C tai D.



Kuva 15. Keväällä 2004 noudatettava painorajoituskäytäntö.

3.4 Painorajoitusten asettaminen ja poistaminen sorateillä

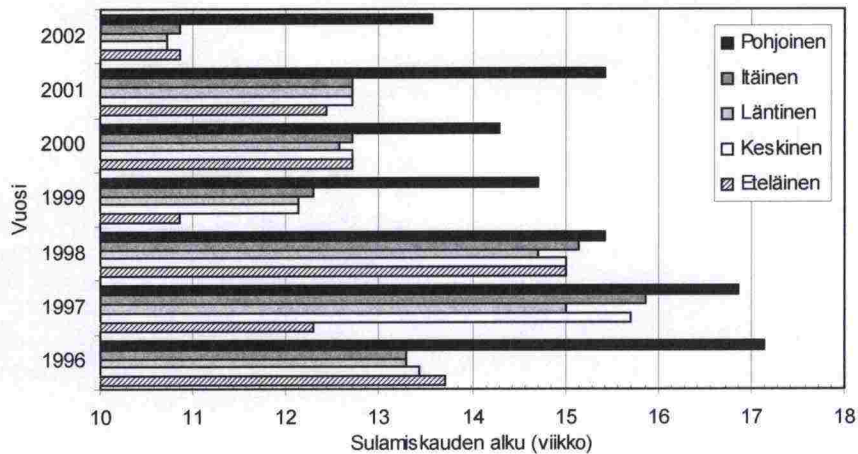
3.41 Roudan sulamisen arvioinnin filosofiaa

Painorajoitusten kestoajan minimoimiseksi olisi oleellisen tärkeää asettaa painorajoitukset mahdollisimman ”oikealla” hetkellä ja toisaalta poistaa painorajoitukset ajoissa.

Tutkimusohjelman ”Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito” yhteydessä laaditun sorateiden runkokelirikoon ja sen ennustamiseen liittyvän selvityksen [Ryyänen ym., 2003] mukaisesti sulamiskausi alkaa soratiestöllä keskimäärin maaliskuun loppupuolella (kuva 16). Pohjoisessa sulaminen alkaa tyypillisesti 2-3 viikkoa myöhemmin kuin muualla Suomessa. Sulamiskauden alku vaihtelee selvityksen mukaan 3-4 viikkoa.

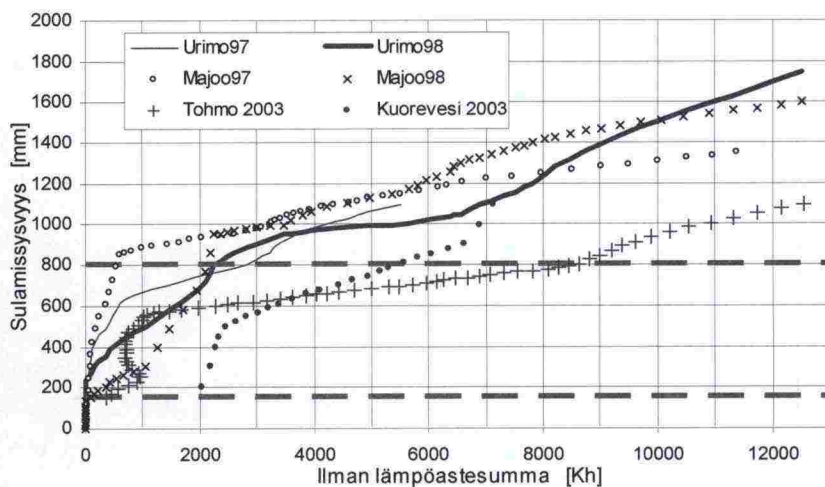
Suomessa routa etenee syvälle alusrakenteeseen, etenkin Lapissa, ja sulaa toisinaan vasta myöhään kesällä. Veden poistuminen ja tiivistyminen jatkuu hienorakeisilla alusrakenteilla noin kolme viikkoa rakenteen täydellisen sulamisen jälkeen, mutta karkeilla alusrakenteilla huomattavasti lyhyemmän aikaa. [Ryyänen ym., 2003]

Painorajoitetun ajan kohtuullistamiseksi rajoitukset joudutaan ainakin osassa soratieverkkoa poistamaan ennen kuin routa on täysin sulanut tierakenteesta.



Kuva 16. Sulamiskauden alkamisajankohta. [Ryynänen ym., 2003]

Roudan sulamisen eteneminen rakenteessa ilman lämpöastesumman suhteen voi mittausten perusteella vaihdella huomattavasti. Aihetta tarkasteltiin Leppävirralla keväinä 1997 ja 1998 koerakentamiskohteilla Urimo ja Majoo tehtyjen routaputkimittausten [Saarelainen, 1999] sekä keväällä 2003 Percoasemilta Tohmo (Kemijärvi) ja Kuorevesi tehtyjen määritysten perusteella (kuva 17). Ilman lämpöastesumma on määritetty alueellisesti Ilmatieteenlaitoksen julkaisemista vuorokauden keskimääräisistä lämpötiloista.



Kuva 17. Sulamisen eteneminen ilman lämpöastesumman suhteen. Kohteet ovat sorapintaisia, mutta Urimossa rakenne sisältää 20 cm BST-kerroksen.

Käytännössä sulaminen riippuu rakenteessa olevan jään määrästä. Mitä enemmän rakenteessa on jäälinssejä, sitä hitaammin sulaminen etenee. Tämä johtuu jään sulamisen vaatimasta energiasta. Myös auringon säteily vaikuttaa sulamiseen. Varjoiset paikat sulavat myöhemmin kuin aurinkoiset paikat. Em. Syistä johtuen mitatut sulamissyvytykset riippuvat mittauspisteen sijainnista. Varsinkin vähäliikenteisillä teillä sulaminen saattaa vaihdella voimakkaasti lyhyelläkin matkalla.

Tierakenteen sulamisen etenemisen arvioinnissa joudutaan nykytietämyksen perusteella tekemään tiettyjä yleistyksiä, esimerkiksi sulamissyvyyden ja roudan sulamisajankohdan määrittämiseksi.

Sulamisen etenemistä kohteissa tarkasteltiin kahdella eri tavalla. GEL1-mallin mukainen tapa on kehitetty aikaisemman soratiestön runkokelirikko – tutkimuksen pohjalta, missä GEL1-mallilaskelmilla arvioitiin mm. keskimääräistä roudan sulamisaikaa tyypillisessä soratierakenteessa. Tarkemmat tiedot tuloksista ja laskelmissa käytetyistä parametreista löytyvät Tielaitoksen julkaisusta 1/1999 [Belt ym., 1999]. Tässä yhteydessä tuloksista johdettu yhtälö rakenteen sulamissyvyyden kehittymiselle ilman lämpöastesumman suhteen on seuraava :

$$Z_t = 17.4T_{ilma}^{0.435} \quad (2)$$

missä, Z_t = sulamissyvyys (mm)
 T_{ilma} = ilman lämpöastesumma (°Ch)

GEL1-menetelmässä ei oteta huomioon tien pinnalle tulevaa säteilyn lämpövaikutusta.

