



Mikko Malmivuo, Otto Kärki

## Ajokeliin liittyvä riski

Tiehallinnon selvityksiä 39/2002





Mikko Malmivuo, Otto Kärki

# **Ajokeliin liittyvä riski**

**Tiehallinnon selvityksiä**

**39/ 2002**

ISSN 1457-9871  
ISBN 951-726-921-8  
TIEH 3200770

Oy Edita Ab  
Helsinki 2002

Julkaisua myy/saatavana:  
Tiehallinto, julkaisumyynti  
Telefaksi 0204 22 2652  
S-posti [julkaisumyynti@Tiehallinto.fi](mailto:julkaisumyynti@Tiehallinto.fi)  
[www.Tiehallinto.fi/julk2.htm](http://www.Tiehallinto.fi/julk2.htm)

TIEHALLINTO  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 2211

**Mikko Malmivuo, Otto Kärki: Ajokeliin liittyvä riski.** Helsinki 2002. Tiehallinto, . Tiehallinnon selvityksiä 39/2002. 65 s. + liitt. 7 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-726-921-8, TIEH 3200770

**Asiasanat:** Keli, liikenneonnettomuudet, liikenneturvallisuus, onnettomuudet, onnettomuusriski, riski, talvi, talvihoito  
**Aiheluokka:** 71, 81

## TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin talviliikenteen turvallisuutta ja talvikeleihin liittyvää onnettomuusriskiä vertailemalla pohjoismaisia talvikelin onnettomuusriskejä käsitteleviä tutkimuksia. Lisäksi tutkimuksessa arvioitiin nykyistä talvikelien onnettomuusriskiä Suomessa erilaisten talvikelien suoriteaineistojen perusteella.

Kirjallisuusselvityksen mukaan Suomessa jäisen kelin onnettomuusriski suhteessa paljaaseen keliin on huomattavan korkea ruotsalaisiin ja norjalaisiin tutkimuksiin verrattuna. Tämä johtuu Suomen selvästi korkeammasta jäisen kelin onnettomuusriskistä ja hieman matalammasta kuivan kelin riskistä. Lisäksi kelien määrittelyerot saattavat vaikuttaa riskiluvuissa havaittuihin eroihin.

Talvikelien liikennesuoriteaineiston puutteen vuoksi ei talvikelien onnettomuusriskejä maassamme ole viime vuosina seurattu. Tässä tutkimuksessa liikennesuoritteiden jakautumista eri keleille arvioitiin mm. talvikaudella 2001–02 talvihoiton laadunseurannan yhteydessä tehdyn keliluokituksen sekä Tiehallinnon ns. kuuden tunnin keliennusteen avulla. Molemmat aineistot osoittautuivat melko hyväksi kelisuoritteiden lähteiksi, mutta niiden tulkinta ja jalostaminen kelisuoritearviointiin vaatii edelleen kehittämistä.

Tehtyjen suoritearvioiden perusteella talvikelien henkilövahinkoon johtavan onnettomuuden riski on pääsääntöisesti sitä pienempi mitä suurempi on talvikelien osuus. Talvihoiton laadunseuranta-aineiston mukaan ylimmässä Is-hoitoluokassa henkilövahinkoon johtaneen onnettomuuden riski on kuitenkin poikkeuksellisesti pienempi kuin I-hoitoluokassa. Tämä saattaa johtua Is-teiden turvallisemmista tietyypeistä.

Tehtyjen analyysien perusteella talvikelien suoriteosuus olisi samansuuruisen, mutta jäisen kelin suoriteosuus pääteillä olisi hieman suurempi kuin edellisissä laajoissa Pentti Polvisen 1980-luvulla tehdyissä tutkimuksissa arvioitiin. Tämän mukaan jäisen kelin onnettomuusriski olisi hieman aiemmin arvioitua pienempi eli käytännössä rannikon pääteillä 30–50-kertainen kuivaan ja paljaaseen keliin verrattuna. Ruotsalaisen tutkijan Carl-Gustaf Wallmanin laskelmien mukaan Ruotsissa jäisen kelin riski on kuitenkin keskimäärin vain 8-kertainen vastaavansuuruisilla jäisen kelin suoriteosuuksilla. Tutkimuksessa suositellaankin laajempaa selvitystä siitä, mikä tarkkaan ottaen selittää Suomen ja Ruotsin jäisen kelin onnettomuusriskien erot.

**Nyckelord:** Vinter väglag, trafik olyckor, trafik säkerhet, risk, vinter underhållning

## **SAMMANFATTNING**

Denna undersökning behandlar vintertrafiksäkerheten och den med vinterväglag förenade olycksrisken genom jämförelse av nordiska undersökningar om olycksrisken vid vinterväglag. Vidare strävar undersökningen till att framlägga en uppskattning av den nuvarande olycksrisken i vårt land vid vinterväglag utgående från olika trafikvolymmateriel vid vinterväglag.

Litteraturstudien visar att olycksrisken vid isig väglag i förhållande till bart väglag i Finland är påfallande hög i jämförelse med vad svenska och norska undersökningar ger vid handen. Detta beror å andra sidan på den finska klart högre olycksrisken vid isigt väglag och på den något lägre risken vid torrt väglag. Också definieringar mellan olika vinter väglag kan förklara skillnader.

I Finland har olycksrisken vid vinterväglag inte följts upp under de senaste åren på grund av avsaknaden på trafikvolymuppgifter i olika vinterväglag. I denna undersökning uppskattas trafikvolymens fördelning på de olika väglagen bl.a. med hjälp av väglagsklassificeringarna under vintersäsongen 2001-02 och med hjälp av Vägförvaltningens sextimmars väglagsprognoser. Båda materialen visade sig utgöra jämförelsevis goda underlag för en uppskattning av trafikvolymerna vid olika väglag men förädlingen av materialet till trafikvolymmer vid olika väglag kräver en vidare utveckling.

På basen av de gjorda trafikvolymuppskattningarna är personskadeolycksrisken i regel mindre ju större vinterväglagsandelen är men undantagsvis är risken i den högsta Is-underhållsklassen uppenbarligen mindre än i I-underhållsklassen. Detta torde bero på att Is-vägarna är av säkrare vägtyper.

Enligt de gjorda analyserna är trafikvolymandelarna vid vinterväglag lika stora men volymandelen vid isigt väglag på huvudvägar är något större än vad som uppskattades i de tidigare mera omfattande undersökningarna av Pentti Polvinen på 1980-talet. Enligt denne skulle olycksrisken på isigt väglag vara något mindre än vad tidigare uppskattats eller i praktiken på huvudvägar vid kusterna 30-50 -faldig i jämförelse med torrt och bart väglag. Enligt beräkningar gjorda av den svenska forskaren Carl-Gustaf Wallman är isvägsrisken i Sverige endast 8-faldig på motsvarande volymandelar på isigt väglag. I undersökningen rekommenderas att en mer omfattande undersökning görs om vad som grundligt förklarar skillnaderna i olycksriskerna på isigt väglag i Finland och Sverige.

**Mikko Malmivuo, Otto Kärki: Ajokeliin liittyvä riski.** Winter road conditions and accident risk. Helsinki 2002. Finnish National Road Administration. Finnra Reports 39/2002. 65 p. + app. 7 p. ISSN 1457-9871, ISBN 951-726-921-8, TIEH 3200770

**Keywords:** Accident, accident rate, safety, traffic, winter maintenance

## SUMMARY

This study analyses wintertime traffic safety and the accident risk of different winter road conditions by comparing Nordic studies of accident risks in wintertime. The prevailing accident risk of different winter road conditions in Finland has been also estimated in the basis of several estimates of traffic volume during various winter road conditions.

According to a literature survey, in Finland the accident risk of icy road conditions compared to dry and bare conditions is remarkably higher than in Swedish and Norwegian studies. This is because Finland has a clearly higher accident risk in icy road conditions and a slightly lower risk in bare and dry conditions. The differences between definitions of different winter road conditions may also explain differences between risks.

The accident risk of different road conditions has not recently been estimated in Finland because of the lack of traffic volume data in different winter road conditions. In this study, the division of traffic volume into different winter road conditions was based on a winter road condition classification made during winter maintenance quality control in winter 2001–02 and the 6-hour winter road condition forecast of Finnish Road Administration. Both data seem to be a fairly good source of traffic volume in different winter road conditions, but the interpretation and processing of data needs further development.

According to traffic volume estimates for different winter road conditions, the personal injury accident risk is normally smaller the bigger the share of winter road conditions. One exception was the risk in the highest priority maintenance class Is, which was lower than in the I class, probably because of the safer road type of Is roads. Of greatest concern, however, is the overall increase in accident risk of winter road conditions in Finland.

Analysis has shown that the traffic volume share during winter road conditions is as big, but the share of icy road conditions on main roads is slightly bigger than in the studies carried out by Pentti Polvinen in 1980's. This means that the accident risk in icy road conditions is somewhat smaller than previously estimated, i.e. 30–50 times greater on coastal main roads than in bare and dry conditions. According to Swedish scientist Carl-Gustaf Wallman, the accident risk of icy road conditions in Sweden is only 8 times greater during equivalent shares of icy conditions. Study recommends broader investigation of the reasons for the discrepancies in risk numbers .





## ESIPUHE

Tässä selvityksessä tutkittiin tieliikenteessä vallitsevan kelin vaikutusta tieliikenteen onnettomuusriskiin vertailemalla eri aikakausina ja eri maissa tehtyjä tutkimuksia toisiinsa. Lisäksi tutkimuksessa pyrittiin uusia kelisuoriteaineistoja käyttäen saamaan kuvaa keliin liittyvän onnettomuusriskin suuruusluokasta maassamme tänä päivänä.

Tutkimuksen on tilannut diplomi-insinööri Anne Leppänen Tiehallinnon keskushallinnon palvelujen hankinnasta ja diplomi-insinööri Olli Penttinen palvelujen suunnittelusta. Tutkimuksen tekivät tutkija Mikko Malmivuo ja tutkija Otto Kärki Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka -yksiköstä.

Helsingissä lokakuussa 2002

Tiehallinto



**Sisältö**

1	JOHDANTO	11
1.1	Tausta	11
1.2	Tavoitteet	11
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	13
2.1	Kirjallisuustutkimus	13
2.2	Kelisuoritteiden arviointi	13
2.3	Eri kielten riskien arviointi	14
3	KELIRISKIÄ TAI KELISUORITETTA TARKASTELLEET AIEMMMAT TUTKIMUKSET	15
3.1	Suomalaiset tutkimukset	15
3.2	Ruotsalaiset tutkimukset	21
3.3	Norjalaiset tutkimukset	29
3.4	Muut tutkimukset	31
4	KELISUORITTEEN ARVIOINTIA	32
4.1	Talvihoidon laadunseuranta-aineisto talvella 2001–02	32
4.2	Talvikelisuorite Tiehallinnon ns. kuuden tunnin keliennusteen perusteella	34
4.3	Talvikelien suorite Ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukujen avulla	39
4.3.1	Luminen keli	40
4.3.2	Sohjoinen keli	42
4.3.3	Jäinen keli	43
5	TALVIKELIEN ONNETTOMUUSRISKIN KEHITYS	46
5.1	Eri tiepiirien riskien vertailua	46
5.2	Talvikelien riski talven 2001–2002 talvihoidon laadunseuranta-aineiston perusteella	48
6	POHDINTAA	51
6.1	Eri tutkimusten vertailusta	51
6.2	Talvikelien onnettomuusriskeistä	52
6.3	Muuta	53
	YHTEENVETO	55
7	LÄHDELUETTELO	57
8	LIITTEET	60



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Tietyn kelin onnettomuusriskillä tarkoitetaan lukua, joka syntyy jakamalla kelillä tapahtuneet onnettomuudet vastaavalla kelillä syntyneellä liikennesuoritteella, eli

$$R_{\text{kelii}} = O_{\text{kelii}} / S_{\text{kelii}}$$

missä  $R_{\text{kelii}}$  = kelin onnettomuusriski,  $O_{\text{kelii}}$  = kelillä tapahtuneet onnettomuudet,  $S_{\text{kelii}}$  = kelin liikennesuorite

Tämän riskin laskemista ja arviointia vaikeuttaa suuresti kelin olemus, jolle on tyypillistä, että se

- vaihtelee ajallisesti ja paikallisesti
- koostuu niin monista muuttujista ja tekijöistä, että kelin luokittelu erilaisiin ryhmiin, esim. lumi- tai jääkeleihin on hyvin vaikeata.

Lisäksi keli luonnollisesti edustaa vain yhtä mahdollisesti onnettomuuteen myötävaikuttanutta tekijää. Luotettavan riskiarvion saamiseksi on laskelmien taustalla oltava suuri määrä niin onnettomuus- kuin suoritetietoa. Tämän vuoksi lähes kaikki keliriskiin liittyvät tutkimukset ovat olleet sekä taloudellisesti että ajallisesti mittavia tutkimusprojekteja. Suurista panostuksista huolimatta jokaisen tutkimuksen luotettavuutta kalvaa kysymys, millä todennäköisyydellä pistemäisiä ja usein ajallisesti lyhytkestoisia kelihavaintoja voidaan yleistää koskemaan suuria yhtenäisiä tiejaksoja ja alueita.

## 1.2 Tavoitteet

Tässä selvityksessä vertailluissa tutkimuksissa keliä on seurattu pääsääntöisesti kahdella eri tavalla: ihmisten tekemien havaintojen tai tiesääasemien avulla. Lisäksi tässä tutkimuksessa on koeluontoisesti testattu keliennusteiden sekä Ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukujen käyttöä kelisuoritteen muodostamisessa. Ihmisten paikan päällä suorittaman tarkkailun etuna on ollut kelitulkinnan luotettavuus, mutta suurista kustannuksista johtuen tarkkailua ei ole voitu suorittaa jatkuvasti, vaan se on jouduttu jakamaan harvempiin tarkkailuhetkiin. Tiesääasemien ja Ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukujen kohdalla tilanne on päinvastainen, tiesääasemat ja säähavaintoasemat seuraavat keliä jatkuvasti vuorokauden ympäri, mutta keliluokittelun luotettavuus on kyseenalaisempaa. Luonnollisesti sekä ihmisten että asemien tekemä keliarviointi on ollut pistekohtaista ja kärsii näin yleistettävyyden ongelmasta.

Tämän selvityksen yhtenä kantavana voimana on kuitenkin ollut ajatus, että eri tutkimuksia, erilaisia lähestymistapoja ja eri tuloksia vertailemalla saa-

daan hieman parempi kuva eri keleihin liittyvästä riskistä ja riskien suhteista kuin ainoastaan yhden tutkimuksen tuloksiin luottamalla. Talviajan liikenneturvallisuustyön kannalta onkin juuri tärkeää saada luotettavaa suuruusluokakuvaa eri kelien riskien suhteista, jotta entistä paremmin voitaisiin arvioida kuinka suurin panoksin eri keleihin liittyviä ongelmia on mielekästä pyrkiä torjumaan.

Tätä tehtäessä ei tutkijoilla ollut tiedossa ainoatakaan laajempaa selvitystä siitä, mikä on talvikelien onnettomuusriskin ero Suomen ja muiden Pohjoismaiden välillä. Lisäksi maassamme ei ole vuosiin tehty laajempia tutkimuksia maassamme tällä hetkellä vallitsevan talvikelien onnettomuusriskin suuruudesta. Tämän tutkimuksen keskeisenä tavoitteena olikin arvioida talvikelien onnettomuusriskin suuruutta maassamme tänä päivänä sekä verrata sitä pohjoismaiseen tasoon.

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tämä tutkimus koostui kolmesta osasta. Tutkimuksen pääpaino oli kirjallisuustutkimuksessa, jossa vertailtiin pohjoismaisia talvikelien turvallisuustutkimuksia. Tutkimuksen toisessa osassa arvioitiin talvikeleillä ajettavan liikennesuorituksen osuutta maassamme erilaisiin suoritelmätyyppisiin pohjautuen. Lopuksi arvioitiin talvikelien onnettomuusriskejä tehtyjen suoritearvioiden pohjalta.

### 2.1 Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuustutkimuksen materiaali on kerätty sekä kirjallisuushakuna että yhteistyössä pohjoismaisten tutkijakollegoiden kanssa. Etenkin ruotsalaisen tutkimusmateriaalin kokoamisessa on saatu runsaasti apua VTI:n (Väg- och Transportforsknings Institut, Ruotsi) Gudrun Öbergiltä ja Carl-Johan Wallmanilta, jotka ovat auliisti järjestäneet pohjoismaisia yhteistyökokouksia suuren talvihoitoalan tutkimusohjelmansa ”Tema Vintermodell” merkeissä.

Kirjallisuustutkimusosuudessa tuotiin esiin tutkimuksia, joissa on esitetty arvioita talvikelien onnettomuusriskeistä tai talvikelien onnettomuusriskiin vaikuttavista tekijöistä. Lyhyisiin referaatteihin pyrittiin sisällyttämään tämän hetken tutkimuksen kannalta keskeisimpiä tuloksia, etenkin talvihoidon näkökulmasta.

### 2.2 Kelisuorituksen arviointi

Tehtyjen analyysien tavoitteena on ollut toisaalta tutkia vaihtoehtoisia menetelmiä kelisuorituksen arvioimiseksi ja toisaalta saada suuruusluokkatietoa talvikelien riskin kehittymisestä viime vuosina. Kelisuoritetta on pyritty arvioimaan kolmella eri tavalla: talvihoidon laadunseuranta-aineiston, tiehallinnon keliennusteiden ja Ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukujen avulla.

Talvihoidon laadunseurannan yhteydessä kerätyistä kelikoodeista oli käytävissä yhteenveto käytettyjen koodien määrästä ja osuuksista eri piireissä ja hoitoluokissa. Tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista painottaa keli-koodihavaintoja havainto-osuuksien liikennesuoritteella.

Lisäksi tutkimuksen käytävissä oli tekstitiedosto-muotoinen datatiedosto käytetyistä kuuden tunnin keliennusteista kellonajan ja tieosuuden tarkkuudella koko maan pääteiltä talvikausilta 1999–00, 2000–01 ja 2001–02. Tässä tutkimuksessa kelihavaintoja muokattiin siten, että niitä painotettiin tieosuuden ja kellonajan liikennesuoritteilla. Mittavan datan perusteella arvioitiin Uudenmaan kelisuorite kaikilta kolmelta talvelta, sekä Keski-Suomen ja Lapin kelisuoritteet talvelta 2001–02.

Ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukuja tarkasteltiin tutkimuksessa "Sää ja talvihoito" [Laine ym. 2000] kerätyn datan perusteella. Käytettävissä oli säätunnuslukujen kuukausikeskiarvoja vuodesta 1968 vuoteen 1998 noin 40:ltä säähavaintoasemalta eri puolilta Suomea. Tutkimuksessa verrattiin eri piirien alueella olevien säähavaintoasemien säätunnuslukuja vastaavissa piireissä tehtyjen kelinseurantatutkimusten tuloksiin.

### **2.3 Eri keliä riskien arviointi**

Tehtyjen kelisuoritearvioiden ja poliisin onnettomuusilmoitusten perusteella arvioitiin talvikelien onnettomuusriskejä maassamme. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin myös talvikelien puhtaiden onnettomuusmäärien kehitystä maassamme viime vuosina.



### 3 KELIRISKIÄ TAI KELISUORITETTA TARKASTELLEET AIEMMMAT TUTKIMUKSET

#### 3.1 Suomalaiset tutkimukset

##### **Vallitsevan sään ja liikenneonnettomuusriskin välinen riippuvuus. (TVH 1980).**

Tutkimuksessa tarkasteltiin kaikkia vuosien 1974–77 liikenneonnettomuuksia sekä sään ja kelin vaikutusta riskeihin. Vuosina 1974–77 tilastoitiin 31 889 onnettomuutta. Onnettomuusaineistoa laajennettiin sään ja valaistusolosuhteiden mukaan 1,8–2,3 suuruisilla edustavuuskertoimilla ja näin saatiin onnettomuusaineistoksi kaikkiaan 70 156 onnettomuutta.

Liikennesuoritteiden muodostamisessa käytettiin kahta tapaa: Tie- ja vesirakennushallituksen (TVH:n) tierekisterin tietoja, joihin sisältyvät valtakunnallisiin liikenne- ja tarkkailulaskentoihin perustuvat liikennemääräarviot kultakin tieosalta sekä koneellisen liikennelaskennan tuloksia. Tierekisterin tiedoista muodostettiin viikoittainen ja tunneittainen suoritiedosto vuosille 1974–77. Sää tiedot perustuvat Helsingin, Jyväskylän, Oulun ja Ivalon lentosääasemien sääseurantaan, lisäksi aineistoon liitettiin valoisuustieto.

Kelitiedon osalta Kymen läänissä oli käytettävissä ihmisen tekemää kelinseuranta kahdella tieosuudella (yht. 50 km). Kun tähän tietoon yhdistettiin Ilmatieteenlaitoksen säähavainnot, saatiin malli siitä, miten keli jakautuu koko maassa pelkästään Ilmatieteenlaitoksen säähavaintojen perusteella.

Tutkimuksessa muodostettiin otosaineisto sellaisilta tieosilta, joilla oli koneellinen liikenteen laskentapiste sekä tieosan läheisyydessä tutkimukseen soveltuva säähavainnointipiste. Säähavainnointina käytettiin tieosaa lähinnä olevan säähavainnointiaseman havainnot. Otos koostui kaikkiaan 50 tieosasta ja kattoi ajallisesti noin 7 % tarkastelujaksosta.

Koko Suomen keskimääräinen onnettomuusaste oli 118 onnettomuutta /100 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuosina 1974–77. Sään suhteen onnettomuusriskit olivat: kirkas 108, pilvinen 132, sade tai tihku 88, lumi tai räntä 130 ja sumu 137. Valoisuuden suhteen riskit olivat: päivänvalo 97, aamu- tai ilta-hämärä 222, valaistu tie pimeällä 189, valaisematon tie pimeällä 146. Keli- riskejä tarkasteltiin 100–200 km levyisellä rannikkoalueella ja riskit olivat seuraavia: paljas ja kuiva 77, paljas ja märkä 123, luminen 131, jäinen 615. Näin ollen riskisuhde oli 1:1,6:1,7:8,0. Onnettomuusriski liukkaalla tiellä ennen liukkauden torjuntaa oli 314 ja liukkaudentorjunnan jälkeen 148. Liukkaudentorjunta pienensi siis onnettomuusriskiä yli 50 %. Tutkimus sisältää myös yksityiskohtaisempia tarkasteluja onnettomuusriskien alueellisesta ja ajallisesta vaihtelusta. Kun tarkastellaan pienempää aineistoa, riskiarviot eivät tällöin ole kuitenkaan yhtä luotettavia.

### **Raskaiden ajoneuvojen onnettomuudet liikennevahinkojen tutkijalautakuntien aineistossa (Kallberg 1981)**

Tutkimuksessa todettiin, että liukas keli oli vahingon yhtenä syynä erityisen usein perävaunullisten kuorma-autojen sekä linja-autojen onnettomuuksissa. Perävaunullisen kuorma-auton onnettomuusriski liukkaalla kelillä oli 2 kertaa niin suuri kuin perävaunuttoman kuorma-auton riski.

### **Laskelma talvihoitotoimenpiteiden teoreettisesta suurimmasta vaikutuksesta turvallisuuteen (Roine 1982).**

Roine esitti vuonna 1982 laskelman, jonka mukaan onnettomuusmäärät pienenisivät Suomen oloissa 20–30 %, jos talvikelit poistuisivat kokonaan. Henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet vähenisivät vastaavasti 20–35 %.

### **Kunnossapidon laatutasotutkimus. Projekt 7 Kunnossapito ja liikenneturvallisuus. Esiselvitysraportti. 1983.**

Tutkimuksen onnettomuusaineisto perustuu TVH:n (Tiehallinnon) liikenneonnettomuusrekisterin tietoihin. Suoritteet perustuvat TVH:n (Tiehallinnon) kunnossapitotoimiston tilastoon kunnossapidon suoritteista sekä Ilmatieteenlaitoksen säätilastoon.

Tutkimuksen mukaan onnettomuusaste on korkeimmillaan usean olosuhde-tekijän haitatessa yhtä aikaa tiellä liikkumista. Suurin eli 56-kertainen ero onnettomuusasteessa todettiin jäisellä tien pinnalla pimeän aikana valaismattomalla tiellä vesisateessa, kun liukkautta ei ole torjuttu verrattuna onnettomuusasteeseen paljaalla ja kuivalla tiellä pilvipoutaisella säällä päivänvalossa. Tutkimuksen mukaan huonolla kelillä riskiä voidaan alentaa liukkauden torjunnalla erityisesti silloin, kun pimeys tai huono sää haittaavat näkyvyyttä. Kunnossapitotoimenpiteet alentavat tutkimuksen mukaan keliin liittyvää riskiä tehokkaimmin pääteillä. Liukkauden merkitys on erityisen suuri lokakuun ja tammikuun välisenä aikana. Erityisen vaarallista on märän tienpinnan nopea jäätyminen. Liukkaan kelin onnettomuuksien huippu sattuu yleensä kello 6.00 ja 9.00 välille. Riskisuhteeksi eri keleillä arvioitiin paljas: luminen: sohjoinen: jäinen 1:1,3:2,5:6,2.

Onnettomuusriski on tutkimuksen mukaan suurimmillaan, kun tiellä on irtonaista lunta tai sohjoa. Lumikelin onnettomuusriski paljaan kelin riskiin verrattuna on vain vähän suurempi, joten polannekelin suorite on ilmeisesti tutkimuksessa katsottu lumikelin suoritteeksi. Onnettomuustyypeistä erityisesti kohtaamis- ja ohitusonnettomuudet ovat talvikelien ongelmia. Kesä- ja talvikelien onnettomuudet kasaantuvat eri paikkoihin, kuten myös talvi- ja kesäajan onnettomuudet.

**Talvikelien onnettomuusriskit (talvi 1982–83). (Polvinen 1985).**

Tutkimus perustuu keli-, sää-, ja kunnossapitohavaintoihin kahdelta tiejaksolta kultakin kunnossapitoalueelta eli kaikkiaan 344 tiejaksolta talvelta 1982–83. Riskiselvityksessä käytetyt liikennemäärät saatiin tierekisteristä. Riskit perustuvat näiden havaintojen keskiarvoihin ja poliisin tietoon tulleisiin onnettomuuksiin. Tutkimuksessa tarkasteltiin 5 kuukauden (marrasmaaliskuun) onnettomuuksia. Kuivan kelin onnettomuusriski pääteillä oli 0,26 onn./milj.ajon.km. Märän ja lumisen kelin riskit olivat suunnilleen samoja: 2,3- ja 2,4-kertaiset kuivan kelin riskiin verrattuna. Onnettomuusriski oli suurin jäisellä tai sohjoisella ajokelillä. Jäisen kelin riski oli 14–20-kertainen kuivaan keliin verrattuna ja 7–11-kertainen suolauksen jälkeenkin (Taulukko 1).

*Taulukko 1. Talven 1982–83 onnettomuusriski suhteessa kuivan kelin riskiin [Polvinen 1985].*

	Märkä	Lumi	Sohjo	Jää	Suolaus
Päätiet	2,3	2,8	12	20	11
Muut yl.tiet	2,5	2,1	9,1	14	7,0

Pääteiden onnettomuusriski talvikeleillä oli keskimäärin suurempi kuin muiden yleisten teiden riski. Tutkimuksen mukaan suolaus pienentää jääkelin onnettomuusriskiä 50 %. Hiekoitus ei tutkimuksen mukaan vähennä merkittävästi onnettomuusriskiä, mutta parantaa ajomukavuutta alemman luokan teillä. Liukkauden torjunta saattaa olosuhteista riippuen joko suurentaa tai pienentää riskiä. Tutkimuksen mukaan kokonaisriski riippuu jääkelillä ajatun suoritteiden osuudesta kokonaissuoritteesta, onnettomuusriskistä suolatulla tiellä ja suolasohjon poistumiseen tai poistamiseen kuluva ajasta.

Talvikeliriskeissä oli huomattavia eroja tiepiirien välillä. Pienehkön aineiston vuoksi ainoastaan suurimmista eroista on syytä tehdä johtopäätöksiä. Jäisen kelin riski Uudenmaan tiepiirissä oli 42-kertainen kesäkelin riskiin verrattuna, kun vastaava suhdeluku Oulun ja Lapin tiepiireissä oli 14–15. Tutkimuksessa on esitetty jääkelin onnettomuusriskistä regressioanalyysiin perustuvia kaavoja, joita jääkelin onnettomuusriskit tiepiireissä noudattavat.

**Talvikelien onnettomuusriskit II (talvi 1984–85). (Polvinen 1987)**

Tutkimus on jatkoa ”Talvikelien onnettomuusriskit” tutkimukselle. Tutkimus perustuu talven 1984–85 keli- ja onnettomuustietoihin. Suoritetietoja kerättiin suppeammin kuin edellisessä tutkimuksessa. Havaintoja kerättiin joka toisesta tiemestaripiiristä ja joka toiselta aiemman tutkimuksen tieosalta. Tutkimus käsitti siten neljänneksen aiemman tutkimuksen tieosista. Kultakin tieosalta tehtiin päivittäin vähintään kaksi keli- ja säähavaintoa. Lisäksi kirjattiin kelin muutosajankohdat ja kunnossapitotoimet. Riskitarkastelu koski 5 talvi-

kuukautta (marras-maaliskuu), kuten aiemmassakin tutkimuksessa. Onnettomuuksia tuli molempina tutkimustalvina 1984–85 ja 1982–83 poliisin tietoon noin 5 500, joista neljännes johti henkilövahinkoihin.

Talvi 1984–85 oli 5–6 astetta kylmempi ja vähäsateisempi kuin talvi 1982–83. Kunnossapitotoimenpiteiden määrä oli talvella 1984–85 yli viidenneksen keskimääräistä vähäisempi. Talvien lämpö- ja sade-erot vaikuttivat talvikelien esiintymiseen ja siten kelisuoritteisiin. Kylmänä talvena 1984–85 lumi-, sohjo- ja jääkelien osuus oli pääteiden ajosuoritteesta 19,4 %, kun vastaava osuus talvella 1982–83 oli 29,8 % (taulukko 2). Muilla yleisillä teillä tilanne oli päinvastainen: lumi-, sohjo- ja jääkelejä oli 60,2 % talvella 1984–85 ja vastaavasti 44,9 % talvella 1982–83. Tämä johtuu erityisesti siitä, että muut yleiset tiet olivat useammin sulia ja märkiä talvella 1982–83.

*Taulukko 2. Ajosuoritteen prosenttijakaumat talvikausina 1982–83 ja 1984–85 kelin mukaan [Polvinen 1987].*

	Talvi	Kuiva	Märkä	Lumi	Sohjo	Jää
<b>Päätiet</b>	82–83	43,42	26,81	15,29	4,17	10,31
	84–85	61,80	18,76	9,63	1,79	8,02
<b>Muut yleiset tiet</b>	82–83	31,77	23,31	27,73	3,51	13,68
	84–85	29,08	10,74	43,37	2,50	14,31
<b>Kaikki yleiset tiet</b>	82–83	37,70	25,09	21,40	3,84	11,97
	84–85	46,03	14,89	25,90	2,13	11,05

Jääkelin onnettomuusriski pääteillä oli 25–35-kertainen kuivan kelin riskiin verrattuna talvella 1984–85, muilla yleisillä teillä jääkelin riski oli 11–13-kertainen. Talveen 1982–83 verrattuna talvikelien onnettomuusriskit olivat pääteillä selvästi suurempia (taulukko 3).

*Taulukko 3. Onnettomuusriski kelin mukaan tielajeittain talvikausina 1982–83 ja 1984–85 (onn./milj.ajonkm) [Polvinen 1987].*

	Talvi	Kuiva	Märkä	Lumi	Sohjo	Jää
<b>Päätiet</b>	82–83	0,24	0,57	0,69	2,83	4,98
	84–85	0,20	0,51	0,90	3,63	6,96
<b>Muut yleiset tiet</b>	82–83	0,27	0,61	0,58	2,27	3,42
	84–85	0,49	0,79	0,41	2,17	5,38
<b>Kaikki yleiset tiet</b>	82–83	0,26	0,59	0,63	2,55	4,20
	84–85	0,35	0,65	0,66	2,80	6,14

Suurimmat jääkelien onnettomuusriskit esiintyivät talvella 1984–85 maan eteläosissa ja rannikkoseuduilla. Molemmat talviajan onnettomuusriskiä käsitelleet tutkimukset osoittivat, että jääkelin onnettomuusriskin suuruudella ja jääkelin esiintymismäärällä on selvä yhteys: mitä harvemmin jääkeliä esiin-

tyy sitä korkeampi on jääkelin onnettomuusriski. Jälkimmäisessä tutkimuksessa erotettiin kaksi lämpötila-aluetta, joilla jääkelin riski eroaa toisistaan. Onnettomuusriskit olivat jääkeleillä suurempia  $-1^{\circ}\text{C}$  ja tätä alemmissa lämpötiloissa verrattuna 0-keliin ja tätä lämpimämpään sähän.

Jääkelin onnettomuusriski korreloi tutkimusten mukaan voimakkaasti jääkelin ajosuoriteosuuden kanssa. Jääkelin onnettomuusriskin regressioyhtälöt talvina 1982–83 ja 1984–85 on esitetty seuraavassa (taulukko 4). Jääkelin riski on kuitenkin erilainen eri lämpötiloissa.

*Taulukko 4. Jääkelin onnettomuusriskin regressioyhtälöt [Polvinen 1987].*

	Vuosi 1984–85	Vuosi 1982–83
Päätiet	$Y = 29,76X^{-0,852}$	$Y = 18,56X^{-0,685}$
Muut yleiset tiet	$Y = 44,61X^{-0,942}$	$Y = 19,24X^{-0,684}$

Talven 84–85 tutkimuksessa laskettiin myös henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riskit eri keleille. Koko maassa kuivan kelin riski oli 0,07, märän kelin 0,19, lumisen kelin 0,10, sohjon 0,74 ja jäisen 0,99 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta miljoonaa ajoneuvokilometriä kohden. Näin lumisen, sohjoisen ja jäisen kelin hvj-onnettomuusriskien suhteet kuivan kelin hvj-onnettomuusriskeihin olivat 1,4, 10,6 ja 14,1.

#### **Nastarenkaiden käytön ja talvikunnossapidon yhteiskunnallinen optimointi. Talvi ja tieliikenne -projekti. (Alppivuori, Kanner, Mäkelä, Kallberg 1995)**

Tutkimus on Talvi ja tieliikenne -projektin yhteiskuntataloudellisten vaikutusten yhteenveto. Siinä tarkasteltiin nastarenkaiden käytön ja teiden talvikunnossapidon yhteiskuntataloudellisuutta.

Suolauksen vähentämisen vaikutusten arviointi perustui oletukseen, että talviaikana (1.11.–31.3.) tarkastelluilla teillä oli kaksi riskitasoa: liukkaan ja pitävän kelin riski. Tielaitoksen Tampereen kehitysyksikkö arvioi tiepiirien keliinventoinnin perusteella talvien 1992–93 ja 1993–94 liukkaan kelin osuuden Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomessa. Tielaitoksen keliseurannan tuloksena saatua kelijakaumaa muutettiin vastaamaan poliisin onnettomuusilmoituksissa käyttämää kelimäärittelyä, eli talvikelien osuutta tielaitoksen keliseurannan suoritiedoista lisättiin. Onnettomuustiedot perustuvat tielaitoksen onnettomuusrekisterin henkilövahinko-onnettomuuksiin vuosien 1990–92 talvikuukausina (1.11.–31.3.). Seuraavassa (taulukko 5) on esitetty liukkaan ja pitävän kelin henkilövahinko-onnettomuusriskit kunnossapitoluokittain Suomen eri osissa.

Taulukko 5. Talviajan henkilövahinko-onnettomuusriski liukkaalla ja pitävällä keliällä eri kunnossapitoluokissa ja eri puolilla Suomea vuosina 1990–92 [Alppivuori ym. 1995].

Alue		Henkilövahinko-onnettomuusriski (hvjo/100 milj. ajon.km)			
		Tieluokka Isk	Tieluokat I & Is	Tieluokka II	Tieluokka III
Etelä-Suomi	Liukas keli	25,4	38,9	21,3	13,6
	Pitävä keli	6,1	9,2	20,0	21,7
Keski-Suomi	Liukas keli	15,4	19,9	21,3	15,2
	Pitävä keli	4,7	9,4	36,7	23,0
Pohjois-Suomi	Liukas keli	16,2	0	14,2	6,7
	Pitävä keli	5,4	0	23,8	0

Tieluokissa Isk, I ja Is liukkaan kelin riski oli pitävään keliin verrattuna Etelä-Suomessa 4,2-kertainen ja Keski-Suomessa 2,1–3,3-kertainen. Pohjois-Suomessa vastaava riskisuhde oli Isk-luokan teillä 3,0. Tulokset tukevat aiempia havaintoja, joiden mukaan liukkaan kelin onnettomuusriski on pääsääntöisesti etelässä suurempi kuin pohjoisessa, jossa liukasta keliä esiintyy useammin. Liukkaan ja pitävän kelin riskien erot olivat kuitenkin pienempiä kuin aiemmissa selvityksissä. Tämä johtuu osittain siitä, että tielaitoksen keliseurannan suoritettuja korjattiin vastaamaan poliisin onnettomuusilmoituksissa käyttämää kelimääritystä.

### Talviajan liikenneturvallisuus – Tilastollinen tarkastelu 1991–95 (Malmivuori & Peltola, 1997)

Tutkimuksessa arvioitiin talvikauden kaikkien onnettomuuksien riskisuhteeksi eri keleillä: paljas 1, lumen 8, sohjoinen 12 ja jäinen 17. Hvjo-riskin vastaavat suhteet olivat 1:9:18:24 ja kuoleman riskin 1:3:5:13. Tutkimuksen suoritearviot perustuivat Kimmo Saastamoisen ”Liikennemäärät eri keliolosuhteissa” -tutkimukseen. Tutkimuksessa epäiltiin suuresti tulosten luotettavuutta.

Tutkimuksessa todettiin myös, että talvikuukausina eniten onnettomuuksia tapahtuu nollakeleillä, jolloin myös suorite on suuri. Riski oli suurin lähellä nollaa olevilla plusasteilla. Talvikuukausina talvikelionnettomuuksien osuus onnettomuuksista oli suurimmillaan aamupäivisin. Riski joutua onnettomuuteen on kuitenkin moninkertainen yön tunteina 23–04 verrattuna muihin vuorokauden tunteihin.

### **1991–96 tutkijalautakuntien turvallisuusehdotukset – arviointi (Sibakov, Keskinen, Varis 1999)**

Tutkimus perustui sekä tilastolliseen tarkasteluun että tutkijalautakuntien haastatteluihin. Tutkimuksen mukaan liukkauden poistoa on ehdotettu todennäköisesti estäväksi tekijäksi 202 tapauksessa eli 14 %:ssa vuosien 1991–96 kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aineistosta. Käsittelyvirheet tai ajotoiminnot (72 %) olivat kyseisissä onnettomuuksissa huomattavasti useammin avaintapahtumana kuin muussa aineistossa. Alkoholilla ja muilla huumaavilla aineilla ei ollut suurta merkitystä, vain 10 % oli käyttänyt niitä. 79 % oli osallisonnettomuuksia. Ajoneuvon hallinta oli menetetty vahinkotapahtuman alusta lähtien 64 % tapauksissa. Onnettomuudet olivat useimmin sattuneet klo 6.00–22.00 välisenä aikana.

Jäinen keli oli ongelmallisin nuorille naisille. Naisten onnettomuuksien osalta oli miesten onnettomuuksiin verrattuna huomattavasti useammin arvioitu, että paljas ja kuiva keli tai liukkauden poisto olisivat estäneet onnettomuuden.

### **3.2 Ruotsalaiset tutkimukset**

#### **Vintertrafikproblem. VTI. (Nilsson 1974)**

Tutkimuksessa arvioitiin, että onnettomuudet vähenisivät loka-huhtikuun aikana 40 %, jos tuona aikana vallitsisi kesäkeli.

#### **Olyckskvot som trafiksäkerhetsmått. Olyckskvotens variation under olika väglags- och ljusförhållanden. VTI rapport 73, (Nilsson 1976)**

Tutkimuksessa tarkasteltiin vuoden 1973 onnettomuuksia. Vuoden 1973 onnettomuusaste oli 0,75 onnettomuutta miljoonaa ajoneuvokilometriä kohden ja 0,26 hvjo/milj. ajon.km. Lumi- tai jääkelin onnettomuusriski oli Pohjois-Ruotsissa 2–3-kertainen, Keski-Ruotsissa 4–7-kertainen ja Etelä-Ruotsissa 9–11-kertainen paljaan tien riskiin verrattuna. Pohjois-Ruotsissa talvikuukausien paljaan ajokelin onnettomuusriski oli 70–75 % paljaan ajokelin riskistä koko vuonna, kun vastaava luku Etelä-Ruotsissa oli lähes 90 % (taulukko 6).

Taulukko 6. Onnettomuusriskit eri olosuhteissa Ruotsin eri osissa (onnettomuutta/milj.ajon.km) [Nilsson 1976].

		Paljas tie, koko vuosi	Paljas tie, kesä	Loka-huhtikuu	
				Paljas tie	Jää/lumi
<b>Pohjois-Ruotsi</b>	Päivänvalo	0,37	0,41	0,28	1,07
	Pimeä	0,83	1,38	0,60	1,43
<b>Keski-Ruotsi</b>	Päivänvalo	0,46	0,51	0,39	2,67
	Pimeä	1,01	1,69	0,76	3,30
<b>Etelä-Ruotsi</b>	Päivänvalo	0,55	0,59	0,49	5,29
	Pimeä	1,06	1,48	0,91	7,93

### Kemisk halkbekämpning. Effekt på trafikolyckor. VTI rapport 145, (Andersson 1978)

Tutkimuksessa on esitetty ns. pessimistimalli, jonka mukaan suolaus ei vaikuta onnettomuuksien kokonaislukumäärään. Tämä johtuisi siitä, että lumi- ja jääkelien onnettomuusasteet ovat sitä korkeampia mitä harvinaisempia tällaiset kelit ovat. Tutkimus perustuu poliisin vuosina 1970–74 kirjaamiin onnettomuuksiin yleisiltä teiltä. Muita tutkimuksen tuloksia:

- Jää- ja lumikelien onnettomuusriskit ovat 3–20-kertaiset paljaaseen tien verrattuna.
- Lumi- ja jääkelien riskit ovat sitä suurempia mitä harvemmin niitä esiin-tyy.
- Kunnossapitotoimenpiteet lumi- ja jääkeleillä eivät vähennä samassa suhteessa onnettomuuksia.
- Lumi- ja jääkelin onnettomuuksien kokonaismäärä ei muuttuisi lisäämällä suolausta, koska suolattujen tieosien onnettomuusmäärä pienenesi ja muiden tieosien onnettomuusmäärä suurenisi.