TPPT menetelmäkuvauksessa ”Ilmastorasitus” esitetyllä tavalla tierakenteen sulamissyvyyden kehittymistä sulamisaikana voidaan arvioida yhtälöllä

$$Z_t = k\sqrt{T_{tie}} \quad (3)$$

missä, Z_t = sulamissyvyys (mm)
 k = kerroin (noin 10-12)
 T_{tie} = tien pinnan lämpöastesumma (°Ch)

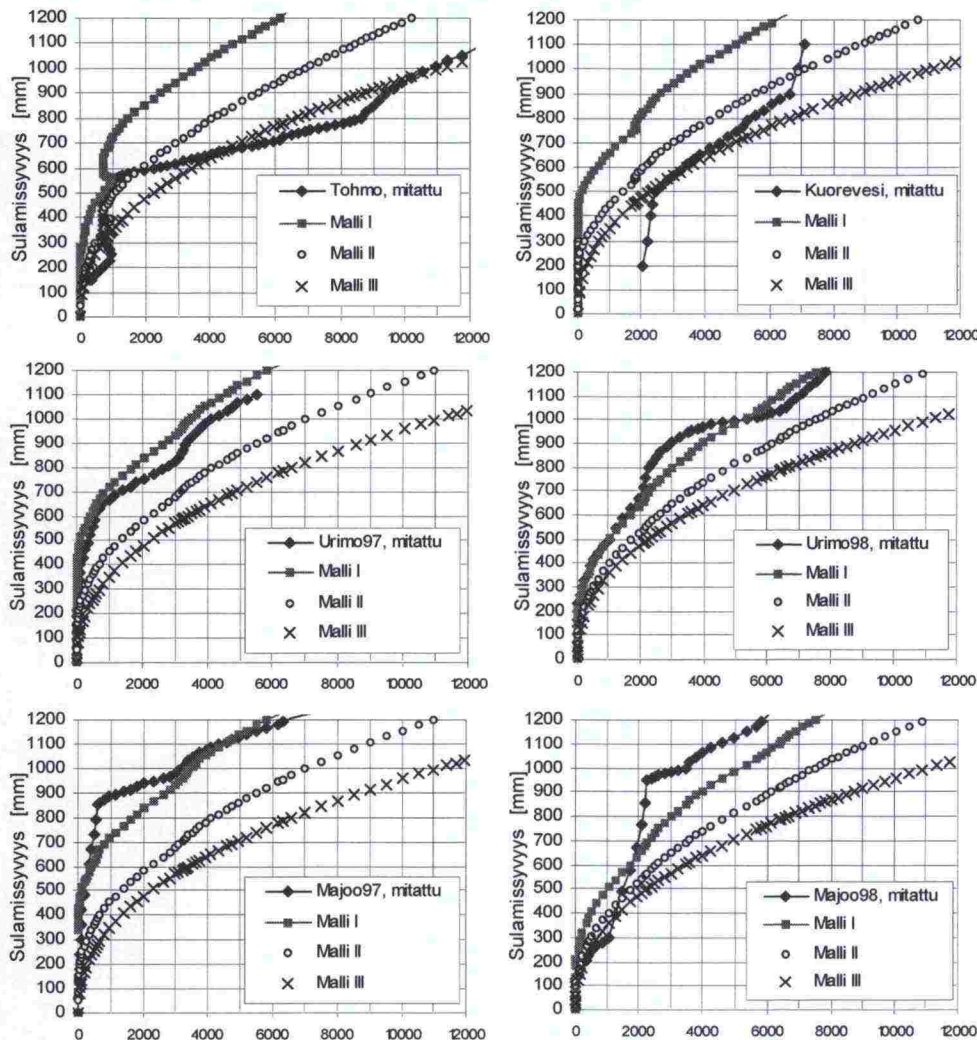
Tien pinnan lämpöastesumma poikkeaa ilman lämpöastesummasta pinnalle tulevan säteilyn (hajasäteily, auringon säteily) vaikutuksesta. Säteilyn lämmitysvaikutusta tarkasteltiin sekä TPPT menetelmäkuvauksen [Kivikoski ym., 2000] mukaisesti että Temmeksen instrumentoidun koetien mittauksiin perustuvalla Minnesota -menetelmän sovelluksella [Ryynänen ym., 2003] (taulukko 11).

Taulukko 11. Kuukausittainen ilman ja tien pinnan lämpötilaero.

Kuukausi	Ilman ja tien pinnan lämpötilaero (°C); TPPT menetelmäkuvauus	Ilman ja tien pinnan lämpötilaero (°C); Temmeksen koetie
Tammi – Helmi	0	Temmeksen koetien lämpötilamittaukset vuosina 1999-2003: Vuorokausikohtainen ero 0.018 °C x päivän järjestysnumero vuoden alusta.
Maalis	3	
Huhti	5	
Touko	7	
Kesä	8	
Heinä	8	
Elo	4	
Syys	2	
Loka	1	
Marras - Joulu	0	

Tien pinnan lämpöastesumman määrittystapa vaikuttaa rakenteen sulamisen arvioon (kuva 18). TPPT menetelmäkuvauksen mukaisessa mallissa I ilman lämpötilaa vastaavan päällysteen lämpötilan oletetaan olevan korkeampi kuin Temmeksen koetien

mittausten mukaisessa mallissa II. Tästä johtuen Temmeksen koetien mukaisella mallilla II sulamisen arvioidaan tapahtuvan myöhäisempänä ajankohtana kuin TPPT menetelmäkuvauksen mukaisella mallilla II.