Tutkimusasetelma oli kuitenkin jossain määrin puutteellinen, eikä onnettomuuksiin vaikuttavia taustatekijöitä otettu huomioon. Lisäksi tutkimusaineisto on 30 vuoden takaa. Tutkimus kuitenkin antoi viitteitä siitä, että suolaus tulee yhdistää muihin turvallisuustoimenpiteisiin kuten nopeuksien säätelyyn.

### Samband i vintertid mellan väderlek – väglag – trafikolyckor. VTI rapport 210. (Brude & Larsson 1981)

Tutkimuksessa käsiteltiin talvikelien, sään ja onnettomuuksien yhteyksiä vuosina 1973–77. Tutkimuksessa todettiin, että paljaan kelin onnettomuusriski oli suolaamattomilla teillä 1,5–2-kertainen verrattuna vastaavan kelin riskiin suolatuilla teillä. Talvikelien onnettomuusriski kesäkelin riskiin verrat-



tuna oli suurimmillaan loka-marraskuussa, mutta kokonaisuudessaan talviajan onnettomuusriski oli suurin jouluhelmikuussa.

Suurin talvikelien onnettomuusvähenemä talvihoitotoimenpitein on tutkimuksen mukaan saavutettavissa olosuhteissa, joissa esiintyy sadetta ja vuorokauden keskilämpötila on 0 °C. Sademäärällä oli suurempi vaikutus talvikelien onnettomuusriskiin kuin vuorokauden keskilämpötilalla. Vaikka onnettomuusriski pimeällä oli 2-kertainen verrattuna valoisaan aikaan, oli jää- ja lumikelien onnettomuusriski sama sekä pimeällä että valoisalla. Yleisesti ottaen jää- ja lumikelien riski oli sitä suurempi mitä harvemmin näitä kelejä esiintyi. Jää- ja lumikelien riski oli suurin silloin, kun talvikelien osuus talvikuukausien keleistä oli 15 %. Tähän tulokseen liittyy kuitenkin epävarmuutta.

### Halkolyckor – förekomst och konsekvenser (Nilsson 1986)

Tutkimus perustuu kaikkiaan noin 4 000 vammaa aiheuttaneeseen onnettomuuteen Itä-Götanmaalla Ruotsissa aikavälillä 15.9.1983–15.9.1984. Onnettomuuksista 53 % oli jalankulkijoiden tai pyöräilijöiden yksittäisonnettomuuksia. Voimakkaimmin onnettomuusriskejä selittivät liukkaiden päivien lukumäärä sekä lumen syvyys. Sairaalan tilastot Motalasta antoivat viitteitä siitä, että jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden onnettomuudet ovat vakavampia liukkaalla kelillä, kun taas moottoriajoneuvojen onnettomuudet ovat usein paljaalla kelillä vakavampia (taulukko 7). Jalankulkijana loukkaantuneiden pitempiä sairaalajaksoja selittää osaltaan myös se, että liukastumisonnettomuuksia tapahtuu suhteellisen paljon yli 50-vuotiaille naisille, joiden luusto saattaa olla hauraampi.

*Taulukko 7. Liukkaalla ja pitävällä kelillä loukkaantuneiden keskimääräiset sairaalapäivät Motalassa [Nilsson 1986].*

Liikennemuoto	Sairaalapäiviä keskimäärin	
	Pitävän kelin onnettomuus	Liukkaan kelin onnettomuus
Jalankulkijat	13,2	21,9
Pyöräilijät	5,4	9
Moottoriajoneuvot	6,1	1,5*

\*Vain 11 tapausta

### Beräkning av olyckskvot vid olika väglag i vintertid med hjälp av schabloner (Möller 1988)

Tutkimus perustuu talvien 1985/86 ja 1986/87 onnettomuuksiin sekä liikennesuoritemalleihin, jotka on tehty vuosien 1973 ja 1977 keliseurannan perusteella. Eläinonnettomuudet on poistettu onnettomuusaineistosta. Tutkimuksen mukaan onnettomuusriski oli suurin irtolumi- tai sohjokeleillä eli A-luokan teillä 10-kertainen ja muilla teillä 5-kertainen verrattuna paljaan ajokelin riskiin. Ohuen jääkelin riski oli paljaan ajokelin riskiin verrattuna A-

luokan teillä hiukan yli 8-kertainen ja muilla teillä hieman yli 3-kertainen. Polannekelin riski oli vastaavasti A-luokan teillä vajaa 7-kertainen ja muilla teillä vajaa 2-kertainen.

### **Effektivare halkbekämpning med mindre salt (Öberg ym. 1991)**

Tutkimuksen mukaan onnettomuusmäärät pienenevät vähennettäessä suo-lausta, jos keskimääräinen vuorokausiliikenne oli pienempi kuin 1800 ajoneuvoa vuorokaudessa ja onnettomuudet lisääntyivät tätä suuremmilla liikennemäärillä.

### **Vinterväghållning i tätort – trafiksäkerhet och framkomlighet (Möller ym. 1991)**

Tutkimus perustuu talvien 1986/87–1989/90 keli- ja onnettomuustietoihin useista taajamista. Tutkimustalvet olivat suhteellisen leutoja. Jää- ja lumikelien riskiä verrattiin paljaan kelin riskiin Hisingenin saarella Göteborgissa sekä Skellefteåssa. Göteborgissa jää- ja lumikelin onnettomuusriskit olivat noin 5-kertaiset verrattuna paljaan kelin riskiin. Skellefteåssa jää- ja lumikelin onnettomuusriskit vaihtelivat eri talvina ja olivat 7,5–11-kertaiset verrattuna paljaan kelin riskiin. Paljaan kelin onnettomuuksia sattui Skellefteåssa kuitenkin niin vähän, että tulokset ovat hyvin epävarmoja.

### **Fotgångarens och cyklisters singelolyckor (Öberg ym. 1997)**

Tutkimuksessa tarkasteltiin eri ikäisten jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden yksittäisonnettomuuksia eri keleillä. Onnettomuus- ja suoritetiedot ovat Göteborgista, Linköpingistä ja Umeåsta aikaväliltä 1.12.1993–31.12.1994. Jalankulkijoiden suoritteet perustuvat kyseisten alueiden väestömääriin ja pyöräily-suoritteet matkatutkimuksiin. Kelisuoritteet perustuvat sään ja kelin seurantaan kyseisenä aikana. Osa onnettomuuksista, jotka on merkitty paljaan kelin onnettomuuksiksi, on tapahtunut todellisuudessa joko lumi- tai jääkelillä.

Tulokset osoittivat, että taajamissa jalankulkijoiden onnettomuusriski oli paljaalla keliällä kaksinkertainen talvella kesään verrattuna. Jalankulkijoiden onnettomuusriski jää- tai lumikelillä oli 8-kertainen kesään verrattuna ja noin 6-kertainen, jos tie tai katu oli osittain paljas ja osittain luminen tai jäinen. Pyöräilyn paljaan kelin onnettomuusriski oli talvella vain puolet kesän riskistä. Muilla keleillä pyöräily oli talvella vaarallisempaa kuin kesällä, mutta havainto ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Yli 65-vuotiaiden onnettomuusriski pyöräilyjäänä oli 2-kertainen tätä nuorempiin verrattuna ja moninkertainen jää- tai lumikelillä. Tämä havainto oli myös tilastollisesti merkitsevä.

**Effects of Winter Road Maintenance. VTI rapport 423A. (Wallman, Wretling, Öberg 1997)**

Tutkimuksessa on referoitu lukuisia keliriskiä käsitteleviä tutkimuksia. Talvi-kuukausien onnettomuusriskien vaihtelu eri tutkimuksissa valoisuuden mukaan paljaalla ajokelillä ja talvikelillä on esitetty seuraavassa (taulukko 8).

*Taulukko 8. Paljaan tien ja talvikelin suhteelliset onnettomuusriskit päivänvalossa ja pimeällä [Wallman ym. 1997].*

	Päivänvalo	Pimeä
Paljas tie	1	2
Jää/lumi	2–20	4–14

Eri tutkimusten tulokset talvikelien onnettomuusriskeistä vaihtelevat huomattavan paljon. Tärkeimmäksi tekijäksi tutkimus nostaa sen, että jää- ja lumikelin käsite on hyvin laaja. Kuitenkin tutkimuksissa, joissa keliä on yritetty määritellä tarkemmin, esiintyy myös huomattavia riskivaihteluita. Suorite on keskeinen tekijä arvioitaessa keliriskejä. Kelisuoritteet tulisi olla samalta talvelta kuin onnettomuusdatakin.

Talvikelien onnettomuusriski on suurimmillaan alkutalvesta, minkä jälkeen riski pysyy melko vakiona. Lisäksi raportissa todetaan jälleen kerran, että lumi- ja jääkelien riskit ovat sitä suurempia mitä harvemmin niitä esiintyy. Joidenkin tutkimustulosten mukaan talvikelien riski on kuitenkin suurin silloin, kun talvikelien osuus talvi-kuukausien keleistä on 15 %.

Yksityiskohtaisemmin tarkasteltuna poliisin ja vakuutusyhtiöiden raportointien onnettomuuksien riskit talvikeleillä on esitetty seuraavassa (taulukko 9). Kyseisessä aineistossa henkilövahinko-onnettomuuksien osuus on noin 30 % poliisin raportoimista onnettomuuksista ja noin 10 % vakuutusyhtiöiden raportoimista onnettomuuksista. Suurin henkilövahinko-onnettomuuksien osuus oli paljaalla ajokelillä päivänvalossa, koska ajonopeudet ovat yleensä silloin suurimmat.

Taulukko 9. Suhteellinen onnettomuusriski talvikeleillä poliisin ja vakuutusyhtiöiden raportoimissa onnettomuuksissa [Wallman ym. 1997].

	Poliisin raportoimat onnettomuudet	Vakuutusyhtiöiden raportoimat onnettomuudet
Paljas tie	1	1
Ohut jää	3–8	
Polanne/paksu jää	2–7	
Polanne/jää		8–12
Irtolumi/sohjo	3–10	30–50
Lumi- ja jääsaarekkeita		10–15
Luminen tie ja sade	2,5–3	

### Seasonal speed limits. VTI rapport 435A. (Nilsson & Obrenovic 1998)

Tutkimuksessa selvitettiin ajonopeuksien muuttumista talvien 1991/92 ja 1996/97 aikana talvikeleillä ja pimeässä suhteessa lumettomiin olosuhteisiin valoisaan aikaan. Jälkimmäisenä talvena mitattiin myös kitkaa.

Nopeusrajoituksen vaikutus ajonopeuksiin oli hyvin samankaltainen eri nopeusrajoituksilla teillä. Esimerkiksi 20 km/h nopeusrajoitusero muutti ajonopeuksia 6–8 km/h ja matkanopeuksien keskihajonta oli 8 km/h. Kuitenkin nopeusrajoituksen ollessa 70 km/h kuljettajien keskinopeus laski enemmän lumi- tai jääkeleillä kuin nopeusrajoituksen ollessa 90 km/h. Hyvin huonoissa talviolosuhteissa osa autoilijoista ajoi samaa alhaista nopeutta nopeusrajoituksesta riippumatta ja osa alensi nopeuttaan rajoitusta alemmas. Näissä oloissa suurin osa autoilijoista kuitenkin suurensi ajonopeuttaan korkeamman nopeusrajoituksen ollessa voimassa, osa jopa huomattavasti. Yleisesti ottaen nopeudet eri teillä olivat korkeimpia liikennemäärien ollessa vähäisiä.

Onnettomuusriski talviaikana oli kaksinkertainen verrattuna kesäaikaan, mutta onnettomuuksien vakavuus oli puolestaan kaksinkertainen kesäaikaan verrattuna talviaikaan, mikä johtuu osittain autojen korkeammasta henkilöluvusta kesällä. Talvikelionnettomuuksien osuus oli sitä suurempi mitä korkeampi oli nopeusrajoitus. Myös pimeään aikana tapahtuneiden onnettomuuksien osuus oli sitä suurempi mitä korkeampi on nopeusrajoitus. Talvikautena 1991/92 lähes 80 % henkilövahinko-onnettomuuksista tapahtui liukkailla teillä tai pimeään aikaan. Noin 20 % henkilövahinko-onnettomuuksista tapahtui paljailta teillä päiväsaikaan, 25 % liukkailla teillä päiväsaikaan, 25 % paljailta teillä pimeään aikaan ja 30 % liukkailla teillä pimeään aikaan.

**Olycksrisker vid olika väglag vintern 1996/97. VTI notat 36-1999. (Wallman)**

Kelitietoja seurattiin eri puolilla Ruotsia useassa eri pisteessä neljänä talvikautena: 1993/94–1996/97. Tavoitteena oli selvittää onnettomuusriskit eri keleillä hoitoluokittain (kitka-arvon mukaan) sekä eri puolilla Ruotsia. Keli-seuranta on tehty pääsääntöisesti klo 6–22 välisenä aikana. Kelijaottelu oli seuraava (5 luokkaa):

- Kuiva, paljas
- Kosteaa, märkä
- Polanne (pakkautunut lumi tai paksu jää)
- Ohut jää tai kuura
- Irtolumi tai lumisohjo

Lisäksi seurattiin ajourien keliä.

Keliä seurattiin eri puolilla Ruotsia seuraavasti:

- Etelä-Ruotsi 15.11–15.3 (4 kuukautta)
- Keski-Ruotsi 15.10–15.4 (6 kuukautta)
- Pohjois-Ruotsin eteläosa 1.10–30.4 (7 kuukautta)
- Pohjois-Ruotsin pohjoisosa 1.10–30.4 (7 kuukautta)

Raportin onnettomuustiedot perustuvat poliisin raportoimiin talven 1996/97 onnettomuuksiin. Poliisin raportoimille onnettomuuksille, pois lukien eläinonnettomuudet, sekä vakaviin henkilövahinkoihin johtaneille onnettomuuksille laskettiin riskit kelisuoritteiden perusteella.

Raportissa on lukuisia yksityiskohtaisia liitteitä keliriskeistä Ruotsin eri osissa. Yksityiskohtaisen keli- ja aluejaottelun sekä ainoastaan yhden talven onnettomuusaineiston takia tulosten satunnaisvaihtelu on erittäin suuri. Näin ollen raportista voi tehdä vain suuntaa antavia karkean tason johtopäätöksiä ja näihinkin tulee suhtautua varauksin:

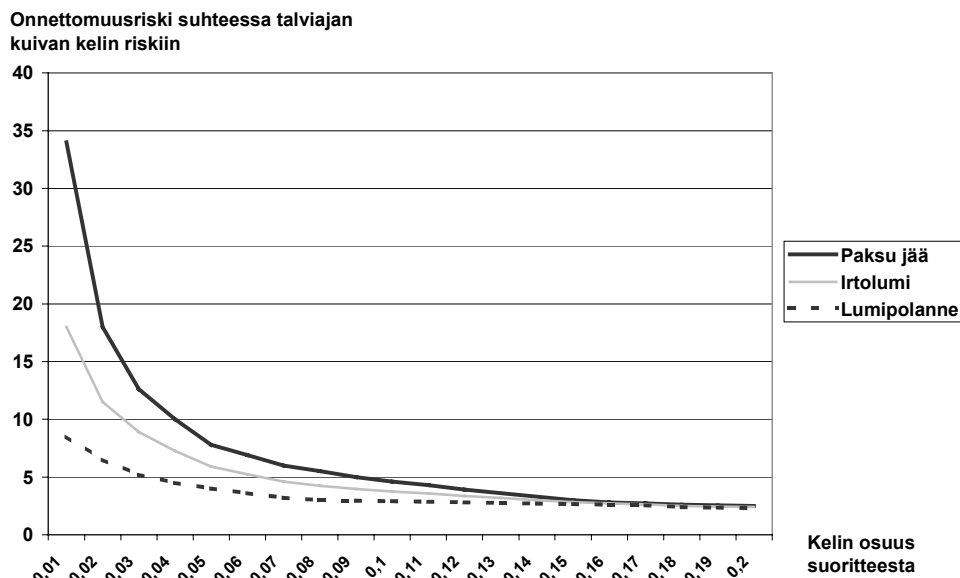
- Raportin tulokset ovat hyvin yhteneviä 1970-luvulla tehtyjen tutkimusten kanssa.
- Jää- ja lumikelien riski on yleisesti ottaen sitä suurempi, mitä harvemmin näitä kelejä esiintyy eli ylempien hoitoluokkien teillä sekä alueellisesti Etelä-Ruotsissa. Erot voivat olla suuriakin.
- A-luokan teillä ohuen jään riski on erityisen suuri Etelä- ja Keski-Ruotsissa, mutta myös polannekelin riski on suurempi kuin Pohjois-Ruotsissa.
- B-luokan teillä irtolumi sekä lumisohjo ovat vaarallisimmat kelityypit, mutta kelityyppien riskierot ovat paljon pienemmät kuin A-luokan teillä.

- Keliriskit eivät juuri eroa sen suhteen, tarkastellaanko kaikkia onnettomuuksia vai pelkästään vakaviin henkilövahinkoihin johtaneita onnettomuuksia. Alentunut ajonopeus huonoilla keleillä ei vaikuta tulosten perusteella onnettomuuksien vakavuuteen. Tätä havaintoa saattaa selittää se, että lievempien onnettomuuksien yhteydessä ei aina raportoida tien pinnan olevan jäinen tai luminen.
- Ohut jää on eri tyyppistä Etelä- ja Pohjois-Ruotsissa mm. siitä syystä, että Etelä-Ruotsissa liikennemäärät ovat suurempia. Ohuen jään keli-tyyppi on Pohjois-Ruotsissa yleensä pitkäkestoisempi kuin Etelä-Ruotsissa, joten myös ohuen jään kitka on Pohjois-Ruotsissa yleensä korkeampi. Toisaalta ohut jää on vaikeimmin arvioitavissa oleva keli-tyyppi ja vallitsee yleensä lyhyen aikaa. Näin ollen ohuen jään onnettomuuksia saattaa olla onnettomuustilastoissa liikaa, jolloin ohuen jään onnettomuusriskit ovat liian korkeita (taulukko 10).

*Taulukko 10. Yhteenveto onnettomuusriskeistä kelin, tieluokan ja onnettomuuksien vakavuuden mukaan [Wallman 1999].*

Tien pinta	Kaikki tiet		A1 – A4		B1 – B4	
	Kaikki onn.	Kuol./vak.louk.	Kaikki onn.	Kuol./vak.louk.	Kaikki onn.	Kuol./vak.louk.
Kuiva	0,25	0,02	0,25	0,02	0,20	0,03
Märkä/kostea	0,30	0,03	0,30	0,03	0,30	0,03
Irtolumi/sohjo	1,40	0,14	1,60	0,15	0,90	0,12
Polanne	0,70	0,07	1,90	0,13	0,55	0,05
Ohut jää/kuura	1,30	0,17	2,80	0,26	0,55	0,07

Carl-Gustaf Wallman esitti kesäkuussa 2002 juuri valmistuneessa osaraportissaan mielenkiintoisen mallin suhteellisen onnettomuusriskin ja kelisuorituksen suhteesta (kuva 1). Kuva sisältää uuden mielenkiintoisen havainnon, jonka mukaan eri talvikelien riski asettuu samalla tasolle, kun niiden osuus liikennesuoritteesta saavuttaa tietyn tason.



Kuva 1. Eri kelien suhteellinen onnettomuusriski suhteessa kelin osuuteen liikennesuoritteesta [Wallman 2002].

### 3.3 Norjalaiset tutkimukset

#### Traffic accidents and accident risk in the wintertime in Norway. (Hvoslef 1986)

Tutkimuksen mukaan onnettomuusriski oli Norjassa talvella noin 50 % suurempi kuin kesällä. Omaisuusvahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien riski oli talvella kaksinkertainen kesään verrattuna, mutta kesällä onnettomuudet olivat keskimäärin vakavampia. Jää- tai lumikelin onnettomuusriski oli 3–6-kertainen paljaan ja kuivan kelin riskiin verrattuna. Suurin riski oli tilanteissa, joissa keli yllättäen muuttui. Jalankulkijoiden onnettomuusriski oli talvella 1,5–2-kertainen kesään verrattuna.

#### Road salting and traffic safety. The effect of road salting on accidents and driving speed. (Vaa, Sakshaug, Resen-Fellie 1995)

Norjassa tutkittiin vuosina 1991–94 teiden suolauksen vaikutusta onnettomuusmääriin ja -tyyppisiin. Norjalaisten suolausmäärien arvioitiin vähentävän poliisin tietoon tulevia onnettomuuksia 20 %. Onnettomuuksien vähenemistä saattaa selittää se, että suolaamattomien teiden kitka-arvot ovat useammin alhaisia, eivätkä kuljettajat mukautta ajonopeuttaan kelin mukaan riittävän hyvin.