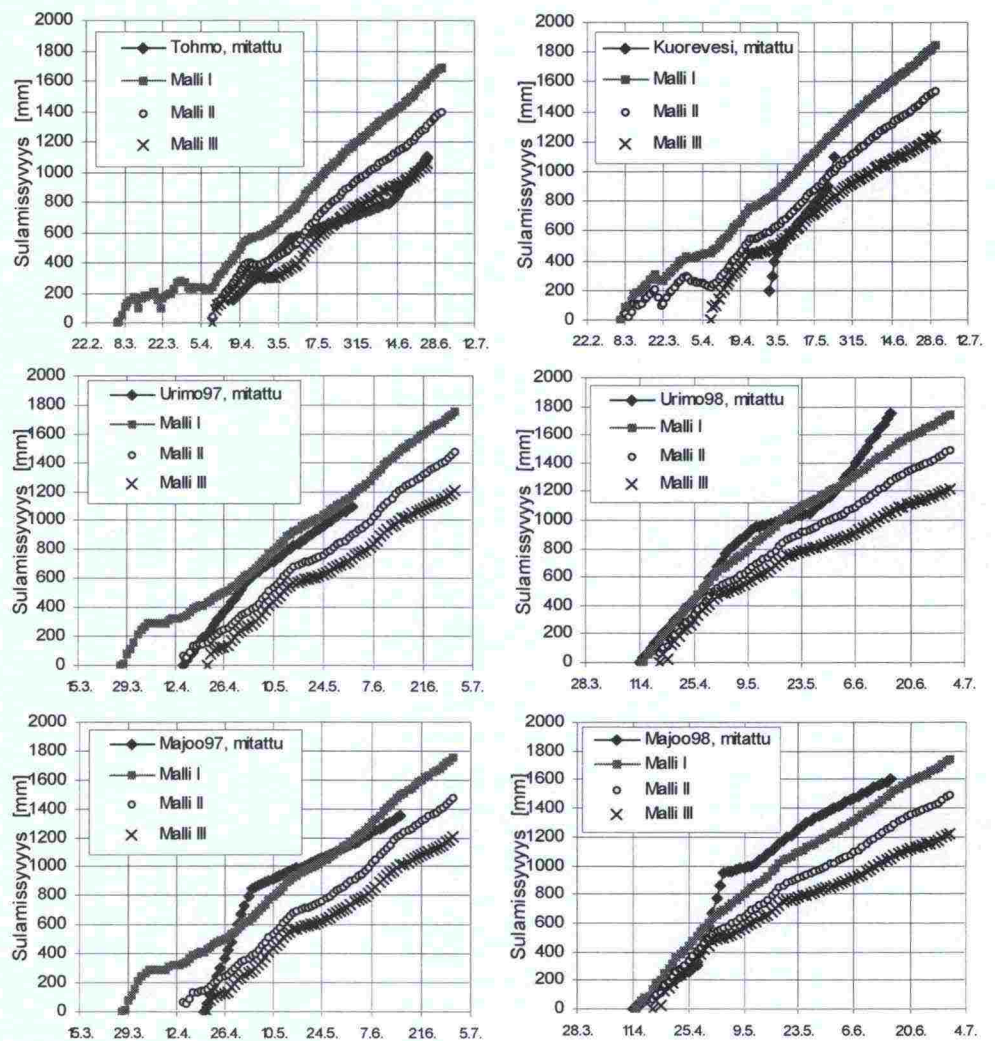


Kuva 18. Sulamisen eteneminen ilman lämpöastesumman suhteen (malli I = TPPT menetelmäkuvaus, malli II = Temmeksen koetie, malli III = GEL1).

GEL1-mallilla (malli III) arvioidut ja mitatut tulokset vastaavat jollakin tarkkuudella Percoasemien tuloksia, varsinkin sulamissyvyydellä 600-800 mm, mutta koeteillä Urimo ja Majoo arvion tarkkuus jää alhaiseksi. Yhtälöllä 3 arvioidut ja mitatut arvot poikkeavat puolestaan toisistaan eniten Percoasemien osalta, kun koeteiden Urimo ja Majoo osalta arvioiden tarkkuutta voidaan pitää jopa kohtuullisena. Mitattujen arvojen osalta ongelmana on se, että arvot eivät välttämättä ole kovinkaan tiheään (kuten päivittäin) mitattuja, vaan esim. kohteissa Urimo ja Majoo 2 viikon välein määritettyjä, mikä näkyy käyrissä sulamisen äkkinäisinä suunnanmuutoksina.

Mallien antamat arviot sulamisen etenemisestä poikkeavat toisistaan (ja mitatuista arvoista) noin 2 viikon "haarukassa" (kuva 19). Tarkimmillaankin mallien tarkkuus on luokkaa 1 viikko. Yksinkertaisilla malleilla ei voida olettaakaan päästävän tarkkoihin sulamisen arvioihin, koska sulamisen eteneminen riippuu vallinneiden lämpötilojen lisäksi päälly- ja alusrakenteen materiaalien ominaisuuksista, mikä puo-

lestaan vaihtelee hyvin suurissa rajoissa. Lisäksi edeltävän talven pakkasumma vaikuttaa sulamiseen.



Kuva 19. Sulamisen eteneminen ajan suhteen (malli I = TPPT menetelmäkuvaus, malli II = Temmeksen koetie, malli III = GEL1).

Tarkemman mallin määrittäminen edellyttäisi säännöllistä roudan sulamisen ja siihen liittyvien muuttujien seuranta vaihtelevissa olosuhteissa. Vaihtelevat olosuhteet tarkoittavat eri puolella Suomea tehtävää seuranta (eri rakenteita ja ilmastotyyppäjä) ja mieluummin vielä useina eri keväinä.

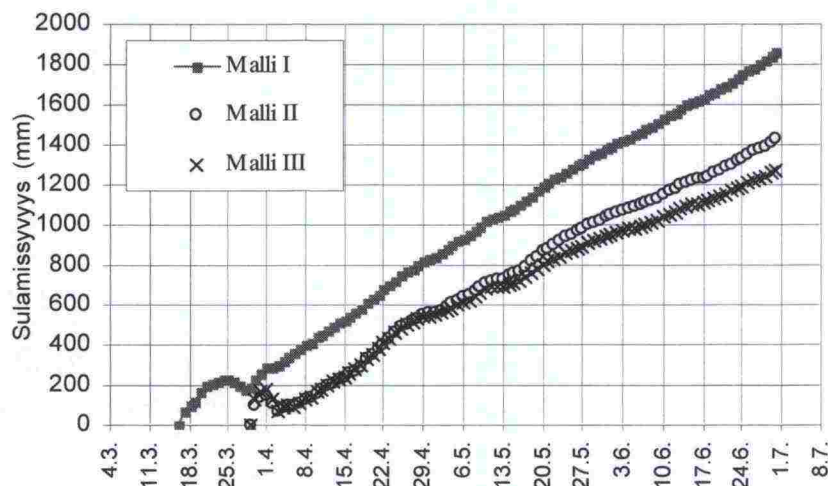
Koko Suomen kattaen esimerkin vuoksi määritettynä suurin ero mallien tuloksissa on lämpöastesumman kertymisen alkamispäivämäärissä (taulukko 12). Mallilla II ja GEL1-mallilla ko. alkamispäivänmäärä ei juuri poikkea toisistaan, mikä johtuu siitä, että Temmeksen koetien mallissa tien pinnalle kohdistuvan lämpösäteilyn vaikutus vuoden ensimmäisinä kuukausina on suhteellisen vähäinen. TPPT menetelmäkuvaoksen mukaisella mallilla I lämpösäteilyn vaikutus tien pinnan lämpöastesumman määrittämisessä on heti maaliskuun alusta lähtien niin voimakasta, että se havaitaan selvimpänä poikkeavuutena alkamispäivänmäärän kohdalla.

Taulukko 12. Keskimääräinen lämpöastesumman kertymisen alkamispäivämäärä vuosina 1996-2002 (malli I = TPPT menetelmäkuvaus, malli II = Temmeksen koetie, malli III = GEL1).

MALLI		Tarkastelualueen sijainti				
		Eteläinen	Läntinen	Keskinen	Itäinen	Pohjoinen
Malli I	ka	12.3.	17.3.	23.3.	25.3.	2.4.
	min	22.2	16.3	16.3	16.3	19.3
	max	29.3	30.3	30.3	13.4	16.4
	kh (vrk)	14	12	6	10	10
Malli II	ka	18.3.	2.4.	2.4.	4.4.	18.4.
	min	21.2	17.3	17.3	18.3	6.4
	max	29.3	16.4	16.4	22.4	30.4
	kh (vrk)	13	10	10	12	9
Malli III	ka	30.3.	2.4.	3.4.	4.4.	18.4.
	min	18.3	17.3	17.3	18.3	6.4
	max	16.4	16.4	21.4	22.4	30.4
	kh (vrk)	10	10	12	12	9

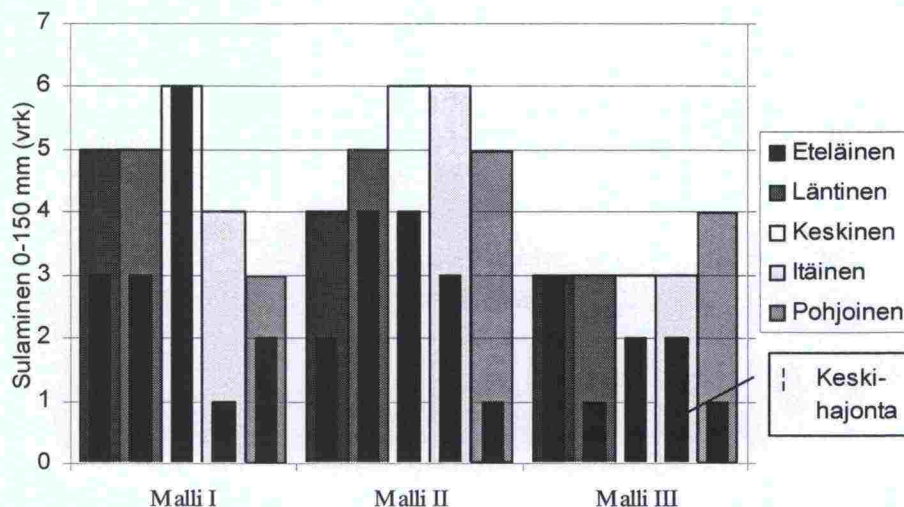
Malleilla määritetty alkamispäivämäärä vaihtelee (keskihajonta) maksimissaan 2 viikon verran, mikä tarkoittaisi eri keväinä 1 kuukauden eroa lämpöastesumman kertymisen alkamispäivämäärässä, kuten myös rakenteen sulamisen ja kelirikon ajoittumisen kohdalla.

Malleille tyypillisesti sulamisen alkamispäivämäärät voivat siis poiketa toisistaan, mutta sulamisen etenemisnopeus (kuvassa 20 käyrien kulmakerroin) on samaa suuruusluokkaa.



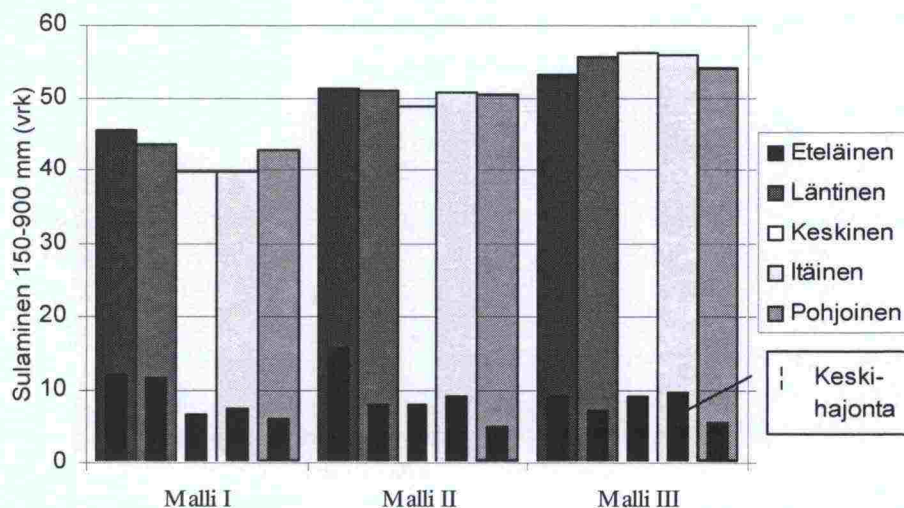
Kuva 20. Arvio sulamisen etenemisestä keskisellä alueella keväällä 2000 (malli I = TPPT menetelmäkuvaus, malli II = Temmeksen koetie, malli III = GEL1).

Keskimääräinen rakenteen yläosan (0-150 mm tien pinnasta) sulaminen vaihtelee mallista ja tarkastelualueesta riippuen 3-6 vrk välillä (kuva 21). Ko. rakenteen osan sulamisen arvioissa hajonta on suurta, mikä kuvastaa sulamisen alkuvaiheelle tyypillistä lämpötilan vaihtelua lähellä 0 °C:ta. Suurimmillaan ylimmän 150 mm sulaminen kestäisi mallien mukaisesti vuosien 1996-2002 aineistolla 2-3 viikkoa, kun minimissään 150 mm sulamisyyvyys saavutetaan jo yhdessä vrk:ssa.



Kuva 21. Keskimääräinen ylimmän 150 mm sulamiseen kulunut aika vuosina 1996-2002 (malli I = TPPT menetelmäkuvaus, malli II = Temmeksen koetie, malli III = GEL1).

Keskimääräiseksi rakenteen sulamisajaksi syvyydellä 150-900 mm saadaan kuudesta kahdeksaan viikkoa eli mallilla I 40-45 vrk sekä malleilla II ja III 50-55 vrk (kuva 22). Suurimmillaan sulaminen 150-900 mm kestäisi mallien mukaisesti vuosien 1996-2002 aineistolla 10-12 viikkoa, ja minimissäänkin sulamisrintaman etenemiseen aikaa kuluu noin kuukauden verran.



Kuva 22. Keskimääräinen syvyydellä 150-900 mm sulamiseen kulunut aika vuosina 1996-2002 (malli I = TPPT menetelmäkuvaus, malli II = Temmeksen koetie, malli III = GEL1).

Samaa suuruusluokkaa oleva sulamisaika 150-900 mm kuvastaa sulamisen etenemisen olevan ko. malleilla samaan tapaan määritettävissä rakenteen pintaosan sulamisen jälkeen.

3.42 Painorajoitusten asettaminen

Tiehallinnon ohjeistuksen mukaisesti yhtenäistetyssä menettelyssä tieosan kelirikon aikaisen painorajoituksen asettamisesta (aloittamisesta) päättää tiepiiri ottamalla huomioon :

- hoitourakoitsijan arviot ja esitykset
- mittauksiin tai ilman lämpötilatietoihin perustuvan arvion roudan sulamisesta
- sää- tai kelirikkoennusteet

Painorajoitukset tulee ohjeistuksen mukaisesti asentaa yleensä silloin, kun tierakenteen on sulanut noin 15 cm:n syvyyteen (kelirikkomerkit voidaan luonnollisesti asettaa jo pintakelirikon alkaessa). Tierakenteen sulamista voidaan karkeasti arvioida ilman lämpötilatietojen perusteella. Selvästi edellistä menettelyä tarkempi käsitys tierakenteen yläosan sulamisesta 15 cm:n syvyyteen saadaan käyttämällä kankea (piikkiä, lapiota tms). Sulamisen tarkkailu tulee kohdistaa avoimelle tien kohdalle, missä rakenteen pinta joutuu mahdollisimman esteettömästi tuulen, sateen ja auringonpaiseen vaikutusten alaiseksi. Sorateiden reunojen kuntoon tulee kiinnittää erityistä huomiota.