## Veg-grepsprosjektet, konsekvenser av enkle strategier, Delprosjekt 5.15, Statens vegvesen, (Evensen 1996)

Norjassa seurattiin vuosina 1991–94 yhteensä 45 tieosuudella neljästi päivässä keliolosuhteiden kehitystä ja arvioitiin tämän perusteella eri keliön riskejä (taulukko 11). Norjalaistutkimuksen mukaan talvikeliön ja paljaan keliön riskien suhde oli 2–4,5-kertainen. Lumikeliön riski verrattuna kuivan paljaan tienpinnan riskiin on 2,5-kertainen ja jääkeliön riski 4,4-kertainen. Norjalaisen liikenneturvallisuuden käsikirjan mukaan lumi- tai jääkeliön riski on 2,5-kertainen paljaaseen tienpintaan verrattuna [Elvik ym. 1997].

*Taulukko 11. Henkilövahinkoon johtavan onnettomuuden riski eri keleillä (<sup>1</sup> = epävarma arvo). [Evensen 1996].*

	Hvjo/ miljoona ajokm.
Kuiva ja paljas tie, talvi	0,12
Kostea ja paljas tie, talvi	0,16
Sohjo	0,18 <sup>1</sup>
Irtolumi	0,30
Jää	0,53
Kuura	0,53
Kova lumi (polanne)	0,31
Paljaat urat	0,12 <sup>1</sup>
Liukkaat urat	0,30 <sup>1</sup>
Kuiva ja paljas tie, kesä	0,14
Kostea ja paljas tie, kesä	0,18

Norjalaistutkimuksessa arvioitiin myös henkilövahinko-onnettomuuden riskejä tien pinnan kitkan mukaan (taulukko 12). Raportissa ei ole mainittu, mille kitkamittausmenetelmälle kyseiset riskit on arvioitu. Riskiluokituksessa kitkan mukaan hyödynnettiin kuitenkin laskelmia eri talvikeliön riskeistä ja niiden arvioidusta kitkasta.

*Taulukko 12. Onnettomuusriskit (henkilövahinko-onnettomuudet/miljoona ajon.km) tien pinnan kitkan mukaan [Evensen 1996].*

Kitka	Onnettomuusriski (hvjo/miljoona ajon.km)
< 0,15	0,80
0,15 – 0,24	0,55
0,25 – 0,34	0,25
0,35 – 0,44	0,20



### 3.4 Muut tutkimukset

Tien päällysteen kunnolla, erityisesti uraisuudella, on vaikutusta onnettomuusriskeihin. 1980-luvulla tehtyjen tutkimusten (Kallberg 1983, Hemdorff ym. 1989) mukaan uraisella tiellä kuivan ajokelin onnettomuusriski on 7 % alempi urattomaan tiehen verrattuna, mutta märällä tiellä uraisen tien riskit ovat puolestaan suurempia, urasyvyydellä 15–30 mm jopa 3-kertaiset urattomaan tiehen verrattuna. Tien uraisuus ei juuri vaikuttaisi talvikelien onnettomuusriskeihin muualla kuin pääteillä, mutta näyttäisi kuitenkin siltä, että urien poistaminen kaikkein kuluneimmilta teiltä pienentäisi liukkaan kelin onnettomuusriskiä. 1980-luvun alussa yli 15 mm urien poistaminen olisi estänyt vuosittain pääteillä 20–60 talvikelin henkilövahinko-onnettomuutta ja noin 40 määrän kelin onnettomuutta. Henkilövahinko-onnettomuuksien kokonaismäärä olisi kuitenkin saattanut jopa kasvaa kuivan kelin onnettomuuksien lisääntyessä [Kallberg 1983]. Lisäksi onnettomuusriskin on arvioitu olevan pimeällä 1–2-kertainen verrattuna riskiin valoisaan aikaan [Kulmala & Peltola 1995].



Kelikoodien perusteella kelien jaottelu kesäkeleihin (koodit 1 ja 3) ja talvikeleihin (koodit, 2 ja 4–8) on melko helppoa. Sen sijaan on vaikeampaa jakaa kelit poliisin onnettomuusilmoituksessa käytettyihin keliluokkiin. Poliisihan jakaa talvikelit jäiseen, sohjoiseen ja lumiseen. Talvihoidon laadunseurantaraportin laatinut Juha-Matti Vainio totesi, että jos koodien perusteella pitäisi poliisiluokitukseen pystyä, hän tulkitsisi koodin 2 yksinomaan jäiseksi keliksi, koska "liukkautta aiheuttava lumipöly" oli äärimmäisen harvinainen tilanne. Polannekelejä (koodit 4–6) on hänen mukaansa vaikea jakaa lumiseen ja jäiseen keliin, mutta jos tähän tulisi pystyä, hän jakaisi yksinkertaisesti nämä havainnot puoliksi: 50 % jäisiä ja 50 % lumisia kelejä.

Taulukossa 14 on verrattu näin saatua talvikelien osuutta Polvisen 80-luvun tutkimuksiin. Vertailussa on huomioitava että talvihoidon laadunseuranta-aineistossa tarkastelukausi kesti joulukuusta maaliskuuhun, kun Polvisen tutkimuksissa kausi alkoi kuukautta aiemmin. Lisäksi on muistettava, ettei talvihoidon laadunseuranta-aineistoa ole painotettu liikennesuoritteilla. Taulukosta voi helposti päätellä, että kesäkelien ja talvikelien suhteet kokonaisuudessaan vastaavat tutkimuksissa varsin hyvin toisiaan (tarkastelukauden pituusero huomioden). Sen sijaan talvihoidon laadunseuranta-aineistossa lumisen ja sohjoisen kelin osuus on selvästi pienempi kuin Polvisen tutkimuksissa ja jäisen kelin osuus selvästi suurempi. Talvihoidon laadunseuranta-aineistossa vähäinen sohjokelien määrä saattaa johtua siitä, että aineisto painottaa alemman tieverkon teitä, joissa ainakaan suolasohjoa ei kovin usein esiinny. Lisäksi jäisen kelin osuus näillä teillä on yleensä suurempi kuin pääteillä.

Etenkin etelässä talvihoidon laadunseurannan mukaan arvioitu jäisen kelin osuus on niin paljon Polvisen tutkimuksia suurempi, että sitä on vaikea selittää yksinomaan lyhyemmällä tarkastelukaudella ja alemman tieverkon painotuksella. Kuten edellä mainittiin talvihoidon laadunseurannan kelikoodit 4–6 koskivat polannekelejä, joiden jako lumiseen ja jäiseen on vaikeaa. Silti on huomattava, että Vainio piti kelikoodia 2 varsin selkeästi jäisenä kelinä, ja yksinomaan tämän koodin osuus Uudellamaalla oli lähes 10 %, kun Polvisen tutkimuksessa jäisen kelin osuus Uudellamaalla oli 2–3 %.

Liitteessä I on lisäksi verrattu talvihoidon laadunseurannan hoitoluokkien I ja Is kelijakaumaa Polvisen pääteiden kelijakaumaan.

Taulukko 14. Talvihoidon laadunseurannan perusteella talvella 2001–02 tehty suoritejako verrattuna Polvisen 1980-luvun tuloksiin. Talven 2001–02 havaintokausi kesti joulukuusta maaliskuuhun, kun Polvisen tutkimuksessa kausi oli marraskuusta maaliskuuhun. Talvihoidon laadunseuranta-aineistoa ei ole painotettu liikennesuoritteella. Kaikki yleiset tiet.

Talvihoidon laadunseuranta 2001-02	Kesäkelit		Luminen		Sohjoinen		Jäinen		Yhteensä	
Talvi	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02
Uusimaa	77,6 %		7,7 %		0,8 %		14,0 %		100 %	
Turku	75,6 %		9,1 %		0,9 %		14,4 %		100 %	
Kaakkois-Suomi	59,3 %		18,3 %		0,7 %		21,7 %		100 %	
Häme	71,4 %		10,7 %		0,5 %		17,4 %		100 %	
Savo-Karjala	48,1 %		23,2 %		0,5 %		28,1 %		100 %	
Keski-Suomi	52,4 %		24,2 %		0,3 %		23,1 %		100 %	
Vaasa	60,0 %		20,6 %		0,7 %		19,0 %		100 %	
Oulu	37,8 %		24,6 %		0,7 %		36,9 %		100 %	
Lappi	25,7 %		34,8 %		0,0 %		39,4 %		100 %	
Koko Suomi	62,1 %		16,1 %		0,6 %		21,2 %		100 %	
Polvisen tutkimukset 1982-83 ja 1984-85	Kesäkelit		Luminen		Sohjoinen		Jäinen		Yhteensä	
Talvi	82-83	84-85	82-83	84-85	82-83	84-85	82-83	84-85	82-83	84-85
Uusimaa	85,6 %	81,1 %	7,0 %	14,6 %	4,4 %	2,5 %	3,1 %	1,8 %	100 %	100 %
Turku	74,9 %	66,5 %	11,6 %	24,5 %	3,6 %	3,2 %	9,9 %	5,8 %	100 %	100 %
Häme	76,6 %	67,5 %	13,1 %	20,3 %	4,2 %	2,9 %	6,1 %	9,4 %	100 %	100 %
Kymi	68,2 %	60,8 %	19,7 %	30,6 %	4,8 %	2,3 %	7,3 %	6,4 %	100 %	100 %
Mikkeli	57,0 %	48,9 %	24,5 %	29,7 %	8,0 %	3,2 %	10,5 %	18,2 %	100 %	100 %
Pohjois-Karjala	27,8 %	34,4 %	31,6 %	54,9 %	4,4 %	1,9 %	36,2 %	8,8 %	100 %	100 %
Kuopio	49,6 %	45,9 %	27,8 %	22,1 %	3,7 %	1,6 %	18,9 %	30,4 %	100 %	100 %
Keski-Suomi	55,4 %	48,8 %	21,7 %	36,9 %	4,6 %	1,5 %	18,3 %	12,7 %	100 %	100 %
Vaasa	67,2 %	57,2 %	18,1 %	27,2 %	3,9 %	1,6 %	10,8 %	14,1 %	100 %	100 %
Keski-Pohjanmaa	45,8 %	53,3 %	37,7 %	27,5 %	4,4 %	0,8 %	12,1 %	18,4 %	100 %	100 %
Oulu	35,9 %	58,8 %	34,8 %	29,5 %	2,6 %	0,5 %	26,7 %	11,2 %	100 %	100 %
Kainuu	20,9 %	28,3 %	48,1 %	24,1 %	2,7 %	1,1 %	28,3 %	46,5 %	100 %	100 %
Lappi	22,5 %	47,9 %	62,7 %	35,5 %	0,9 %	0,8 %	13,9 %	15,8 %	100 %	100 %
Koko Suomi	62,9 %	60,9 %	21,2 %	25,9 %	4,0 %	2,1 %	11,9 %	11,0 %	100 %	100 %

## 4.2 Talvikelisuorite Tiehallinnon ns. kuuden tunnin keliennusteen perusteella

Tiehallinto laatii tienkäyttäjien tarpeeseen talvikaudella säännöllisesti ns. kuuden tunnin keliennusteita. Ennusteissa arvioidaan valta- ja kantateiden keli, sää ja ajo-olosuhteet tiejaksoittain keskimäärin seuraavan kuuden tunnin aikana. Ennusteen tiejaksot ovat etelässä keskimäärin noin 50 km:n mittaisia, pohjoisessa pidempiä. Keliennusteet on tallennettu tietokantaan säännöllisesti kevästä 1999 lähtien.

Tienpinta on arvioitu 16 kelikoodin mukaisesti (taulukko 15). Tienpintaa kuvaavat kelikoodit eivät ole vaihtoehtoisia, joten samanaikaisesti voidaan käyttää useampaakin kelikoodia (esim. koodi voi olla ghi = paikallista liukautta, erityisesti sillat ja risteysalueet liukkaat). Lisäksi ajo-olosuhteita arvioidaan kolmiportaisella asteikolla: normaali, huono tai erittäin huono ajokeli. Ajo-olosuhteiden luokittelussa on käytetty vain yhtä luokkaa kolmesta kerallaan.

Taulukko 15. Tiehallinnon kuuden tunnin keliennusteessa käytetyt kelikoodit.

Kelikoodi	Kelikuvaus
a	Paljas
b	Kuiva
c	Kostea
d	Märkä
e	Kuurasta liukas
f	Mustaa jäätä
g	Paikoin liukas
h	Risteysalueet liukkaat
i	Sillat liukkaat
j	Liukas
k	Lumisohjoa
l	Luminen
m	Lumikinoksia
n	Polanne
o	Polanne, ajourat paljaat
p	Polanne, ajourat jäiset

Tiehallinnon keliennustedatan edut kelisuoritearvioita tehtäessä ovat:

- ajallinen ja paikallinen kattavuus: marras-maaliskuun välisenä aikana data kattaa yli 90 % ajasta vuorokauden ympäri. Keli on arvioitu kaikilta valtateiltä ja suurimmasta osasta kantateitä.
- luotettavuus: data on selvästi luotettavampaa kuin esim. Ilmatieteenlaitoksen datan perusteella tehtävä keliarvio, mutta se on silti kuitenkin ennuste, eikä yllä samaan luotettavuuteen kuin reaaliaikaisesti paikan päällä tehtävä kelinseuranta. Kuitenkin muuttumattomissa kelitilanteissa ennuste kertoo myös tienpinnan nykytilanteesta. Ennusteen laativat keli-päivystäjät saavat tietoa tienpinnan nykytilanteesta erilaisten meteorologisten apuneuvojen lisäksi suoraan kentältä, autoilijoilta ja tiemestareilta.
- Yksityiskohtainen keliluokitus, vaikka luokittelu ei suoraan palvelekaan riskien arvioinnin tarvetta (onnettomuuskelit jaettu lumiseen, sohjoiseen ja jäiseen, mutta vastaavaa luokitusta on vaikea löytää Tiehallinnon keliennustedatasta)

Datan merkittävin haitta on kelikoodien tulkinnanvaraisuus. Kelikoodit eivät pyri kuvaamaan keliä eksaktisti, vaan koodien tehtävänä on osittain varoittaa autoilijoita. Kelisuoritearvioinnin näkökulmasta on varsin vaikea arvioida, tarkoittaako "paikoin liukas" sitä, että 1 % vai 50 % suoritteesta ajetaan jäisellä kelillä. Lisäksi on vaikea päätellä esim. koodista "fl", mikä on mustan jään suhde lumiseen keliin.

Ennustedata oli kelisuoritearviointia silmälläpitäen varsin hankalassa muodossa, joten datan analysointia varten sitä muokattiin seuraavasti:

1. Kullekin ennusteessa käytetylle tiejaksolle laskettiin uusi kelikoodi siten, että talvikausi (marras-maaliskuu) jaettiin osiin tunnin tarkkuudella, ja jokaiselle tunnille haettiin datasta kelikoodi kyseisen ennusteen voimassaoloajan perusteella. Mikäli ennusteen voimassaoloajan aikana tietokantaan syötettiin uusi ennuste, uusi ennuste kumosi vanhan ennusteen jäljellä olevan voimassaoloajan osalta.
2. Kunkin piirin kunkin tiejakson jokaiselle ennustetunnille laskettiin liikennesuorite sen perusteella, minkä vuorokaudenajan tunnista oli kyse (vrt. liikennesuoritteiden vuorokautisvaihtelu) ja mikä oli tiejakson liikennesuorite.
3. Yhden piirin eri tiejaksojen kelikoodien suoritteet laskettiin yhteen. Erilaisia kelikoodiyhdistelmiä syntyi yhden talvikauden aikana yhdessä piirissä toista sataa.
4. Lopuksi laskettiin kuinka usein yksittäinen kelikoodikirjain esiintyy ennusteessa (liikennesuoritteella painotettu arvo).

Datan analysoinnin monimutkaisuuden ja vaihteellisuuden vuoksi pystyttiin tämän tutkimuksen resurssien puitteissa tarkastelemaan dataa vain osittain. Datasta laskettiin kelin ("tienpinnan") ja ajo-olosuhteiden jakautuminen Uudenmaan piirissä kolmena talvena 1999–02 sekä Keski-Suomen ja Lapin piireissä talvella 2001–02 (taulukko 16). Näissä kolmessa piirissä ennusteissa käytettyjen tiejaksojen liikennesuoritteiden osuus piirien valta- ja kantateiden kokonaissuoritteesta oli seuraavanlainen:

- Uusimaa: valtatie 95 %, kantatie 98 %
- Keski-Suomi: valtatie 91 %, kantatie 14 %
- Lappi: valtatie 99 %, kantatie 70 %

Taulukossa 16 on laskettu, kuinka usein yksittäinen kelikoodikirjain (suoritteella painotettuna) esiintyy eri tiepiireissä ja eri vuosina. Taulukon 16 perusteella voidaan esim. todeta, että Uudellamaalla syntyi 48,2 % liikennesuoritteesta talvikautena 1999–00 sellaisen keliennusteen aikana, jolloin yksi käytetyistä kelikoodeista oli a ("paljas"). Koska keli kuvattiin usein kelikoodien yhdistelminä, yksittäisten kelikoodikirjainten esiintymisosuuden summa on yli 100 %.

Taulukossa 16 on lisäksi jaettu keli neljään eri luokkaan (otsikolla "Tienpinta, kelikoodeja yhdistetty") siten, että kesäkeliksi on luokiteltu kaikki kelikoodit, joissa on esiintynyt yksi tai useampi koodeista a, b, c, d tai o. Vastaavasti lumikeliksi on luokiteltu kelikoodit l, m ja n, sohjokeliksi kelikoodi k ja liukkaaksi (jäiseksi) koodit e, f, g, h, i, j ja p. Näin tarkasteltaessa eri kelityyppien summa on lähempänä 100 %:a, koska kelityyppien vähentyessä myös eri kelityyppien päällekkäisyys vähenee.

Viimeiseksi taulukossa 16 on luokiteltu ajo-olot, millä oli datassa aivan oma koodinsa. Koska tässä koodissa käytettiin vain yhtä kirjainta kerrallaan, ei päällekkäisyyteen liittyvää ongelmaa ole.

*Taulukko 16. Liikennesuoritteen jakautuminen eri kelikoodeille marrasmaaliskuun välisenä aikana valta- ja kantateillä eri tiepiireissä ja eri vuosina Tiehallinnon kuuden tunnin keliennusteen mukaisesti. Koska eri keliennusteissa on käytetty useampia kelikodeja samaan aikaan, on kelikoodien yhteen laskettu osuus yli 100 %.*

	Tiepiiri	Uusimaa			KS	Lappi
	Talvikausi	1999-00	2000-01	2001-02	2001-02	2001-02
<b>TIENPINTA</b>						
a	Paljas	48,2 %	60,8 %	42,2 %	34,9 %	19,8 %
b	Kuiva	41,4 %	47,3 %	40,6 %	51,5 %	4,9 %
c	Kostea	20,2 %	39,3 %	49,5 %	48,3 %	6,9 %
d	Märkä	26,0 %	35,6 %	36,1 %	27,0 %	3,7 %
e	Kuurasta liukas	1,6 %	1,5 %	1,6 %	3,2 %	2,2 %
f	Mustaa jäätä	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
g	Paikoin liukas	8,7 %	8,2 %	15,4 %	33,6 %	38,9 %
h	Risteysalueet liukkaat	6,8 %	6,3 %	9,3 %	16,1 %	7,4 %
i	Sillat liukkaat	5,3 %	0,1 %	0,1 %	0,5 %	0,0 %
j	Liukas	3,2 %	2,2 %	5,0 %	1,5 %	1,0 %
k	Lumisohjoa	8,3 %	5,4 %	6,4 %	8,9 %	3,2 %
l	Luminen	8,1 %	9,0 %	13,7 %	13,0 %	29,2 %
m	Lumikinoksia	0,0 %	0,2 %	0,0 %	0,6 %	2,1 %
n	Polanne	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,9 %	9,2 %
o	Polanne, ajourat paljaat	0,4 %	0,0 %	0,6 %	5,7 %	26,8 %
p	Polanne, ajourat jäiset	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,9 %	49,0 %
		178,5 %	215,8 %	220,6 %	246,6 %	204,5 %
<b>TIENPINTA, KELIKOODEJA YHDISTETTY</b>						
a-d,o	Kesäkeli	88,7 %	95,6 %	89,6 %	89,7 %	48,8 %
l-n	Luminen keli	8,1 %	9,1 %	13,7 %	13,8 %	35,6 %
k	Sohjoinen keli	8,3 %	5,4 %	6,4 %	8,9 %	3,2 %
e-j,p	Liukas (jäinen)	23,3 %	15,1 %	24,2 %	41,3 %	68,4 %
		128,4 %	125,3 %	133,9 %	153,7 %	156,1 %
<b>AJO-OLOT</b>						
a	Normaali ajokeli	84,9 %	92,1 %	86,9 %	87,3 %	82,8 %
b	Huono ajokeli	12,3 %	6,1 %	10,3 %	11,6 %	16,4 %
c	Erittäin huono ajokeli	2,8 %	1,7 %	2,9 %	1,1 %	0,8 %
		100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Taulukossa 17 on taulukon 16 kelikoodien prosenttiosuudet jaettu prosenttiosuuksien summalla. Tällöin prosenttiosuuksien summaksi on saatu 100 %.