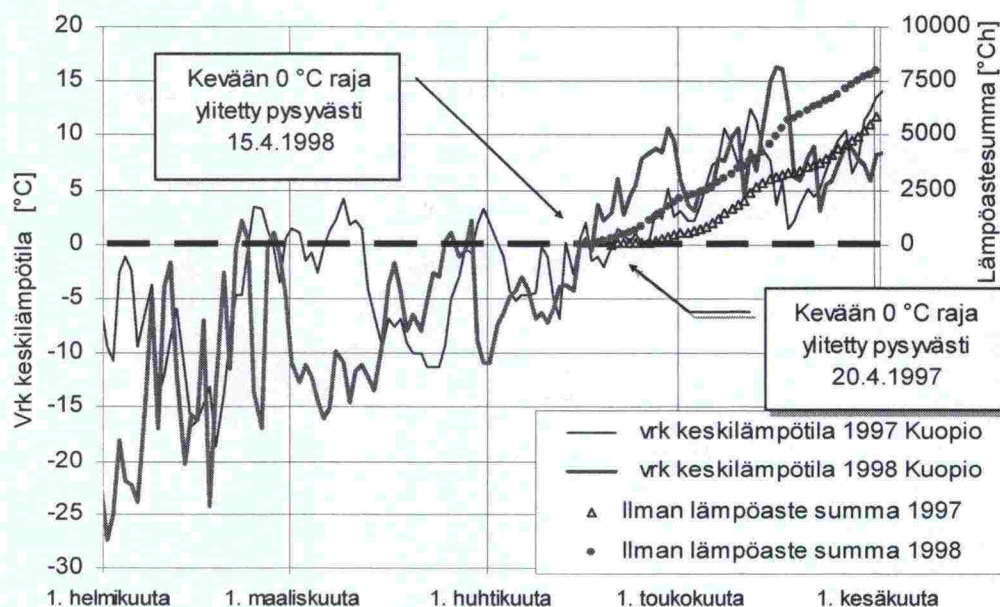
Painorajoitusten aloittamista voidaan siirtää sorateiden osalta, jos hoitourakoitsijan arvion mukaan painorajoitusta ei vielä tarvita tai lähiajan sään ennustetaan olevan suotuisan rajoittamattomalle liikenteelle. Liikenteellisesti merkittävillä (KVL > 200 ajon/vrk) teillä painorajoitusten asettamista pyritään siirtämään keväällä mahdollisimman myöhään.

Ehdotus painorajoitusten asettamisajankohdan määrittämiseksi sorateilla

Painorajoitusten asettamisajankohdan määrittämisessä olisi luontevaa käyttää hyväksi yleisen päällystetyn tiestön laajasti kattavan tiesääasemaverkoston päivittäisiä tietoja, jolloin painorajoitusten asettamista voidaan tarkastella alueellisesti. Perustamalla muutama tiesääasemaverkoston rinnakkaispiste soratiestölle ja määrittämällä päällystetyn ja soratierakenteen sulamiserot, voitaisiin parantaa oleellisesti tiesääasemaverkoston tietojen hyödynnettävyyttä.

Kelirikkokauden voidaan katsoa alkaneen siinä vaiheessa, kun keskimääräinen vuorokausilämpötila alkaa selvästi erkautua (lämpenemään) 0 °C:sta eli tilanteessa, missä vuorokauden keskilämpötila asettuu pysyvästi lämpimän puolelle (kuva 23). Soratiestöllä alueellisten tiesääasemien avulla määritetty 0 °C keskilämpötilan ylittämisaikakohta voisi toimia paikallisena merkinä rakenteen sulamisen etenemisen seurannan aloittamiselle. Seuranta voi kestää sääolosuhteista riippuen muutamasta päivästä maksimissaan pariin viikkoon. Tarkimmillaan se olisi, kuten Tiehallinnon ohjeistuksessakin mainitaan, rautakangella tai vastaavalla työkalulla tapahtuvaa seuranta.

0 °C -ajankohdan määrittämisen arvioinnissa kannattaa hyödyntää myös Ilmatieteenlaitoksen 5 vuorokauden ennustetta. Jos 5 vuorokauden keskilämpötila (minimi ja maksimi lämpötilojen keskiarvo) tulee olemaan yli 0 °C:een, voidaan otaksua, että sulamiskausi alkaa.



Kuva 23. Keskimääräisen vrk lämpötilan 0 °C rajan periaate.

Menettely on ainakin kokeilemisen arvoinen. Menettelyssä tilanne tulee olemaan ongelmallisina keväinä, jolloin vuorokausilämpötila vaihtelee pitkän ajanjakson 0 °C kahta puolta. Juuri vastaavanlaisina keväinä ”oikean” painorajoitusten asettamisajankohdan valinta on nykyisellään käytännöllä vaativaa ja usein myös kelirikotilanne on sulamisen hitaan etenemisen ja siitä johtuen pitkäksi venyvän rakenteen kuivumisen/ tiivistymisen vuoksi keskimääräistä vaikeampi.

3.43 Painorajoitusten poistaminen

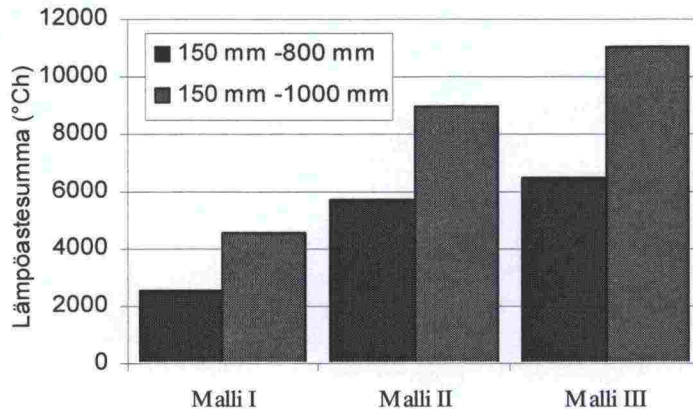
Tiehallinnon ohjeistuksen mukaisesti yhtenäistetyssä menettelyssä tiepiirin tulee seurata kelirikon kehitystä ja muuttaa painorajoitusten määrää sen mukaan, kuinka hyvin runkokelirikon määrän kehitys antaa siitä viitteitä. Rajoitus voidaan poistaa tilapäisesti, jos pakkaskausi keskeyttää roudan sulamisen ja tierunko on jäykistynyt riittävän kantavaksi.

Painorajoitusmerkit voidaan ohjeistuksen mukaisesti poistaa, kun roudan sulaminen on edennyt 80-100 cm:n syvyydelle ja kun tien pintaosassa on riittävän paksu kuiva ja kantava kerros. Tierakenteen sulamisen eteneminen voidaan karkeasti arvioida ilman lämpötilatietojen perusteella.

Ehdotus painorajoitusten poistamisajankohdan määrittämiseksi

Painorajoitusten poistamisajankohdan arvioinnissa voidaan hyödyntää ilman lämpöastesumman kehittymistä rakenteen sulamiskaudella. Tehtyjen tarkastelujen perusteella rakenteen sulaminen painorajoituksen asettamisajankohdasta sen poistamisajankohtaa vastaavaan syvyyteen edellyttää tietyn suuruisen lämpöastesumman kertymän (kuva 24). TPPT menetelmäkuvauksen mukainen malli olettaa keväisen auringon säteilyvaikutuksen malleista voimakkaimmaksi ja sulamisrintaman etenemisen 150 mm:stä noin 900 mm syvyyteen vaativan keskimäärin 3500 °Ch lämpöas-

tesumman. Temmeksen koetien tuloksiin pohjautuvalla ja GEL1-malleilla vastaavat lämpöastesummat ovat 7300 °Ch ja 8700 °Ch.



Kuva 24. Keskimääräinen ilman lämpöastesumma rakenteen sulaessa 150 mm:stä 800 ja 1000 mm:iin (malli I = TPPT menetelmäkuvaus, malli II = Temmeksen koetie, malli III = GEL1).

Ilman lämpöastesumman kehittymistä 5000 °Ch:iin voitaneen käyttää merkinä yksityiskohtaisemman paikallisen seurannan aloittamiselle, minkä perusteella päätettäisiin varsinainen painorajoitusten poistamisajankohta. Tällöin tierakenne on sulanut arviolta runsaat puoli metriä. Tällaisella menettelyllä varaudutaan hyvissä ajoin rajoitusten poistamiseen, jolloin voidaan välttää liian pitkäksi venyvää rajoitusaikaa. Kevään lämpötilan, lämpöastesumman kehittymisen ja rakenteen sulamisen välinen yhteys vaatii kuitenkin vielä lisäselvityksiä.

4 PÄÄLLYSTETTYJEN TEIDEN PAINORAJOITUKSET

4.1 Päällystettyjen teiden rakenteet ja verkkohalkeilu

Merkittävä osa vähäliikenteisistä päällystetyistä teistä on ns. rakentamattomia teitä, joissa ei ole kunnollisia päällysrakennekerroksia. Tien muuttaminen soratiestä päällystetyksi tieksi toteutettiin aikanaan pääosin tehostettuna kunnossapitona, jolloin soratien päälle lisättiin 200 - 400 mm soraa ja ohut päällyste. Tällaisissa rakenteissa saattaa sijaita suhteellisen lähellä tien pintaa routivia kerroksia

Vähäliikenteisillä ohutpäällysteisillä teillä verkkohalkeamien muodostuminen poikkeaa paksujen päällysteiden väsymisvaurioitumismekanismista. Ohutpäällysteisillä tierakenteilla liikennekuormituksen aiheuttamat sitomattomien kerrosten pysyvät muodonmuutokset muodostuvat suuriksi. Päällysteen mukautuessa pysyviin muodonmuutoksiin siihen syntyvät poikkisuuntaiset vetomuodonmuutokset ajourissa ylittävät päällysteen siirtymiensietokyvyn. Tällöin päällyste repeää synnyttäen pituushalkeamaa ajouran keskelle. Tämän seurauksena liikennekuormituksen aiheuttamat rasitukset kasvavat aiheuttaen päällysteen lisävaurioitumista kuten verkkohalkeamia [Belt ym., 2002].

Ohutpäällysteisillä tierakenteilla päällysteen alapuolinen sitomaton kerros eli kantava kerros on kuormituskestävyyden kannalta tärkein tien rakenteellinen osa. Toisaalta liikennekuormitus aiheuttaa ylimpään sitomattomaan kerrokseen niin suuria rasituksia, että sitomaton materiaali hienonee. Toisaalta suuri hienoainespitoisuus voi johtua takavuosien rakentamiskäytännöistä: paksu hienorakeinen tasauserkerros, ylijyräys, pitkäkestoinen työnaikainen liikenne, heikko kantavan kerroksen materiaali jne. Hienoaineksen määrän kasvaessa materiaalin kyky sitoa itseensä vettä lisääntyy. Kosteuden lisääntyminen heikentää materiaalin kykyä vastustaa pysyviä muodonmuutoksia.

Varsinkin kevättalvella yleinen päällysrakenteen yläosan toistuva jäätymsulamisilmiö lisää ylimmän sitomattoman kerroksen kosteutta ja sitä kautta heikentää kantavan kerroksen pysyvien muodonmuutosten vastustuskykyä. Sulamisvaiheessa vettä tunkeutuu rakenteeseen PAB-V ja SOP -tyyppisten päällysteiden läpi, koska päällysteet ovat ohuita ja harvoja. Veden tunkeutumista edesauttaa raskaiden ajoneuvojen pyörien aiheuttama paine vesikalvoon. Vettä tunkeutuu rakenteeseen myös halkeamien ja muiden päällystevaurioiden kautta. Alapuolisen rakenteen ollessa jäässä lisävesi jää sitomattomaan kantavaan kerrokseen.

Pysyviä muodonmuutoksia syntyy herkästi myös hienorakeisissa kerroksissa, jotka sijaitsevat lähellä tien pintaa, tai routivassa alusrakenteessa, jos päällysrakennepaksuus on pieni. Hienorakeisiin kerroksiin ja routivaan alusrakenteeseen muodostuu routaantumsvaiheessa jäälinssiä, joista vapautuu sulamisvaiheessa runsaasti ylimääräistä vettä. Sulamiskauden tilanteen tekee ongelmalliseksi se, että sulaminen alkaa ylhäältä päin. Sulamisrintaman alapuolisen osan ollessa jäässä ylimääräisen veden poistuminen rakenteesta vaikeutuu merkittävästi.

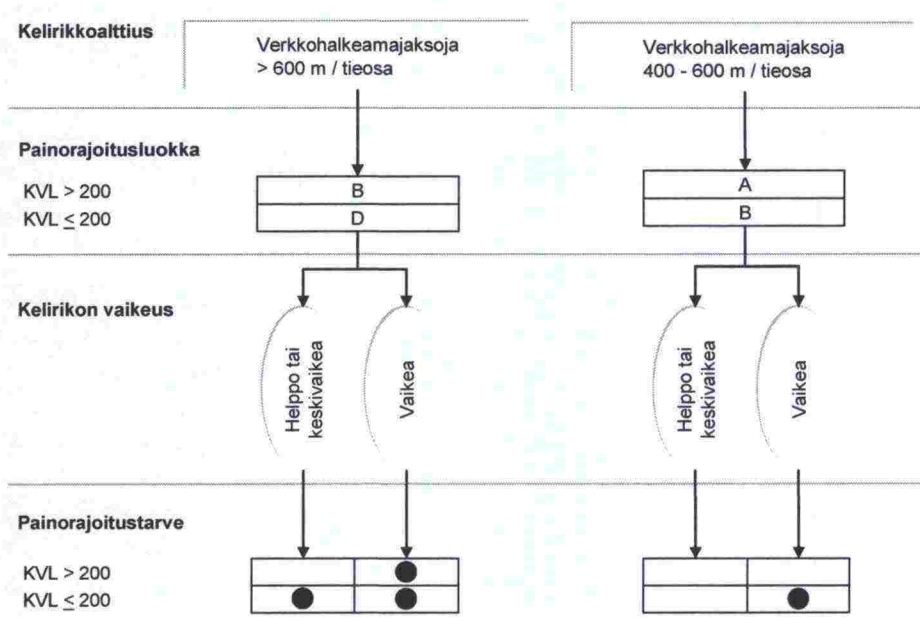
4.2 Ennustemallin hyödyntäminen ja painorajoitusten määrittäminen

Lähellä tien pintaa sijaitsevien hienorakeisten kerrosten ja alusrakenteen osalta vähäliikenteisten päällystettyjen teiden rakenteet muistuttavat kelirikkoisten sorateiden rakenteita. Teiden sulassa ne käyttäytyvät osittain sorateiden kaltaisesti eli teillä saattaa esiintyä merkittävästi sorateiden runkokelirikkoa muistuttavaa routapehmenemistä, mikä nopeuttaa pysyvien muodonmuutosten kehittymistä ja sitä kautta verkkohalkeilua.