Taulukko 17. Liikennesuoritteiden jakautuminen eri kelikoodeille marrasmaaliskuun välisenä aikana valta- ja kantateillä eri tiepiireissä ja eri vuosina Tiehallinnon kuuden tunnin keliennusteen mukaisesti. Taulukossa on jaettu taulukon 16 kelikoodien prosenttiosuudet osuuksien summalla. Tällöin prosenttiosuuksien summaksi on saatu 100 %.

	Tiepiiri	Uusimaa			KS	Lappi
	Talvikausi	1999-00	2000-01	2001-02	2001-02	2001-02
<b>TIENPINTA</b>						
a	Paljas	27,0 %	28,2 %	19,1 %	14,1 %	9,7 %
b	Kuiva	23,2 %	21,9 %	18,4 %	20,9 %	2,4 %
c	Kostea	11,3 %	18,2 %	22,4 %	19,6 %	3,4 %
d	Märkä	14,5 %	16,5 %	16,4 %	11,0 %	1,8 %
e	Kuurasta liukas	0,9 %	0,7 %	0,7 %	1,3 %	1,1 %
f	Mustaa jäätä	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
g	Paikoin liukas	4,9 %	3,8 %	7,0 %	13,6 %	19,0 %
h	Risteysalueet liukkaat	3,8 %	2,9 %	4,2 %	6,5 %	3,6 %
i	Sillat liukkaat	3,0 %	0,1 %	0,1 %	0,2 %	0,0 %
j	Liukas	1,8 %	1,0 %	2,3 %	0,6 %	0,5 %
k	Lumisohjoja	4,6 %	2,5 %	2,9 %	3,6 %	1,6 %
l	Luminen	4,6 %	4,2 %	6,2 %	5,3 %	14,3 %
m	Lumikinoksia	0,0 %	0,1 %	0,0 %	0,3 %	1,0 %
n	Polanne	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,4 %	4,5 %
o	Polanne, ajourat paljaat	0,2 %	0,0 %	0,3 %	2,3 %	13,1 %
p	Polanne, ajourat jäiset	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,4 %	24,0 %
		100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
<b>TIENPINTA, KELIKOODEJA YHDISTETTY</b>						
a-d,o	Kesäkeli	69,1 %	76,3 %	66,9 %	58,3 %	31,3 %
l-n	Luminen keli	6,3 %	7,3 %	10,2 %	9,0 %	22,8 %
k	Sohjojen keli	6,4 %	4,3 %	4,8 %	5,8 %	2,1 %
e-j,p	Liukas (jäinen)	18,1 %	12,1 %	18,1 %	26,9 %	43,8 %
		100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Taulukko 17 antaa hyvin järjestyneen kuvan keliennusteiden jakautumisesta. Taulukon mukaan Uudellamaalla talvikelien osuus olisi noin 25–30 %, kun se Polvisen tutkimusten sekä talven 2001–02 talvihoidon laadunseurannan tulosten mukaan on noin 15–20 %. Keski-Suomessa ja Lapissa talvikelien osuus on hyvin lähellä Polvisen tutkimuksia ja talvihoidon laadunseurannan tuloksia, tosin näissä piireissä talvikelien osuus on muutaman prosentin vertailututkimuksia alhaisempi!

Lumisen ja sohjoisen kelin osuudet vastaavat melko hyvin Polvisen tutkimuksia. Jäisen kelin osuutta Tiehallinnon keliennusteista on vaikea nähdä, sillä varsinaista jäisen kelin kelikoodia ei ennusteissa käytetä. Uudellamaalla eniten käytettyjä jäiseen keliin viittaavia kelikoodeja kahtena viimeisenä talvena olivat "paikoin liukas" (4–7 % suoritteesta taulukon 17 mukaan) ja "liukas" (1–2 % suoritteesta taulukon 17 mukaan). Polvisen tutkimuksissa Uudellamaalla jäisen kelin osuus pääteillä oli noin 1,5 %.

Eri vuosia ja tiepiirejä vertailtaessa voidaan otaksua, että tietyiltä osin ennustuskäytännössäkkin on saattanut tapahtua vuosien varrella muutoksia.



Esim. taulukossa 17 Uudellamaalla talvikautena 1999–00 syntyi 3 % liikennesuoritteesta ajanjaksoina, jolloin varoitettiin siltojen liukkaudesta, kun muina talvina Uudellamaalla tätä ennustusta ei käytetty 0,1 % enempää.

Talvikautena 2001–02 käytettiin "paikoin liukas" ja "liukas" varoituksia kaksi kertaa useammin kuin talvikautena 2000–01, joten talvikauden 2001–02 kelit ovat saattaneet olla poikkeuksellisen hankalat.

### **4.3 Talvikelien suorite Ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukujen avulla**

Ilmatieteenlaitoksen havaintoaineistoa on käytetty laajasti hyväksi kelin arvioinnissa varsin tuoreessa tutkimuksessa "Sää ja talvihoito" [Laine ym. 2000]. Tutkimuksessa pyrittiin rakentamaan säätunnuslukujen avulla talvihoitotarvetta kuvaava indeksi, mitä on käytetty hyväksi mm. talvihoitourakoiden hinnoittelussa. Tutkimuksessa muodostettiin mm. erikseen lumenpoistotarvetta kuvaava lumiluku ja liukkaudenpoistotarvetta kuvaava liukkausluku.

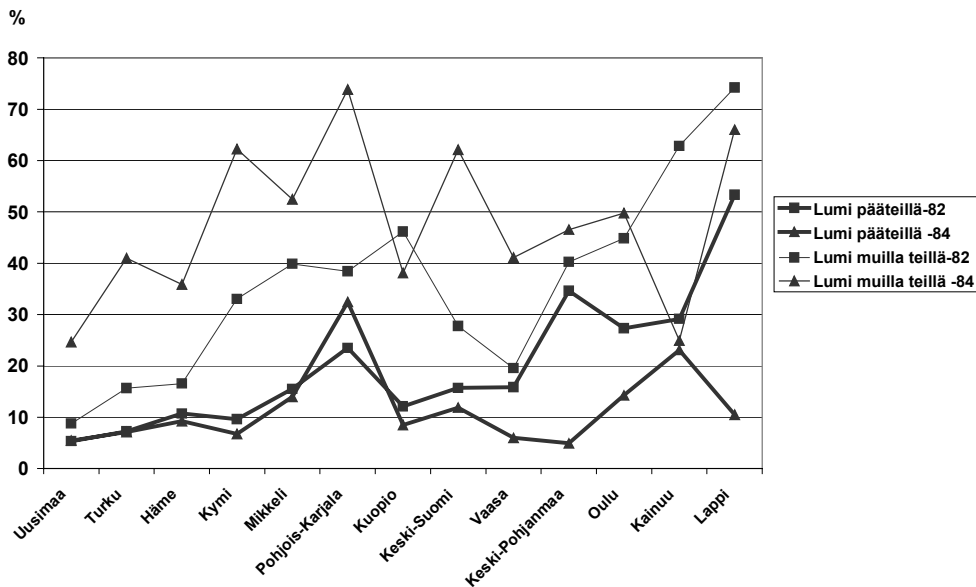
Lumiluvussa on laskettu yhteen lumisademäärä millimetreinä, yli 1 mm:n sateet 12 tunnin aikana, pyryjen lukumäärä, lumisadetapausten lukumäärä sekä lumen ajautumistilanteiden lukumäärä. Liukkausluvussa on laskettu yhteen jäätävien sateiden lukumäärä, suojalumisateiden lukumäärä, märän tien jäätymistapausten lukumäärä, jäätymispisteen ylitys-alitustapausten lukumäärä, jäätymispisteen alitustapausten lukumäärä, lämpöaaltotapausten lukumäärä, lauhtuminen ja tiivistyminen jääksi tapausten (erikseen hiekoitustarpeen ja suolaustarpeen aiheuttamat tapaukset) lukumäärä sekä lauhtuminen ja tiivistyminen jääksi tapausten (erikseen hiekoitustarpeen ja suolaustarpeen aiheuttamat tapaukset) lukumäärä.

Tässä luvussa Ilmatieteenlaitoksen lukujen käytettävyyttä on pyritty arvioimaan vertaamalla niitä Polvisen 1980-luvun tutkimuksiin. Vertailu on sikäli mielekäs, että Polvisen kaksi tutkimustalvea olivat hyvin erilaisia (toinen oli vähäluminen ja toinen runsasluminen) ja siten on mielenkiintoista nähdä, voidaanko tämä ero havaita Ilmatieteenlaitoksen tunnuslukujen avulla. Seuraavilla sivuilla esitettyihin kuviin on Ilmatieteenlaitoksen lumi- ja liukkauslukujen ohkeen on otettu myös kolme muuta tarkasteltavaa muuttujaa, jotka ovat:

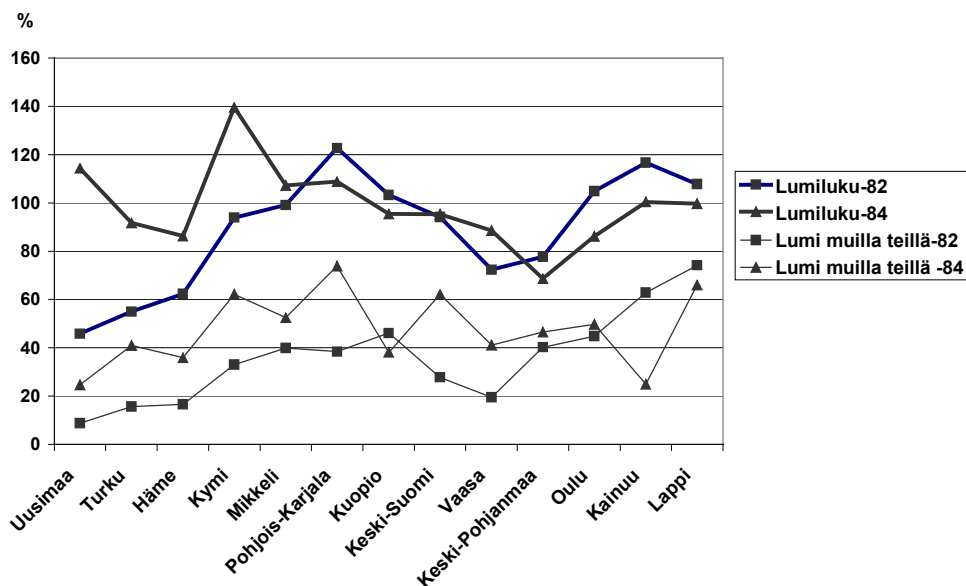
- Lumisumma: talven lumisademäärä millimetreinä yhteensä
- Lumikpl: Talven lumisadetapausten yhteismäärä
- Vesisade: Talven vesisademäärä millimetreinä yhteensä

### 4.3.1 Luminen keli

Polvisen mukaan pääteiden lumikelien suorite ei juurikaan vastaa muiden teiden lumikelien suoritetta (kuva 2). Kuvasta 2 voidaan havaita, että muiden teiden lumikelien suorite vastaa pitkälle Ilmatieteenlaitoksen käsitystä alueiden ja vuosien lumisuudesta. Pääteillä talvien lumisuuden ero ei juurikaan näy.

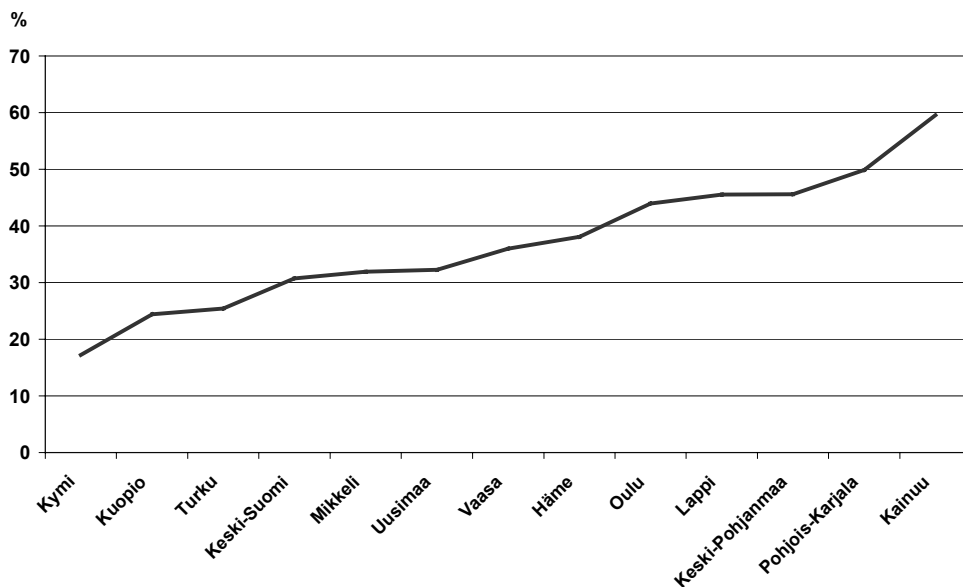


Kuva 2. Lumisen kelin liikennesuoritteiden osuus talvikausien (marras-maaliskuu) 1982–83 ja 1984–85 kaikkien kielten liikennesuoritteesta [Polvinen 1985] [Polvinen 1987].



Kuva 3. Ilmatieteenlaitoksen säähavaintoaineiston perusteella laskettu lumiluku, sekä lumikelien suhteosuus "muilla teillä" Polvisen mukaan. Lumiluku on tässä esitetty suhteena pitkän ajan keskiarvoon, jolloin luku 100 % vastaa koko maan pitkän ajan keskiarvoa. [Laine ym. 2000][Polvinen 1985] [Polvinen 1987].

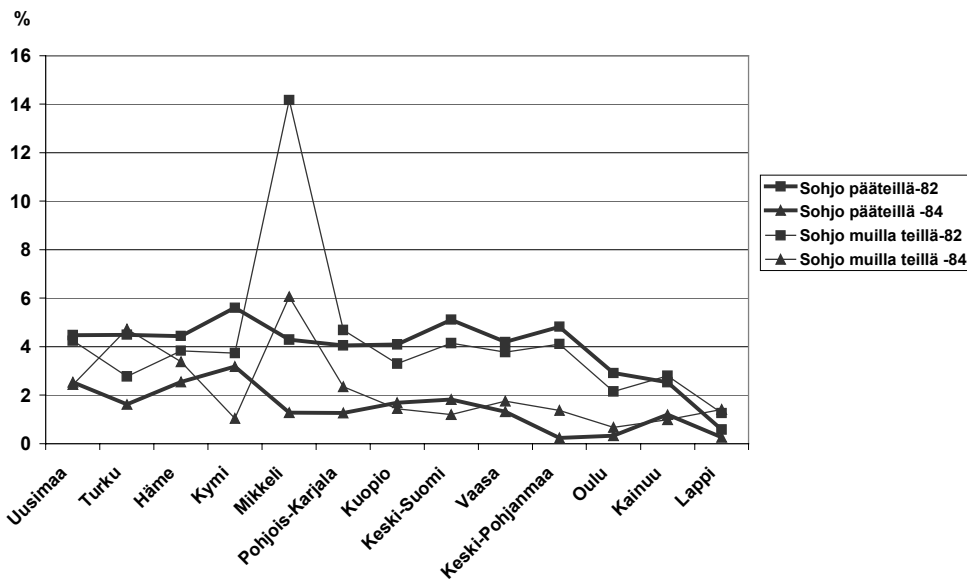
Jos tarkastellaan paljonko keskimäärin eri tiepiireissä pääteiden lumisten keliä osuus vastaa muiden teiden lumisten keliä osuutta, havaitaan, että rannikolla ja Kaakkois-Suomessa pääteillä on 20–40 % lumikelejä verrattuna sivuteiden vastaavaan määrään, kun taas Pohjois- ja Itä-Suomessa osuus on 40–60 % (kuva 4).



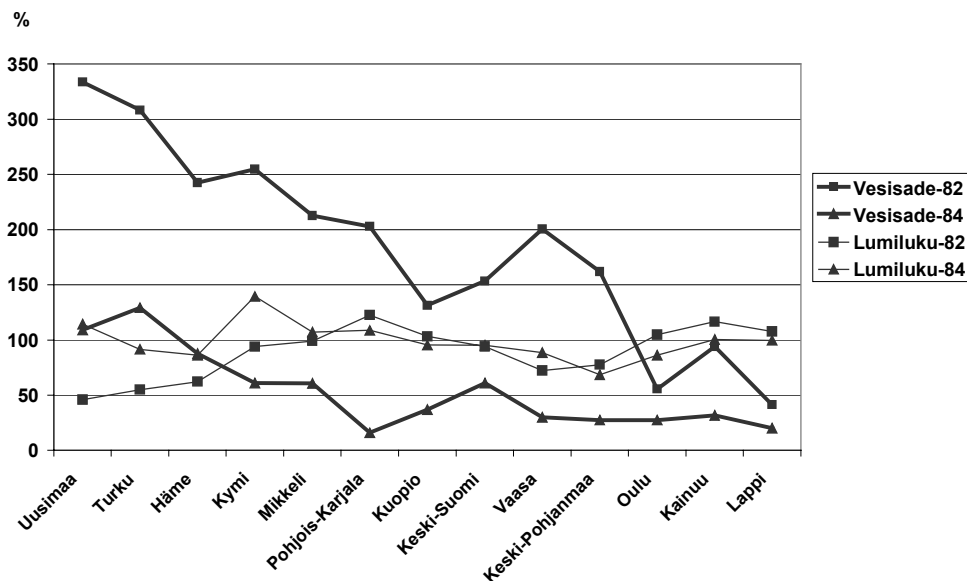
Kuva 4 Pääteiden lumisten keliä osuus jaettuna muiden teiden lumisten keliä osuudella [Polvinen 1985][Polvinen 1987]

### 4.3.2 Sohjoinen keli

Polvisen mukaan sohjoisen kelin osuus liikennesuoritteesta näkyisi olevan pääteillä ja sivuteillä samaa luokkaa (kuva 5). Mikkelin tiepiirin tuloksissa on ilmeisesti virhettä, sillä pääteiden liikennesuoritteiden yhteissumma eri keileillä nousi 110 %:iin. Voisi kuvitella, että virhe on sattunut juuri sohjoisen kelin osalla, mutta toisaalta muillakin teillä oli Mikkelin tiepiirissä poikkeuksellisen sohjoista. Käytettyjen Ilmatieteenlaitoksen tunnuslukujen osalta voidaan havaita, että sohjon vuosittainen vaihtelu vaikuttaisi korreloivan paremmin vesisateiden kuin lumen määrään. Käytetyt tunnusluvut ovat kuitenkin sohjon arviointiin riittämättömät.



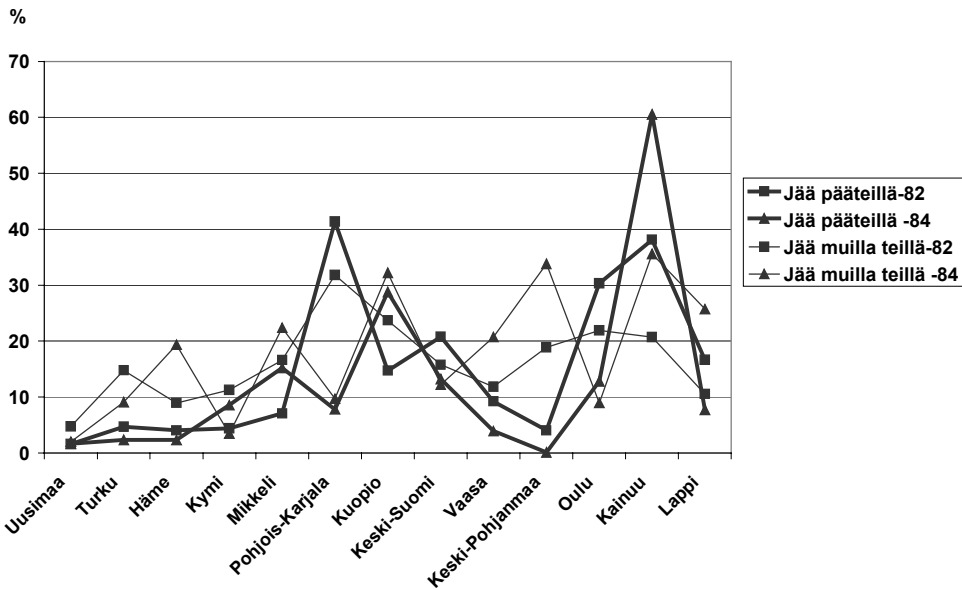
Kuva 5. Sohjoisen kelin liikennesuoritteiden osuus talvikausien (marras-maaliskuu) 1982–83 ja 1984–85 kaikkien kielten liikennesuoritteesta [Polvinen 1985] [Polvinen 1987].



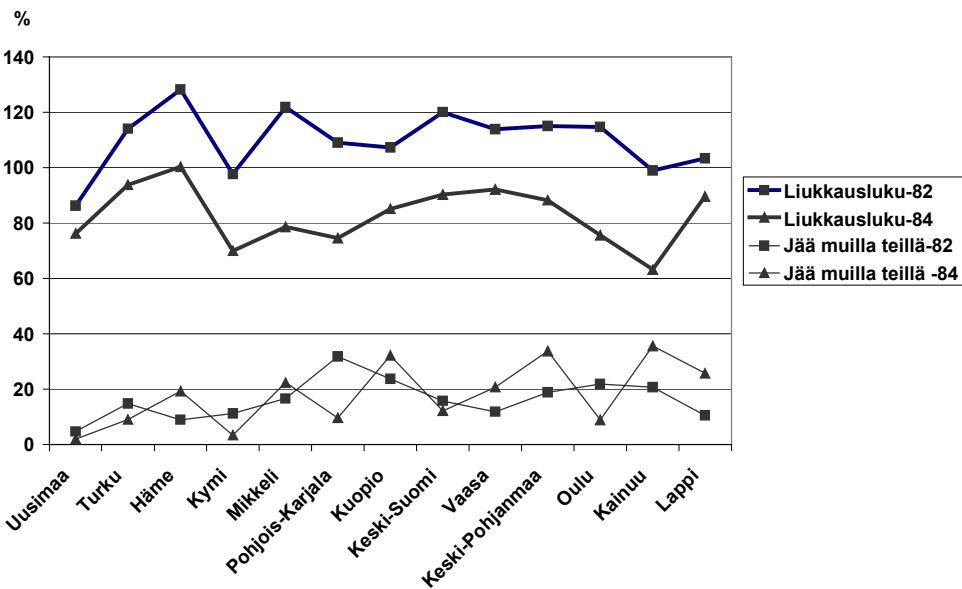
Kuva 6. Vesisateen kokonaismäärän ja ns. lumiluvun suhde pitkän ajan keskiarvoon eri tiepiireissä talvina 1982–82 ja 1984–85 [Laine ym. 2000][Polvinen 1985] [Polvinen 1987].

### 4.3.3 Jäinen keli

Arviot jäisten kelin osuuksista eri tiepiireissä vaihtelevat niin voimakkaasti, että herää kysymys, kuinka yhdenmukaisesti tutkimuksissa on jäinen keli erotettu muista keleistä. Etelä-Suomessa ja rannikolla jäisten kelien osuus päteillä on alhaisempi kuin muilla teillä, mutta Itä-Suomessa päätiet vaikuttavat jopa ajoittain muita teitä jäisemmiltä (kuva 7). Päätteiden jäisyys riippuu niin paljon liukkaudentorjunnan onnistumisesta, että sitä tuskin on mielekästä edes yrittää ilmastollisilla luvuilla arvioida. Liukkausluvun mukaan talvi 82–83 näyttäisi olevan selvästi talvea 84–85 jäisempi, mutta tätä eroa on mahdotonta havaita Polvisen kelihavaintojen perusteella.



Kuva 7. Jäisen kelin liikennesuoritteiden osuus talvikausien (marras-maaliskuu) 1982–83 ja 1984–85 kaikkien kielten liikennesuoritteesta [Polvinen 1985] [Polvinen 1987].



Kuva 8. Liukkausluvun suhde jäisen kelin suoritteeseen muilla teillä eri tiepiireissä talvikausina 1982–83 sekä 1984–85. [Laine ym. 2000][Polvinen 1985] [Polvinen 1987].

Liitteen luvussa II on vertailtu vielä Uudenmaan ja Turun piirin osalta

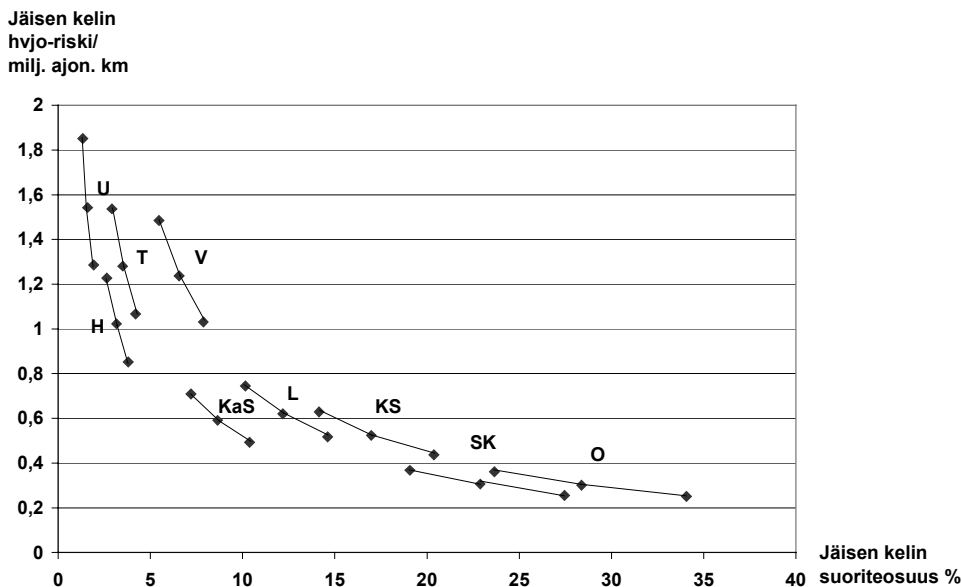
- Polvisen kelihavaintoja Ilmatieteenlaitoksen tunnuslukuihin
- Talvikelien hvj-onnettomuuksien jakautumista suhteessa säätunnuslukuihin

Vaikuttaa kuitenkin voimakkaasti siltä, että Ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukujen hyväksikäyttö kelisuoritteiden arvioinnissa on vaikeata.

## 5 TALVIKELIEN ONNETTOMUUSRISKIN KEHITYS

### 5.1 Eri tiepiirien riskien vertailua

Talvikelien riskien arviointia vaikeuttaa luotettavan kelisuoritearvion puuttuminen. Maan riskikehityksen seuraaminen onnistuu kuitenkin tietyllä tasolla suorite-epävarmuudesta huolimatta, kun tarkastellaan kuvaa talvikelin riskin ja kyseisen talvikelin suoriteosuuden suhteesta. Kuvassa 9 on verrattu jäisen kelin riskejä jäisen kelin suoriteosuuteen talvella 2001–02 (marrasmaaliskuu). Kuvassa kunkin piirin pääteiden jäisen kelin riskitasoa esittää viiva, joka yhdistää kolme pistettä. Näistä kolmesta pisteestä keskimääräinen kuvaa riskiä sillä jäisen kelin suoriteosuudella, joka saadaan laskemalla keskiarvo Polvisen talvien 1982–83 ja 1984–85 tutkimuksista. Ylempi piste kuvaa tilannetta, jossa suoriteosuus olisi 20 % arvioitua pienempi ja alempi tilannetta, jossa suoriteosuus olisi 20 % oletettua suurempi. Kuvasta voidaan siis päätellä, että suoritearvion epävarmuudesta huolimatta vaikuttaa jäisen kelin riski esim. Vaasan piirissä jääkelin suoriteosuuteen nähden hieman korkealta.

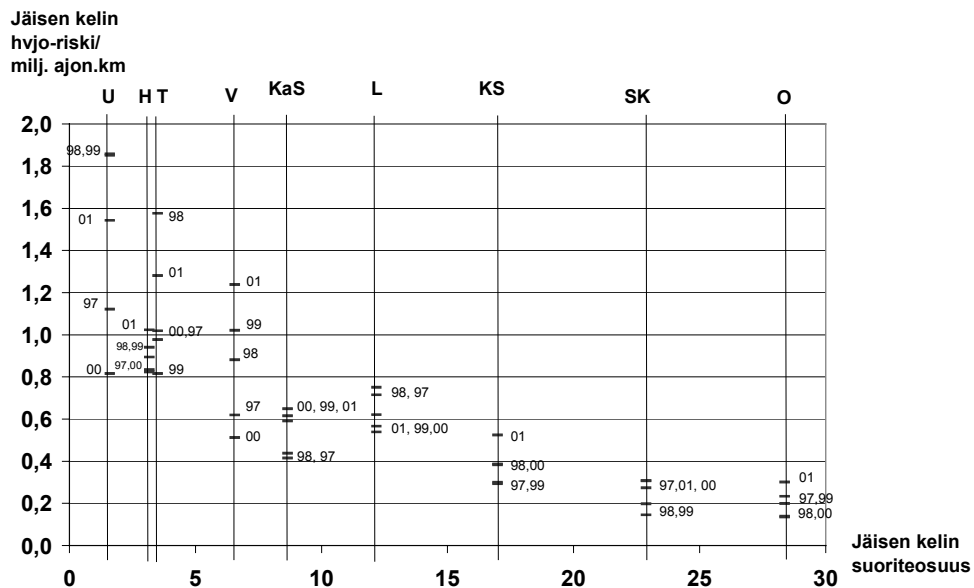


Kuva 9. Jäisen kelin hvjo-riskin suhde jäisen kelin suoriteosuuteen talvella 2001–02. Suoriteosuus on arvioitu Polvisen 1980-luvun tutkimusten pohjalta. Kuvaan on lisäksi laskettu 20 % suoriteosuuden vaihtelun vaikutus riskiin (kunkin viivan ylin ja alin piste).

Pääteiden jäisen kelin riskin vaihtelua eri tiepiireissä talvina 1997/98–2001/02 on arvioitu kuvassa 10. Jäisen kelin suoriteosuus on arvioitu vakioksi, joten eri piirien eri vuoden riskit osuvat aina pystysuorassa tasossa samalle viivalle. Arvio on sinänsä perusteltu, että tässä tutkimuksessa esitettyjen selvitysten valossa on oikeutettua olettaa, että talvihoito tasaa eri talvien kelisuoritetta niin paljon, että suoritteiden vaihtelu on huomattavasti

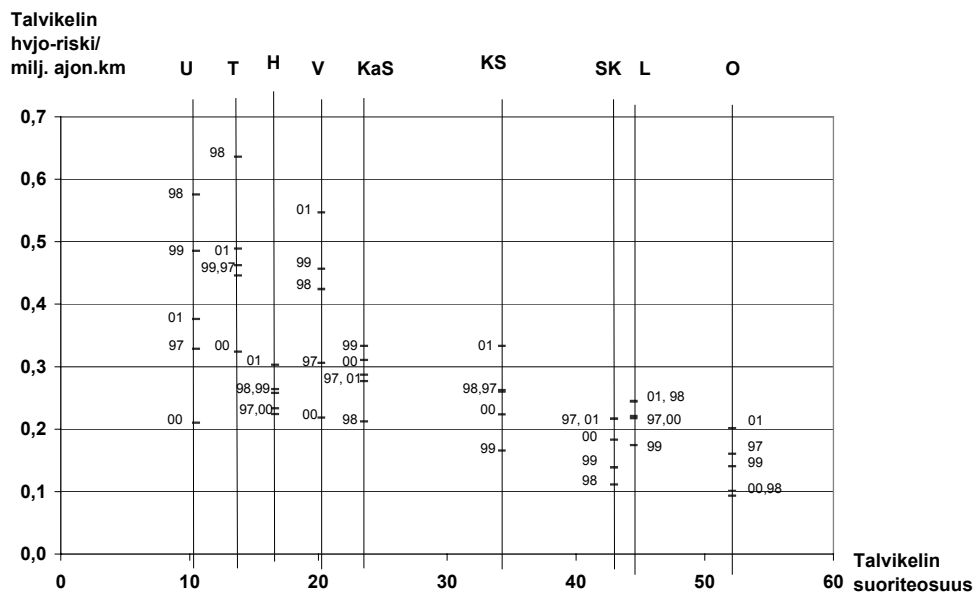


pienempää kuin säiden vaihtelu. Suoriteosuuden todellinen vaihtelu on mitä ilmeisimmin kuitenkin suurinta eteläisissä piireissä, koska niissä riskin vuosittainen vaihtelu näyttäisi suurimmalta.



Kuva 10. Pääteiden **jäisen kelin** riskin vaihtelua eri tiepiireissä talvina 1997/98–2001/02. Suoriteosuus on arvioitu Polvisen 1980-luvun tutkimusten perusteella.

Pääteiden talvikelien riskin vaihtelua eri tiepiireissä talvina 1997/98–2001/02 on arvioitu kuvassa 11.



Kuva 11. Pääteiden **talvikelin** riskin vaihtelua eri tiepiireissä talvina 1997/98–2001/02. Suoriteosuus on arvioitu Polvisen 1980-luvun tutkimusten perusteella.

Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien lukumäärä talvikeleillä on kasvanut talvikauden 2001–02 aikana (taulukko 18). Erityisesti lumisen ja jäisen kelin onnettomuusmäärät ja kuivaan keliin verratut suhteelliset riskit ovat nousseet talvikautena 2001–02.

*Taulukko 18. Hvj-onnettomuusmäärien ja suhteellisen riskin kehitys talvina 1990/91–2001/02. Riskien suhde perustuu Polvisen 1980-luvulla esittämiin kelisuoritteiden suhteisiin.*

Talvi	Hvj-onnettomuusmäärät				Suhteellinen riski		
	Kuiva	Luminen	Sohjoinen	Jäinen	Luminen/kuiva-riskisuhde	Sohjoinen/kuiva-riskisuhde	Jäinen/kuiva-riskisuhde
2001-02	138	232	100	726	3,0	15,6	21,9
2000-01	157	160	61	471	1,8	8,4	12,5
1999-00	130	166	105	569	2,3	17,4	18,2
1998-99	110	190	123	575	3,1	24,1	21,7
1997-98	137	190	93	484	2,5	14,6	14,7
1996-97	147	192	94	594	2,3	13,8	16,8
1995-96	106	174	80	737	2,9	16,3	28,9
1994-95	143	190	191	530	2,4	28,8	15,4
1993-94	151	158	116	724	1,9	16,6	19,9
1992-93	140	135	124	741	1,7	19,1	22,0
1991-92	150	140	191	696	1,7	27,5	19,3
1990-91	135	147	173	830	1,9	27,6	25,6

## 5.2 Talvikelien riski talven 2001–2002 talvihoidon laadunseuranta-aineiston perusteella

Luvussa 4 tarkasteltiin kelisuoritetta kolmen erilaisen tausta-aineiston pohjalta. Aineistoista luotettavimmalta vaikutti talvihoidon laadunseuranta-aineisto, varsinkin jos puhutaan ainoastaan talvikelien osuudesta, eikä pyritä arvioimaan talvikelien jakautumista lumiseen, sohjoiseen tai jäiseen keliin.

Seuraavassa talven 2001–02 talvikelisuoritteita ja onnettomuusriskejä on tarkasteltu talvihoidon laadunseuranta-aineiston pohjalta sekä piireittäin (taulukko 19) että hoitoluokittain (taulukko 20). Odotetusti talvikelien riski on korkein siellä, missä talvikelien osuus liikennesuoritteesta on pienin. Varsinkin riskisuhdetta (talvikelin riski/ kesäkelin riski) tarkasteltaessa hoitoluokkavertailu (taulukko 20) noudattaa tätä mallia paremmin kuin piirivertailu (taulukko 19). Piirivertailua häiritsee se, että kesäkeli-onnettomuuksien määrä pohjoisen piireissä on niin pieni, että niiden perusteella on vaikea tehdä mitään johtopäätöksiä. Lisäksi koska talvihoidon laadunseuranta-aineistoa ei oltu painotettu liikennesuoritteella, aiheuttaa tämä puute enemmän epävarmuustekijöitä piiritarkasteluun kuin hoitoluokkatarkasteluun, koska talvikeliolosuhteet yhden hoitoluokan sisällä eivät vaihtele niin paljoa kuin piirien sisällä.

Hoitoluokkiin Is ja I kuuluu lähinnä valta- ja kantateitä. Näiden hoitoluokkien teitä pyritään pääsääntöisesti pitämään talvella paljaana. Hoitoluokassa Ib ja Tlb (vastaava luokka taajaman alueella) hyväksytään talvisin pysyvä lumi-

pinta ja tiet pyritään pitämään kunnossa yleensä ilman suolaa. Hoitoluokkien II ja III tiet ovat pääosin pienempiä seutu- ja yhdysteitä, joissa talvisin vallitsee pääosin pysyvä lumi- tai jääpinta.

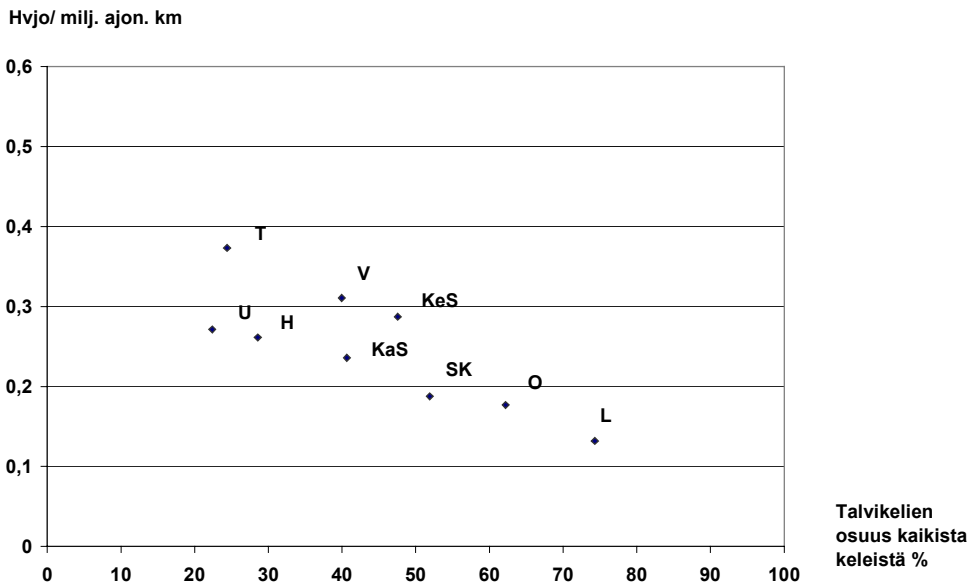
*Taulukko 19. Liikennesuorite ja henkilövahinkoon johtavan onnettomuuden riski kesä- ja talvikeleillä tiepiireittäin joulukuun 2001 ja maaliskuun 2002 välisenä aikana. Kelisuorite perustuu talvihoidon laadunseurannan yhteydessä kirjattujen kelikoodien jakaumaan. Kelikoodihavaintoja ei ole painotettu havaintosuukausien liikennesuoritteilla.*

	Liikennesuorite/ milj. ajon. km		Talvikelien osuus	Hvj-onnettomuudet		Hvj-onnettomuusriski/ milj. ajon. km		Riskisuhde
	Kesäkeli	Talvikeli		Kesäkeli	Talvikeli	Kesäkeli	Talvikeli	
Tiepiiri								
Uusimaa	1354	390	22,4 %	68	106	0,05	0,27	5,4
Turku	822	265	24,4 %	60	99	0,07	0,37	5,1
Kaakkois-Suomi	526	360	40,7 %	29	85	0,06	0,24	4,3
Häme	1081	432	28,6 %	36	113	0,03	0,26	7,9
Savo-Karjala	355	384	51,9 %	11	72	0,03	0,19	6,1
Keski-Suomi	269	244	47,6 %	18	70	0,07	0,29	4,3
Vaasa	474	315	40,0 %	22	98	0,05	0,31	6,7
Oulu	326	537	62,2 %	17	95	0,05	0,18	3,4
Lappi	108	311	74,3 %	2	41	0,02	0,13	7,1

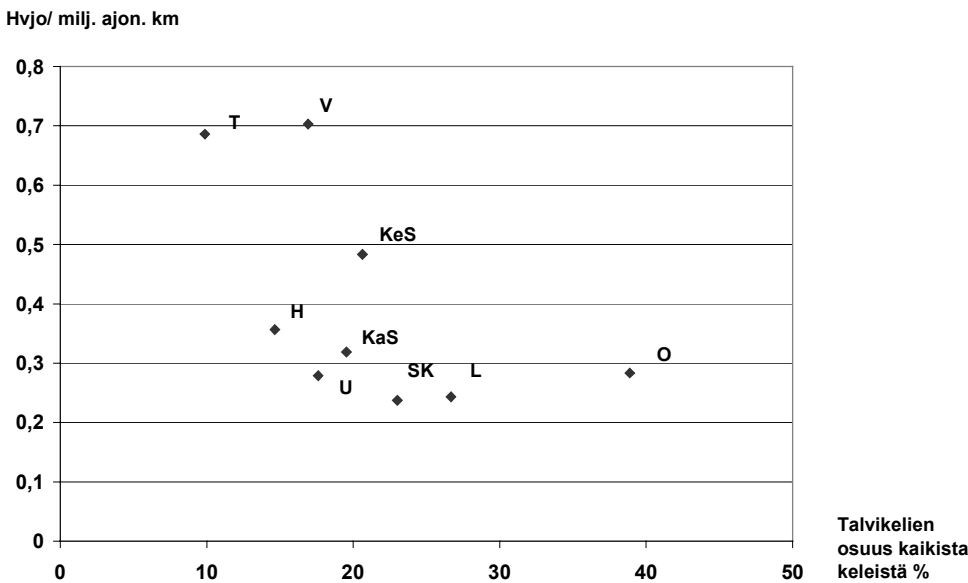
*Taulukko 20. Liikennesuorite ja henkilövahinkoon johtavan onnettomuuden riski kesä- ja talvikeleillä hoitoluokittain marraskuun 2001 ja maaliskuun 2002 välisenä aikana. Kelisuorite perustuu talvihoidon laadunseurannan yhteydessä kirjattujen kelikoodien jakaumaan. Kelikoodihavaintoja ei ole painotettu havaintosuukausien liikennesuoritteilla.*

	Liikennesuorite/ milj. ajon. km		Talvikelien osuus	Hvj-onnettomuudet		Hvj-onnettomuusriski/ milj. ajon. km		Riskisuhde
	Kesäkeli	Talvikeli		Kesäkeli	Talvikeli	Kesäkeli	Talvikeli	
Hoitoluokka								
Is	2710	541	16,6 %	132	184	0,05	0,34	7,0
I	1151	295	20,4 %	47	124	0,04	0,42	10,3
Ib + TIb	1090	861	44,1 %	50	229	0,05	0,27	5,8
II	312	1014	76,5 %	26	182	0,08	0,18	2,2
III	51	528	91,1 %	8	61	0,16	0,12	0,7

Kuvissa 12 ja 13 on tarkasteltu talvikelien riskiä suhteessa talvikelien osuuteen. Rannikon piirit ovat odotetusti kuviossa vasemmalla, tosin kuvassa 13 Vaasan tiepiirin Is ja I-hoitoluokkien talvikelien riski vaikuttaa hieman odotettua korkeammalta.