Sen sijaan ylimmän sitomattoman kerroksen hienoainespitoisuuden merkityksen osalta päällystetyt tiet poikkeavat sorateista. Pölyämisen estämiseksi korkeahko hienoainespitoisuus sorateiden kulutuskerroksessa on toivottu ominaisuus. Lisäksi sorateilla kohtuullisen suurikin urautuminen on helppo tasata höyläämällä.

Edellä mainituista tekijöistä johtuen vähäliikenteisillä päällystetyillä teillä voidaan hyödyntää sorateille tarkoitettua runkokelirikon vaikeuden ennustemallia joskin rajoitetusti.

Vähäliikenteisillä päällystetyillä teillä painorajoitettavat tieosat määritetään samalla tapaa kuin sorateilla (kuva 25). Kelirikkoalttiutta määritetään tieosan inventoitujen verkkohalkeamajaksujen yhteispituuden perusteella. Verkkohalkeamajaksolla tarkoitetaan niitä 100 m osuuksia, missä viimeisen päällystevaurioinventoinnin mukaan on SOP -teillä yli 120 m² ja PAB-V -teillä yli 160 m² verkkohalkeamia.



Kuva 25. Painorajoitustarpeen ja -luokan määrityksen periaatteet päällystetyillä teillä.

Kelirikkoalttiuden ja liikennemäärän (KVL ≤ 200 ajon/vrk tai KVL > 200 ajon/vrk) perusteella päällystetyt tiet jaetaan tieosittain kolmeen painorajoitusluokkaan seuraavasti:

PÄÄLLYSTETTYJEN TEIDEN PAINORAJOITUKSET

- A Vähän vaurioituneet tieosat, joilla painorajoituksia ei käytetä.
- B Tieosat, joilla painorajoituksia käytetään vaikeina kelirikkokeväinä.
- D Tieosat, joilla painorajoituksia käytetään joka kevät.

Verkkohalkeamajaksojen yhteispituuden ollessa yli 600 m tieosa kuuluu painorajoitusluokkaan B, jos KVL on yli 200 ajon/vrk, ja luokkaan D, jos KVL on ≤ 200 ajon/vrk. Vastaavasti verkkohalkeamajaksojen yhteispituuden ollessa 400-600 m tieosa kuuluu joko painorajoitusluokkaan A (KVL > 200) tai B (KVL ≤ 200).

Sorateiden runkokelirikon vaikeusennusteen perusteella kevät jaetaan päällystetyillä teillä kahteen luokkaan siten, että viidessä vuodessa esiintyy keskimäärin neljä helppoa/keskivaikeaa ja yksi vaikea kelirikkokevät. Vaikeana kelirikkokevänä riski jo pahasti verkkohalkeilleen tien täydelliselle hajoamiselle on erityisen suuri.

Painorajoituksia käytetään vaikeina kelirikkokeväinä luokkiin B ja D kuuluvilla tieosilla. Keskivaikeina ja helppoina kelirikkokeväinä painorajoituksia käytetään vain luokkaan D kuuluvilla tieosilla.

4.3 Päällystettyjen teiden painorajoitukset 2004

Keväällä 2004 painorajoitukset päällystetyillä teillä asetetaan kelirikoltaan vaikeaksi ennustetulla osa-alueella 1 (Kittilän, Sodankylän ja Ivalon hoitourakat Lapin tiepiirissä) tieosille, joiden painorajoitusluokaksi on määritelty B tai D.

Kaikilla muilla osa-alueilla kelirikon vaikeusasteen ennustettiin olevan keskivaikea (eli keskimääräinen), minkä seurauksena painorajoitukset asetetaan vain tieosille, joiden painorajoitusluokkana on D.

4.4 Painorajoitusten asettaminen ja poistaminen päällystetyillä teillä

Päällystetyillä vähäliikenteisillä teillä painorajoitusten asettamisajankohdan määrittämisessä kannattaisi käyttää hyväksi yleisen päällystetyn tiestön laajasti kattavan tiesääsemaverkoston päivittäisiä tietoja, jolloin painorajoitusten asettamista voidaan tarkastella alueellisesti.

Päällystetyillä teillä painorajoitusten asettamisen voidaan katsoa olevan ajankohtaista keväällä kelirikkokauden lähestyessä, kun alueellisesti päällysteen keskimääräinen vuorokausilämpötila alkaa selvästi erkautua (lämpenemään) 0 °C:sta eli tilanteessa, missä vuorokauden keskilämpötila asettuu pysyvästi lämpimän puolelle.

Päällystetyillä vähäliikenteisillä teillä painorajoitukset voidaan poistaa samaan aikaan, kun poistetaan alueen kelirikkoisten sorateiden painorajoitukset.

5 YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Jokakeväinen tiestön kelirikko on merkittävin sorateiden palvelutasoa heikentävistä tekijöistä. Sulamiskaudella alentunut kuormituskestävyys joudutaan ottamaan huomioon painorajoitusten muodossa myös osalla päällystettyä tieverkkoa. Kevääseen ajoittuva kelirikko vaivaa tiestöä säännöllisesti. Kelirikon määrä riippuu tierakenteen lisäksi pääosin edeltävän syksyn ja alkutalven sää- ja kosteustilanteesta, mutta myös roudan sulamisolosuhteet keväällä vaikuttavat kelirikon määrään.

Tiehallinto on päättänyt ottaa keväällä 2004 käyttöön koko maan kattavan yhtenäisen painorajoituskäytännön, jolla pyritään vähentämään painorajoituksia ja niistä aiheutuvia haittoja kokonaisuutena sekä parantamaan painorajoitustarpeen ennakointia, tiedottamista ja vuorovaikutussuhdetta tien käyttäjien kanssa. Uuden käytännön mukaisesti painorajoitusten alaiset tiet määritellään painorajoitusluokitellulle tiestölle helmikuun aikana, kevään kelirikon vaikeusennusteen avulla.