Kuva 12. Talvikeliä riski eri tiepiireissä suhteessa talvikeliä osuuteen marraskuun 2001 ja maaliskuun 2002 välisenä aikana. Kelisuorite perustuu talvihoidon laadunseurannan yhteydessä kirjattujen kelikoodien jakaumaan. Kelikoodihavaintoja ei ole painotettu havainto-osuuksien liikennesuoritteilla.



Kuva 13. Talvikeliä riski eri tiepiirien I<sub>s</sub> ja I-hoitoluokan teillä suhteessa talvikeliä osuuteen marraskuun 2001 ja maaliskuun 2002 välisenä aikana. Kelisuorite perustuu talvihoidon laadunseurannan yhteydessä kirjattujen kelikoodien jakaumaan. Kelikoodihavaintoja ei ole painotettu havainto-osuuksien liikennesuoritteilla.

## 6 POHDINTAA

### 6.1 Eri tutkimusten vertailusta

Sekä suomalaisissa että ruotsalaisissa tutkimuksissa päädytään johdonmukaisesti siihen päätelmään, että talvikelien onnettomuusriski on sitä suurempi, mitä pienempi on talvikelin suoriteosuus talven liikennesuoritteesta. Tosin Brude & Larsson totesivat ruotsalaistutkimuksessa 1981, että jää- ja lumikelien riski olisi suurimmillaan silloin, kun talvikelien osuus talvikuukausien keleistä oli 15 %, mikä käytännössä tarkoittaisi sitä, että riski jälleen alenisi, kun talvikelejä olisi hyvin harvassa. Toisaalta viimeaikaisimmat ruotsalaiset tutkimukset ovat jyrkästi kiistäneet tämän havainnon.

Suomalaisissa talvien 1982–83 ja 84–85 (marras-maaliskuu) olosuhteita selvittäneissä tutkimuksissa havaittiin, että talvikelien yhteenlaskettu osuus jäi talvella 1982–82 alle 15 %:n vain Uudenmaan pääteillä (11,4 %) ja talvella 1984–85 Uudenmaan (9,6 %), Turun (11,0 %) ja Hämeen (14,1 %) piirin pääteillä. Suomalaisissa 1980-luvun havaintoihin perustuneissa riskitarkasteluissa Uudenmaan piirin riski oli korkein, mutta tässä raportissa myöhemmin tehtyjen tarkastelujen perusteella Uudenmaan piirin talvikelin tai jäisen kelin riski on viime vuosina ollut ajoittain alhaisempi kuin hieman talvisemmissä Turun ja Hämeen piireissä.

Suomalaisissa 1970–90 luvun tutkimuksissa lumisen kelin onnettomuusriski on ollut 1–2-kertainen, sohjoisen kelin 2–10-kertainen ja jäisen kelin 6–20-kertainen paljaaseen talvikeliin nähden. Suomalaisissa tutkimuksissa on poikkeuksetta pidetty jääkeliä vaarallisimpana kelinä, mutta Ruotsissa irtolumi- ja sohjokelit ovat tietyissä tutkimuksissa olleet yhtä vaarallisia tai jopa vaarallisempia kuin jääkelit. Kaikkien onnettomuuksien riskien vertailussa on kuitenkin ongelmana onnettomuuksien tilastointi, minkä Wallmanin, Wretlingin ja Öbergin ruotsalainen tutkimus vuodelta 1997 paljastaa selvästi. Tutkimuksen mukaan kaikkien onnettomuuksien riski kasvaa kymmenkertaiseksi, mikäli poliisin raportointien onnettomuuksien sijasta käytetään esim. vakuutusyhtiöiden raportoimia onnettomuuksia.

Wallmanin 1990-luvun puoliväliin perustuneeseen tilanteeseen pohjautuvat laskelmat kertovat, että Ruotsissa talvikelien hvj-riskit olisivat lumella ja sohjolla 7-kertaiset talviajan kuivaan keliin verrattuna ja jääkelin riskit 8,5-kertaiset. Evensenin mukaan Norjassa 1990-luvun alussa lumikelin riski olisi ollut 2,5-kertainen kuivaan ja paljaaseen talvikeliin verrattuna, sohjoisen kelin 1,5-kertainen ja jäisen 4,4-kertainen. Suomessa talvella 1984–85 hvj-riskisuhteet olivat vastaavasti lumella 1,4, sohjolla 10,6 ja jääkelillä 14,1. Luvussa 5.1 tehty tarkastelu osoittaa, että 90-luvulla yleinen turvallisuuskehitys on vähentänyt sekä kuivan että talvikelien onnettomuusmääriä Suomessa samassa suhteessa. Vaikuttaa siis siltä, ettei liikenneturvallisuuden paraneminen ei ole vaikuttanut tähän suhteeseen suuresti.

Vertailtaessa suomalaisia tutkimuksia Pohjoismaisiin tutkimuksiin kiinnittyy huomio erityisesti siihen, että Suomessa jäisen kelin riski suhteessa kuivan kelin riskiin on huomattavan korkea muihin Pohjoismaisiin tutkimuksiin verrattuna. Tähän kuitenkin vaikuttaa yhtä lailla Suomen korkea jäisen kelin riski, kuin Suomen erittäin matala paljaan kelin riski talvi-aikana. Lisäksi tiedetään, että tyyppillisten talvikelien, eli erilaisten polannekelien jakaminen karkeasti lumi- tai jääkeleihin on erittäin vaikeaa, joten tässä lienee selkeitä määrittelyeroja eri Pohjoismaiden välillä.

## 6.2 Talvikelien onnettomuusriskeistä

Talvikelien onnettomuusriskin arvioimisessa on mitä ilmeisimmin tärkeää nähdä riski suhteessa talvikelin osuuteen, sillä niin kotimaisten kuin muiden pohjoismaisten tutkimusten valossa yhteys korkean riskin ja alhaisen talvikelin suoriteosuuden välillä on kiistaton. Tämä tarkoittaa käytännössä esim. sitä, että talvikelien riski Lapissa on aina selvästi alhaisempi kuin Uudellamaalla. Näitä riskejä tuskin kannattaa samalle tasolle saada, mutta tärkeämpi kysymys on se, mikä on hyväksyttävä riskitaso tietyllä talvikelien suoriteosuudella ja miten tällaiseen riskitaso saavutetaan? Lisäksi talvihoidon kannalta keskeiseksi nousee jäisen kelin riski, koska jäinen keli on enemmän liukkaudentorjunnallinen eli liikenneturvallisuuskysymys, kun taas lumen ja sohjon poisto on vahvasti myös sujuvuuskysymys. Lisäksi keskeisimmät liukkaudentorjuntakysymykset koskevat ennen muuta eteläisen rannikon pääteitä, joissa jäisen kelin riski on suurin.

Polvisen mukaan jäisen kelin osuus pääteillä oli 1980-luvun puolivälissä Uudellamaalla talvikaudella (marras-maaliskuu) vajaa 2 % ja Turun ja Hämeen piireissä 2–4 %. Tämän johdosta kaikkien onnettomuuksien riski olisi rannikon pääteillä ollut jäisellä kelillä 50–100-kertainen paljaaseen keliin verrattuna. Talvikauden 2001–2002 talvihoidon laadunseurannan perusteella jäisen kelin osuus kahdessa ylimmässä hoitoluokassa olisi karkeasti arvioiden Uudellamaalla 5–10 %, Turussa 3–6 % ja Hämeessä 4–9 %, kun huomioidaan keliluokitukseen liittyvät epävarmuustekijät: se, ettei kelikoodeja ole painotettu liikennesuoritteella sekä Polvisen tutkimuksia lyhyempi seurantakausi. Tiehallinnon kuuden tunnin keliennusteen mukaan Uudenmaan piirissä ajettiin talvina (marras-maaliskuu) 1999–2002 liikennesuoritteesta 2–5 % sellaisten ennusteiden voimassa ollessa, jotka ennustivat pääteille jatkuvaa liukkautta ja peräti 15–24 % sellaisten ennusteiden voimassa ollessa, jotka ennustivat paikoittaista tai jatkuvaa liukkautta.

Wallmanin kuvassa 1 esittämä Ruotsin kaikkien onnettomuuksien onnettomuusriski suhteessa kuivan kelin riskiin antaa mielenkiintoisen vertailukohdan suomalaiseen onnettomuusriskitarkasteluun. Jos oletetaan että etelän pääteillä jäisen kelin osuus olisi todennäköisimmin 4–5 % ja paljaan ja kuivan kelin osuus 55–70 % ja vastaavasti jäisen kelin onnettomuusmäärän suhde paljaan ja kuivan kelin onnettomuuksiin on tyyppillisesti etelän

pääteillä 2–3-kertainen saadaan tulokseksi, että Suomessa etelän pääteillä jäisen kelin kaikkien onnettomuuksien riski on 30–50-kertainen kuivan kelin onnettomuusriskiin. Wallmanin mukaan Ruotsissa kyseinen riskisuhde on vain 8-kertainen, jos jäisen kelin ("tunn is") osuus on 5–6 % suoritteesta.

Suomessa poliisi jakaa talvikelit lumiseen, sohjoiseen ja jäiseen keliin. Ruotsissa kolme talvikeliluokkaa ovat:

1. Lumipolanne tai paksu jää (packad snö eller tjock is)
2. Ohut jää tai kuura (tunn is eller rimfrost)
3. Irtolumi tai sohjo (lös snö eller snömodd)

Yleisesti tunnetaan, että musta jää (suoraan päällysteen pinnalle jäänyt kosteus) on valkoista jäätä (lumikerroksen päälle jäänyt kosteus) vaarallisempaa, koska musta jää on vaikeampaa havaita. Suomessa poliisi joutuu ilmeisimmin jakamaan lumipolannekelit niiden liukkauden mukaan jäiseen tai lumiseen keliin, joten suomalainen jäinen keli sisältää sekä mustaa että valkoista jäätä. Ruotsissa lumipolanteelle ja paksulle jäälle on oma kelikoodinsa, joten ilmeisimmin keliluokka "ohut jää tai kuura" pitää sisällään enemmän mustaa jäätä, kuin Suomen "jäinen" keli. Tämän perusteella tuntuu entistä yllättävämmältä että Suomen jäinen keli olisi vaarallisempaa kuin Ruotsin "ohut jää tai kuura"!

Eri hoitoluokkien talvikelien riskejä vertailtiin tutkimuksessa talven 2001–2002 talvihoidon laadunseuranta-aineiston perusteella. Odotetusti ylimmissä hoitoluokissa, missä talvikelejä oli vähemmän, henkilövahinkoon johtaneiden talvikelien riski oli korkeampi kuin alemmissä hoitoluokissa, missä talvikelejä on enemmän. Ehkä hieman yllättäen ylimmän hoitoluokan Is talvikelien riski on matalampi kuin I-luokan, vaikka Is-luokassa talvikelejä on vähemmän. Selittäväksi tekijäksi saattaa muodostua erilaiset tiettyypit. Is-tiet ovat usein 4-kaistaisia moottoriteitä, joissa ajoradat on erotettu toisistaan keskisaarekkeella. Näin liukastelu Is-teillä johtaa harvemmin vakaviin kohtaamisonnettomuuksiin kuin tyypillisesti kaksikaistaisilla I-hoitoluokan teillä. Tämän perusteella juuri kaksikaistaisten I-hoitoluokan teiden talvihoidon tehostaminen tuntuisi hedelmällisimmältä.

### 6.3 Muuta

Tässä tutkimuksen talviajan liikenneturvallisuutta tarkasteltiin kahdesta eri näkökulmasta:

- vertailemalla Pohjoismaisia talviajan liikenneturvallisuustutkimuksia
- tarkastelemalla talviajan onnettomuusriskejä uusien talvikelien suoriteaineistojen perusteella

Vastaavanlaajuista pohjoismaista vertailua ei maassamme ole tehty milloinkaan aiemmin, eikä vastaavanlaajuista talviajan onnettomuusriskitarkastelua

17:ään vuoteen. Tämän tutkimuksen tekijän näkökulmasta uutta aineistoa talviajan liikenneturvallisuustutkimukseen tuli niin paljon, että suppeiden tutkimusresurssien vuoksi aineiston analysointi tuntui jääneen osittain kesken-eräiseksi. Keskeisimmiksi kysymyksiksi jäivät:

- talvihoidon laadunseuranta-aineiston syvempi analysointi. Aineisto tulisi analysoida uudestaan siten, että havaintoja painotetaan havaintosuukien liikennesuoritteilla. Lisäksi aineiston perusteella olisi ollut mielenkiintoista mm. tarkastella talvikelien riskejä eri tieluokissa ja eri tietyyypeillä.
- talvikelisuoriteaineistojen luotettavuuden tarkempi arviointi. Olisi ollut kiinnostavaa tutkia, miten poliisin onnettomuusilmoitusten keliarviot suhtautuvat talvihoidon laadunseurannan ja kuuden tunnin keliennusteen keliarvioihin ja miten toisaalta talvihoidon laadunseurannan ja kuuden tunnin keliennusteen keliarviot suhtautuvat tapauskohtaisesti toisiinsa.
- Tiehallinnon kuuden tunnin keliennusteen analysointi pidemmälle. Tällä tutkimuksella saatiin alustava kuva keliennusteen soveltuvuudesta keli-suoritteen muodostamiseen, mutta materiaalia ei kyetty vielä käyttämään eri vuosien, eri tiepiirien ja ylempien hoitoluokkien riski-vertailuun, mihin periaatteessa aineiston pitäisi riittää. Mikäli aineisto lisäanalyysien jälkeen tuntuu kyllin luotettavalta, keliennusteen pohjalta voidaan tarvittaessa kehittää ohjelma, jonka avulla on mahdollista saada reaaliaikaisesti kelisuoritearvio eri alueilla.
- Suomen ja Ruotsin jäisen kelin onnettomuusriskin erojen syyt. Tutkimus edellyttäisi syvällisempää tutkimustyötä siitä, minkälaisilla tietyyypeillä, minkälaisissa hoitoluokissa ja sääolosuhteissa sekä millaisten muiden olosuhdetekijöiden vallitessa jäisen kelin onnettomuudet Suomessa ja Ruotsissa syntyvät.
- Pidemmällä tähtäimellä tulisi myös onnettomuusriskien avulla saada tarkempaa kuvaa optimaalisesta jäisen kelin osuuden ja liikennemäärän suhteesta. Missä vaiheessa paljaan tien politiikka kannattaa ja milloin jääpinta voidaan hyväksyä? Milloin liikenne on niin vähäistä, että kohtaamisonnettomuuksien riski talvikелеillä laskee kyllin alhaiseksi?

Lisäksi olisi tutkittava, mikä tarkkaan ottaen on aiheuttanut talvikelien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien ja talvikelien hvj-onnettomuusriskin kasvun talvikaudella 2001–02.



## YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa on talviajan liikenneturvallisuutta ja talvikeleihin liittyvää onnettomuusriskiä tarkasteltu kahdella eri tavalla:

- kirjallisuustutkimuksena vertailemalla keskenään pohjoismaisia talvikelien onnettomuusriskejä käsitteleviä tutkimuksia
- arvioimalla eri kielten onnettomuusriskejä Suomessa erilaisten talvikelien suoriteaineistojen perusteella.

Pohjoismaisten talviajan liikenneturvallisuutta ja talvikelien riskejä käsitellessä tutkimusten vertailu toi esiin sekä yhdenmukaisia että toisistaan eroavia tuloksia. Suomalaisissa ja ruotsalaisissa tutkimuksissa todettiin yhdenmukaisesti, että talvikelien onnettomuusriski on sitä suurempi, mitä pienempi talvikelien suoriteosuus on talven liikennesuoritteesta. Toisaalta yksittäisten talvikelien riskitarkastelu osoitti, että Suomessa jäisen kelin onnettomuusriski suhteessa kuivaan keliin olisi huomattavan korkea suhteessa ruotsalaisiin ja norjalaisiin tutkimuksiin. Tähän vaikuttaa sekä Suomen selvästi korkeampi jäisen kelin riski, että hieman matalampi kuivan kelin riski. Koska erilaisten polannekelien jakaminen lumi- tai jääkeleihin on vaikeaa, saattavat kielten tulkintaerot ainakin osittain myös selittää onnettomuusriskeissä havaittuja eroja.

Tutkimuksessa pyrittiin arvioimaan eri kielten onnettomuusriskejä Suomessa kolmen erilaisen kelisuoriteaineiston avulla:

- talvikauden 2001–02 teiden laadunseurannan yhteydessä tehdyn keliuokituksen perusteella
- Tiehallinnon ns. kuuden tunnin keliennusteen perusteella
- Ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukujen perusteella.

Laadunseurannan yhteydessä tehty keliuokitus vaikutti varsin luotettavalta kun tarkasteltiin kaikkien talvikelien osuutta talvikauden keleistä, mutta keliennusteen jaottelu lumiseen, sohjoiseen ja jäiseen oli vaikeata. Keliennusteen jaottelua vaikeutti se, ettei koodeista pystynyt suoraan erottamaan jäistä ja lumista keliä toisistaan. Laadunseuranta-aineiston tulkintaa hankaloitti myös se, ettei keliennusteen aineistoa ollut mahdollista painottaa havainto-osuuksien liikennesuoritteilla. Menetelmä sinänsä, ihmissilmin tapahtuva keliuokitus, lienee kuitenkin tällä hetkellä edelleen luotettavin.

Myös Tiehallinnon kuuden tunnin keliennusteen keliarvioita oli vaikea jakaa kolmelle kelille: lumiselle, sohjoiselle ja jäiselle. Lisäksi keliennustekoodien tulkintaa vaikeutti se, että useampia eri kelikoodeja käytettiin samanaikaisesti. Vaikka aineiston perusteella lasketut eri talvikelien osuudet poikkesivat jonkin verran odotetusta, olivat aineiston perusteella havaitut vuosittaiset ja

alueelliset kelivaihtelut varsin loogisia. Sen vuoksi aineisto saattaisi pidemmälle analysoituna ja oikein tulkittuna tuottaa hyvinkin kelvollista kelisuoritetietoa.

Ilmatieteenlaitoksella tutkimuksen "Sää ja talvihoito" yhteydessä tuotettuja säätunnuslukuja yritettiin myös käyttää hyväksi vuosittaisten keliolosuhteiden vaihtelun arvioinnissa. Ainoastaan sivuteiden lumisuudella ja säätunnusluvuilla havaittiin jonkinasteista yhteyttä, mutta muuten säätunnuslukujen ja todellisen kelin yhteys oli olematon.

Tehtyjen analyysien perusteella vaikutti siltä, että:

- Talvikelien riski talvikautena 2001–02 oli kasvanut selvästi eri puolilla maata aikaisempiin vuosiin verrattuna. Talvikelillä tapahtuneiden henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien lukumäärä kasvoi jopa 50 % edelliseen talveen verrattuna!
- Talvikelien hvj-onnettomuusriski on pääsääntöisesti sitä pienempi mitä suurempi on talvikelien osuus, mutta poikkeuksellisesti ylimmässä I-hoitoluokassa riski on ilmeisemmin pienempi kuin I-hoitoluokassa. Tämä johtunee siitä, että I-tiet ovat usein turvallisempia kaksi-ajorataisia moottoriteitä.
- Talvikelien hvj-riski on edelleen suurin rannikon pääteillä ja talvikelien osuus huomioiden erityisen korkea Vaasan tiepiirin pääteillä.

Talvihoidon laadunseuranta-aineiston ja Tiehallinnon kuuden tunnin kelienusteen perusteella vaikutti siltä, että jäisen kelin suoriteosuus olisi hieman suurempi kuin Pentti Polvisen 1980-luvulla johtaman talvikelien suorite- ja riskikartoituksen yhteydessä laskettiin. Tämä tarkoittaisi sitä, että jäisen kelin riski olisi jonkin verran aiemmin arvioitua pienempi, eli käytännössä etelän pääteillä jäisen kelin riski olisi 30–50-kertainen kuivan ja paljaan kelin riskiin verrattuna. Ruotsalaisen Carl-Gustaf Wallmanin mukaan Ruotsissa jäisen kelin riski on kuitenkin vain 8-kertainen vastaavilla jäisen kelin suoriteosuuksilla!