Painorajoitusluokittelun lähtökohtana on tiestölle määritettävä kelirikkoalttius. Päällystetyillä teillä se määritetään kuntorekisteriin inventoitujen verkkohalkeamien määrän perusteella vähäliikenteisille SOP ja PAB-V teille. Soratiestön kelirikkoalttiuden määrittäminen perustuu aiempaan kelirikkokäyttämiseen (vaurioiden määrä, vakavuus ja toistuvuus), jota seurataan keväisin runkokelirikkoinventoinneilla. Luokittelu tehdään vuosittain keskitetysti Tiehallinnon toimesta edellisen kevään runkokelirikkoinventointien rekisteröinnin valmistuttua 5 viimeisimmän vuoden inventointien perusteella ja tarkistetaan tiepiirikohtaisesti. Luokitteluun vaikuttaa myös liikennemäärä (KVL yli tai alle 200 ajon/vrk). Liikenteellisesti merkittävillä teillä (KVL > 200 ajon/vrk) painorajoituksia käytetään vain poikkeustapauksissa.

Painorajoitusluokittelu tehdään syksyn aikana ja se toimii lähtökohtana varsinaiselle painorajoitustarpeen määrittämiselle, mikä toteutetaan seuraavassa vaiheessa kevään kelirikon vaikeuden ennusteen perusteella.

Ennustamiseen kehitettiin malli, missä Suomi on jaettu 14 osa-alueeseen, joille kullekin ennustetaan runkokelirikon vaikeutta kolmiportaisen (helppo, keskivaikea, vaikea) luokittelun mukaisesti. Tärkeimpien mallin sisältämien muuttujien mukaisesti pitkä routaantumisaika, osa-alueelle aikaisemmin tyypillinen suuri runkokelirikkopituus ja korkealla oleva pohjavesi lisäävät runkokelirikon määrää. Mallin sisältämistä muuttujista pieni tammikuun lopun pakkassumma ja aikainen pakkaskauden alku kasvattavat myös hieman runkokelirikon määrää.

Ennustemallissa kelirikon vaikeuden keskinäiset suhteet on valittu siten, että 5 vuodessa esiintyy keskimäärin yksi helppo, kolme keskivaikeaa ja yksi vaikea kevät, ts. helppoa ja vaikeaa kelirikkoa oletetaan esiintyvän 20 % keväistä kumpaakin, kun keskivaikean osuudeksi oletetaan 60 %. Ennusteen avulla määritetään, minkä painorajoitusluokan teitä rajoitetaan (taulukko 13).

Sorateilla painorajoituksia tullaan käyttämään vaikeiksi ennustettuina kelirikkokeväänä luokkien B, C ja D tieosilla, keskivaikeina luokkien C ja D tieosilla sekä helpoina vain luokan D tieosilla.

Taulukko 13. Painorajoitettavien tieosien määräytyminen kelirikon vaikeuden ennusteen perusteella.

Ennustettu kelirikon vaikeus tulevalle keväälle	Painorajoitettavat tieosat painorajoitusluokituksen mukaisesti	
	Soratiet	Päällystetyt tiet
Vaikea	B, C, D	B, D
Keskivaikea	C, D	D
Helppo	D	D

Päällystetyillä teillä oletuksena on, että 5 vuodessa esiintyy keskimäärin neljä helppoa/keskivaikeaa ja yksi vaikea kelirikkokevät. Tällöin painorajoituksia käytetään vaikeiksi ennustettuina kelirikkokeväinä luokkien B ja D tieosilla. Keskivaikeina ja helppoina keväinä painorajoituksia käytetään vain luokan D tieosilla.

Tulevan kevään kelirikon vaikeuden ennustetaan mallin mukaisesti olevan tiestöllä keskivaikea, lukuun ottamatta pohjoisinta osa-alueetta 1 (Kittilän, Sodankylän ja Ivalon hoitourakat Lapin tiepiirissä), missä sen ennustetaan olevan vaikea. Siten painorajoituksia asetetaan keväällä 2004 osa-alueella 1 painorajoitusluokan B, C ja D sorateille sekä luokan B ja D päällystetyille teille. Muilla osa-alueilla keväällä 2004 painorajoituksia asetetaan sorateilla vain luokan C ja D teille sekä päällystetyillä teillä vain luokan D tiestölle.

Lopullinen painorajoitus määräytyy tiepiirissä tehtävän tarkistamisen perusteella rajoituksen asettamisajankohdan lähestyessä. Päällystetyillä vähäliikenteisillä teillä painorajoitusten asettaminen on ajankohtaista, kun vrk keskilämpötila asettuu pysyvästi lämpimän puolelle. Soratiestöllä vastaavan ajankohdan tulisi toimia paikallisena merkinä rakenteen sulamisen etenemisen seurannan aloittamiselle.

Painorajoitusten poistamisajankohdan arvioinnissa voidaan hyödyntää ilman lämpöastesumman kehitymistä 5000 °Ch:iin paikallisen seurannan aloittamiseksi. Tällaisella menettelyllä varaudutaan hyvissä ajoin rajoitusten poistamiseen liian pitkän rajoitusajan välttämiseksi.

Kevättä 2004 käytetään uuden painorajoituskäytännön toimivuuden testaamiseen koko maan vähäliikenteisillä teillä. Tässä yhteydessä kannattaisi selvittää myös sorateiden painorajoituksen ajoituksen ja runkokelirikon vaikeuden ennustemenettelyn toimivuutta. Painorajoitusten asettamis- ja poistamisajankohdan määrittämisen helpottamiseksi kannattaisi muodostaa havaintoverkko, mikä muodostuisi pääosin päällystetyn tiestön laajasti kattavasta tiesääsemaverkosta Perustamalla muutama tiesääsemaverkoston rinnakkaispiste soratiestölle ja selvittämällä sulamisen eteneminen sekä määrittämällä päällystetyn ja soratierakenteen sulamiserot voitaisiin tiesääsemaverkoston tietojen hyödynnettävyyttä parantaa oleellisesti.

KIRJALLISUUSLUETTELO

Belt, J., Lämsä, VP., Ehrola, E., Ernvall, T., Seppälä, H. 1999. Soratietön runkokelirikko. Tielaitoksen tutkimuksia 1/1999. ISBN 9517265468, ISSN 07883706, TIEL 3100021. Helsinki 1999.

Belt, J., Lämsä, VP., Savolainen, M., Ehrola, E. Tierakenteen vaurioituminen ja tietön kunto. Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. Helsinki 2002. TIEH 3200747.

Kelirikkoteiden liikenteen rajoittaminen. Tiehallinnon ohjejulkaisu. Helsinki 2004. Luonnos 19.1.2004.

Kivikoski, H., Saarelainen, S., Ilmastorasitus, pakkasmäärän ja sulamiskauden pituuden määrittäminen. TPPT menetelmäkuvaus. VTT Yhdyskuntatekniikka. Espoo 2000.

Ryynänen, T., Belt, J., Ehrola, E. 2003. Sorateiden runkokelirikko ja kelirikon vaikeuden ennustaminen. Tiehallinnon selvityksiä 46/2003. ISBN 951-803-128-2, ISSN 1457-9871. TIEH 3200833. Helsinki 2003.

Saarelainen, S. Kelirikkoisen soratien kantavuuden parantamismenetelmiä. Bitumistabilointi ja raudoitettu murske. Loppuraportti. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 6/1999. Kuopio 1999. TIEL 4000200.

Soveri, J., Mäkinen, R., Peltonen, K. 2001. Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975 - 1999. Suomen ympäristökeskus 420. ISBN 952-11-0746-4. ISSN 1238-7312. Helsinki 2001.

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-281-5
TIEH 3200878