Tutkimuksessa suositellaankin, että jatkossa selvitetäisiin tarkemmin Suomen ja Ruotsin jäisen kelin onnettomuusriskin erojen syyt. Olisi tutkittava, minkälaisissa hoitoluokissa ja sääolosuhteissa sekä millaisten muiden olosuhdetekijöiden vallitessa jäisen kelin onnettomuudet Suomessa ja Ruotsissa syntyvät. Lisäksi tutkimuksessa suositellaan, että käytettyjen talvikelisuoriteaineistojen luotettavuutta tutkittaisiin pidemmälle, jotta voitaisiin paremmin ymmärtää, kuinka pitkälle vieviä johtopäätöksiä niiden perusteella voidaan tehdä. Lisäksi olisi kiireesti tutkittava, mikä on aiheuttanut talvikelien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrän kasvun talvikaudella 2001–02.

## 7 LÄHDELUETTELO

- Alppivuori, K., Kanner, H., Mäkelä, K. & Kallberg, V-P. 1995. Nastarenkaiden käytön ja talvikunnossapidon yhteiskunnallinen optimointi. Helsinki: Tielaitos. (Tielaitoksen tutkimuksia 4/1995). 82 s. ISBN 951-726-081-4.
- Andersson, K. 1978. Kemisk halkbekämpning. Effekt på trafikolyckor. Linköping 1978. VTI rapport 145.
- Brude, U. & Larsson, J. 1981. Samband vintertid mellan väderlek – väglag – trafikolyckor. Lindköping. VTI rapport 210.
- Elvik, R., Mysen, A.B. & Vaa, T. 1997. Trafiksikkerhetshåndbok (Traffic safety manual). Oslo: Transportekonomisk institut.
- Evensen, R. 1996. Veg-grepsprosjektet, konsekvenser av enkle strategier, Delsprosjekt 5.15. Statens vegvesen, Intern rapport nr. 1918.
- Hemdorff, S., Leden, L., Sakshaug, K., Salusjärvi, M. & Schandersson, R. 1989. Trafiksäkerhet och vägytans egenskaper (TOVE). Slutrapport. Espoo. VTT tiedotteita 1075. 75 s. ISBN 951-38-3626-6.
- Hvoslef, H. 1986. Traffic accidents and accident risk in the wintertime in Norway. Norwegian Public Roads Administration. Oslo.
- Kallberg, V-P. 1981. Raskaiden ajoneuvojen onnettomuudet liikennevahinkojen tutkijalautakuntien aineistossa. Espoo. VTT, tie- ja liikennelaboratorio, tiedotteita 29/1981.
- Kallberg, V-P. 1983. Kestopäällysteen vaikutus liikenneonnettomuuksiin. Espoo. VTT:n Tie- ja liikennelaboratorion tutkimusselostus 391/1983. 61 s.
- Kulmala, R. & Peltola, H. 1985. Traffic safety in the dark on public roads in Finland. Espoo. VTT tiedotteita 301. 51 s. + 14 liites. ISBN 951-38-1925-6.
- Laine, V., Ehrola, E., Venäläinen A. 2000. Sää ja talvihoito. Tutkimus uuden sääindeksin tekemiseksi. Tielaitoksen selvityksiä 22/2000. 106 s. + 39 liites. ISBN 951-726-640-5.
- Malmivuo, M. & Peltola, H. 1997. Talviajan liikenneturvallisuus - Tilastollinen tarkastelu 1991–1995. Tielaitoksen selvityksiä 6/1997. 71 s + liit. 21 s. ISBN 951-726-317-1.
- Malmivuo, M., Kärki, O. & Mäkinen, T. 2000. Teiden kunnossapidon yhteys liikenneturvallisuuteen. Helsinki. Tielaitoksen selvityksiä 57/2000. 76 s. + liitteet. ISBN 951-726-705-3.
- Möller. 1988. Beräkning av olyckskvot vid olika väglag i vintertid med hjälp av schabloner. VTI meddelande 584. Linköping.

- Möller, S., Wallman, C-G. & Gregersen, N.P. 1991. Vinterväghållning i tätort – trafiksäkerhet och framkomlighet. TFB & VTI forskning/research 2. Linköping.
- Nilsson, G. 1974. Vintertrafikproblem. Linköping. VTI.
- Nilsson, G. 1976. Olyckskvot som trafiksäkerhetsmått. Olyckskvotens variation under olika väglags- och ljusförhållanden. VTI rapport 73.
- Nilsson, G. 1986. Halkolyckor – förekomst och konsekvenser. VTI rapport 291. Linköping.
- Nilsson, G. & Obrenovic, A. 1998. Seasonal speed limits. VTI rapport 435A. 31 s + liitteet.
- Polvinen, P. 1985. Talvikeliön onnettomuusriskit. Helsinki. TVH, Ins toimisto Pentti Polvinen Ky. 43 s. (TVH 741822). ISBN 951-46-7288-7.
- Polvinen, P. 1987. Talvikeliön onnettomuusriskit II. Helsinki. TVH, Ins toimisto Pentti Polvinen Ky. 24 s. + liitteet. (TVH 741843). ISBN 951-46-9760-x-7.
- Roine, M. 1982. Laskelma talvihoitotoimenpiteiden teoreettisesta suurimmasta vaikutuksesta turvallisuuteen. Helsinki 1982. TVH, liikennetoimisto.
- Saastamoinen, K. 1994. Liikennemäärät eri kelioloissa – tiesääasemien keli-tiedon ja liikenteen automaattisilta mittauspisteiltä saadun liikennetiedon perusteella. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 14/1994. Helsinki. 27 s + liit. 22 s.
- Sibakov, M., Keskinen, E. & Varis, A. 1999. 1991–96 tutkijalautakuntien turvallisuusehdotukset – arviointi. VALT. Helsinki. 17 s + liitteet. ISBN 951-9330-91-7.
- Tiehallinto. 2001. Onnettomuusrekisteri. Julkaisematon.
- TVH. 1980. Vallitsevan sään ja liikenneonnettomuusriskin välinen riippuvuus. TVH, liikennetoimisto, Kehittämistoimisto Oy Erg Ab. Helsinki. 47 s + liitteet. TVH 741972. ISBN 951-46-4647-9.
- TVH. 1983. Kunnossapidon laatutasotutkimus. Projekti 7, kunnossapito ja liikenneturvallisuus. Esiselvitysraportti. Helsinki. 14 s. TVH 741929.
- TVH. 1984. Kunnossapito ja liikennesuoritteet eri olosuhteissa. TVH, Kunnossapitotoimisto. Insinööritoimisto Pentti Polvinen Ky. Helsinki. 24 s + liitteet. ISBN 951-46-7174-0.
- Vaa, T., Sakshaug, K. & Resen-Fellie, O. 1995. Road salting and traffic safety. 14 s.

Valtonen, J. 1986. Tutkimus nastarenkaiden liikenneturvallisuus- ja kustannusvaikutuksista. Helsinki. Liikenneturva. 218 s. (Tutkimusosaston julkaisuja 79/1986). ISBN 951-9151-06-0.

Wallman, C-G., Wretling, P. & Öberg, G. 1997. Effects of Winter Road Maintenance. VTI rapport 423A. 147 s.

Wallman, C-G. 1999. Olycksrisker vid olika väglag vintern 1996/97. VTI notat 36-1999. 10 s + liitteet.

Wallman, C-G. 2002. Tema Vintermodell 12.6.2002 kokouksessa jaettu muistio.

Öberg, G., Gustafson, K. & Axelson, L. 1991. Effektivare halkbekämpning med mindre salt. MINSALT-projekts huvudrapport. VTI rapport 369. Linköping.

Öberg, G., Nilsson, G. ym. 1997. Fotgångarens och cyklisters singelolyckor. VTI meddelande 799, Linköping.

## 8 LIITTEET

## LIITE I Kelisuorite pääteillä talvihoidon laadunseurannan ja Polvisen mukaan

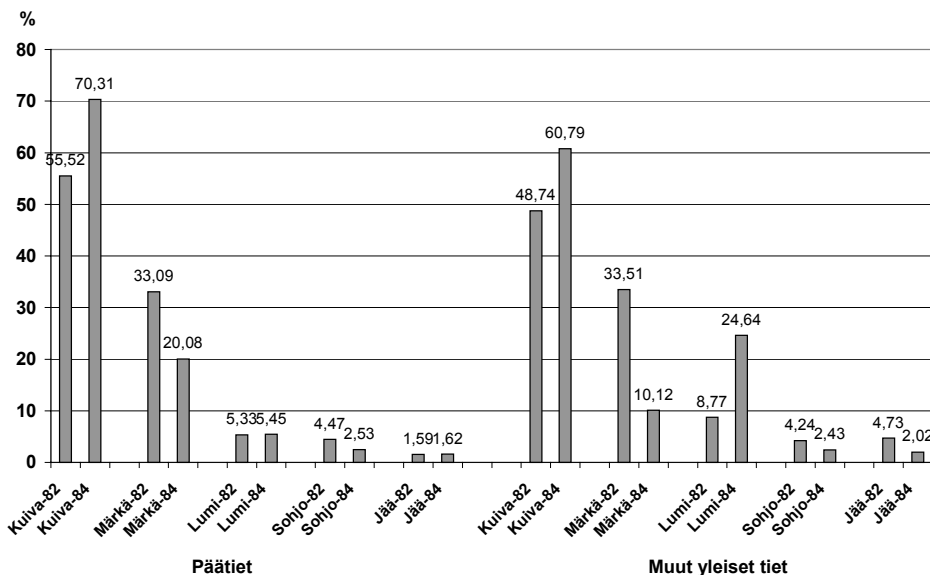
Taulukko 1. Talvihoidon laadunseurannan perusteella talvella 2001-02 tehty suoritejako verrattuna Polvisen 1980-luvun tuloksiin. Talven 2001-02 havaintokausi kesti joulukuusta maaliskuuhun, kun Polvisen tutkimuksessa kausi oli marraskuusta maaliskuuhun. Talvihoidon laadunseuranta-aineistoa ei ole painotettu liikennesuoritteella. Aineisto koskee talvihoidon laadunseurannan osalta hoitoluokkia I ja Is sekä Polvisen tutkimuksen osalta pääteitä.

Talvihoidon laadunseuranta 2001-02	Kesäkelit		Luminen		Sohjoinen		Jäinen		Yhteensä	
Talvi	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02	2001-02
Uusimaa	82,4 %		4,8 %		0,7 %		12,0 %		100 %	
Turku	90,1 %		1,7 %		1,1 %		7,1 %		100 %	
Kaakkois-Suomi	80,5 %		4,5 %		0,8 %		14,3 %		100 %	
Häme	85,3 %		3,3 %		0,6 %		10,8 %		100 %	
Savo-Karjala	77,0 %		5,5 %		1,2 %		16,4 %		100 %	
Keski-Suomi	79,4 %		8,1 %		0,2 %		12,3 %		100 %	
Vaasa	83,1 %		9,8 %		0,2 %		6,9 %		100 %	
Oulu	61,1 %		2,7 %		0,9 %		35,3 %		100 %	
Lappi	73,3 %		5,9 %		0,0 %		20,8 %		100 %	
Koko Suomi	82,2 %		4,5 %		0,7 %		12,6 %		100 %	
Polvisen tutkimukset 1982-83 ja 1984-85	Kesäkelit		Luminen		Sohjoinen		Jäinen		Yhteensä	
Talvi	82-83	84-85	82-83	84-85	82-83	84-85	82-83	84-85	82-83	84-85
Uusimaa	88,6 %	90,4 %	5,3 %	20,1 %	4,5 %	2,5 %	1,6 %	1,6 %	100 %	100 %
Turku	83,6 %	88,9 %	7,3 %	25,7 %	4,5 %	1,6 %	4,7 %	2,3 %	100 %	100 %
Häme	80,8 %	85,9 %	10,7 %	21,7 %	4,4 %	2,5 %	4,0 %	2,3 %	100 %	100 %
Kymi	80,4 %	81,5 %	9,6 %	17,6 %	5,6 %	3,2 %	4,4 %	8,5 %	100 %	100 %
Mikkeli	73,1 %	69,5 %	15,5 %	18,4 %	4,3 %	1,3 %	7,1 %	15,2 %	100 %	100 %
Pohjois-Karjala	31,1 %	58,5 %	23,5 %	11,9 %	4,1 %	1,3 %	41,4 %	7,8 %	100 %	100 %
Kuopio	69,1 %	61,1 %	12,1 %	15,3 %	4,1 %	1,7 %	14,7 %	28,8 %	100 %	100 %
Keski-Suomi	58,4 %	73,1 %	15,7 %	19,9 %	5,1 %	1,8 %	20,8 %	13,2 %	100 %	100 %
Vaasa	70,7 %	88,8 %	15,9 %	21,3 %	4,2 %	1,3 %	9,2 %	3,9 %	100 %	100 %
Keski-Pohjanmaa	56,5 %	94,7 %	34,6 %	13,5 %	4,8 %	0,2 %	4,0 %	0,1 %	100 %	100 %
Oulu	39,5 %	72,6 %	27,3 %	13,1 %	2,9 %	0,3 %	30,3 %	12,8 %	100 %	100 %
Kainuu	30,2 %	15,2 %	29,2 %	10,8 %	2,5 %	1,2 %	38,1 %	60,5 %	100 %	100 %
Lappi	29,5 %	81,6 %	53,3 %	9,7 %	0,6 %	0,3 %	16,7 %	7,7 %	100 %	100 %
Koko Suomi	69,9 %	80,6 %	15,5 %	18,8 %	4,1 %	1,8 %	10,4 %	8,0 %	100 %	100 %

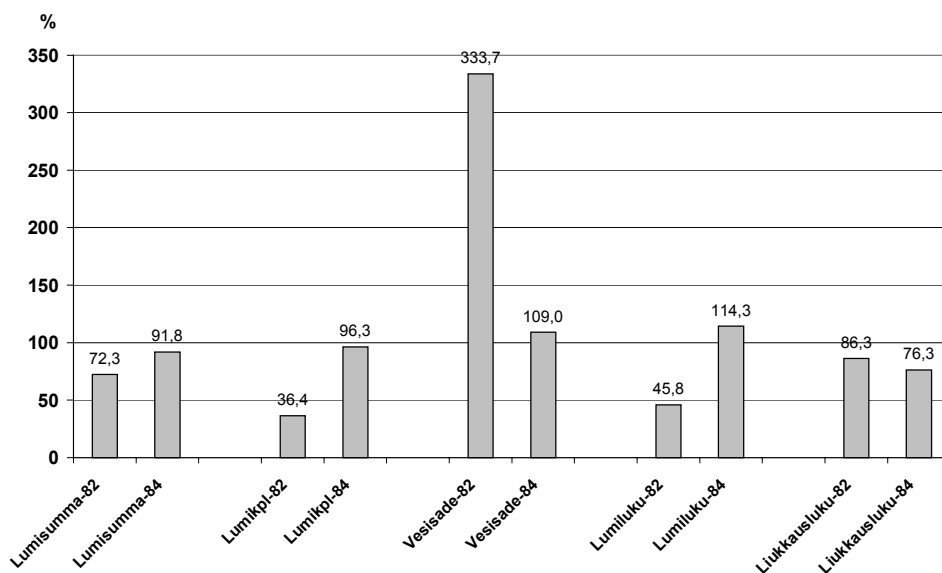




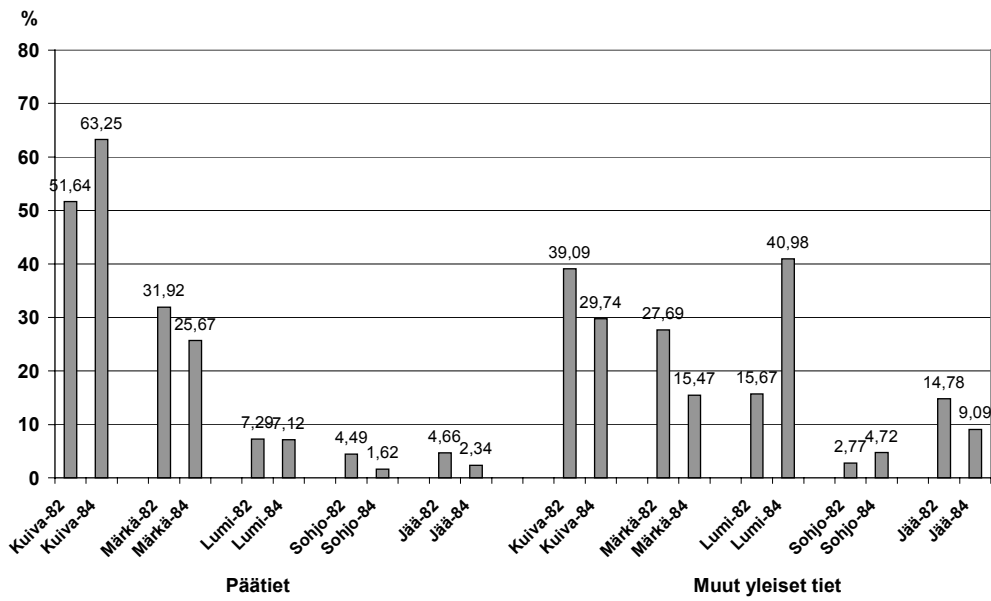
## LIITE II Talvien 82–83 ja 84–85 kelihavaintojen vertailua ilmatieteenlaitoksen säätunnuslukuihin.



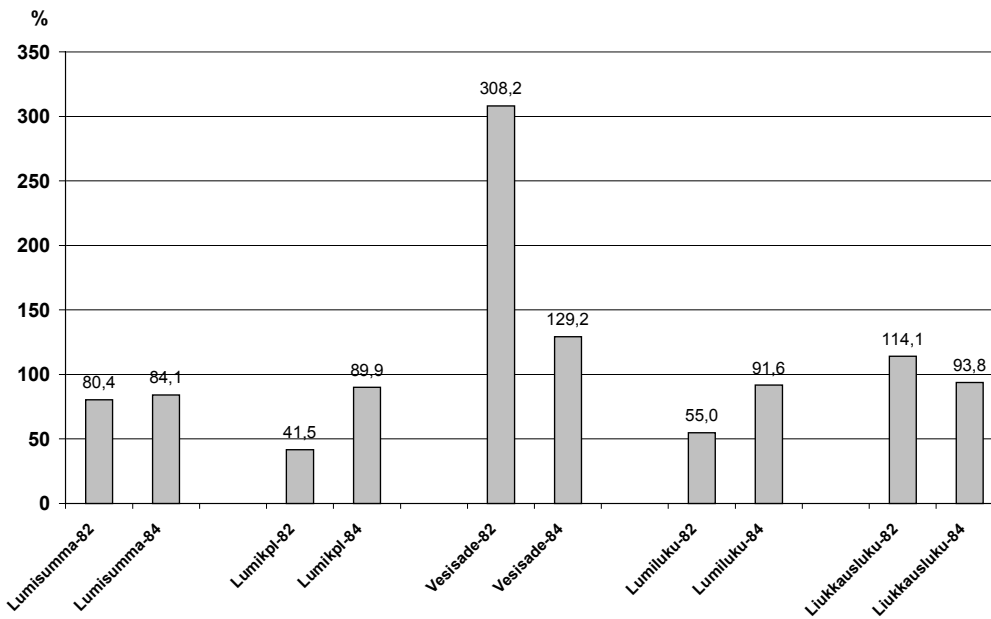
Kuva 1. Uudenmaan tiepiiri. Kelijakaumat talvina 1982-83 sekä 1984-85 tienvarren havaintojen perusteella [Polvinen 1985] [Polvinen 1987]



Kuva 2. Uudenmaan tiepiiri. Talvikausien 1982-83 sekä 1984-85 säätunnuslukujen suhde koko maan pitkän ajan säätunnuslukuihin.

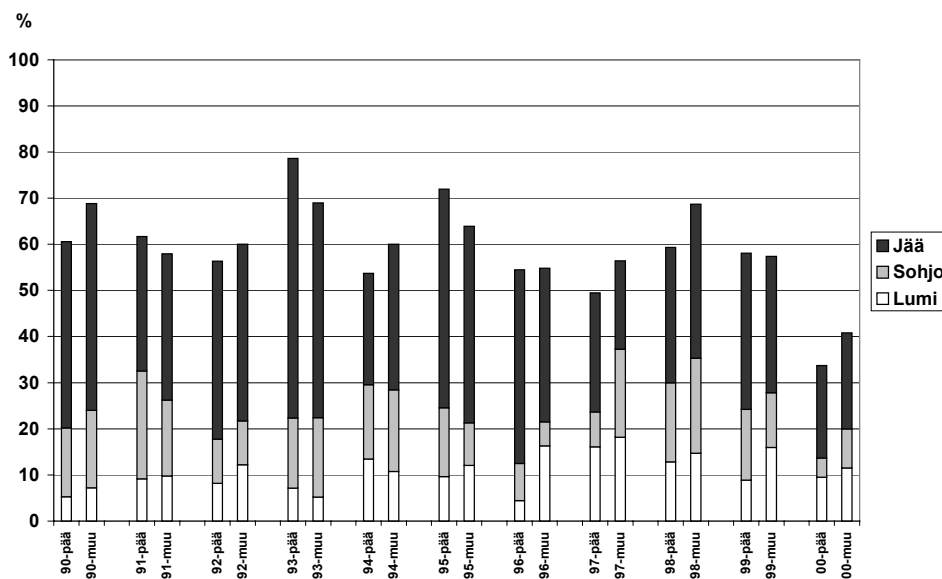


Kuva 3. Turun tiepiiri. Kelijakaumat talvina 1982-83 sekä 1984-85 tienvarren havaintojen perusteella [Polvinen 1985] [Polvinen 1987]

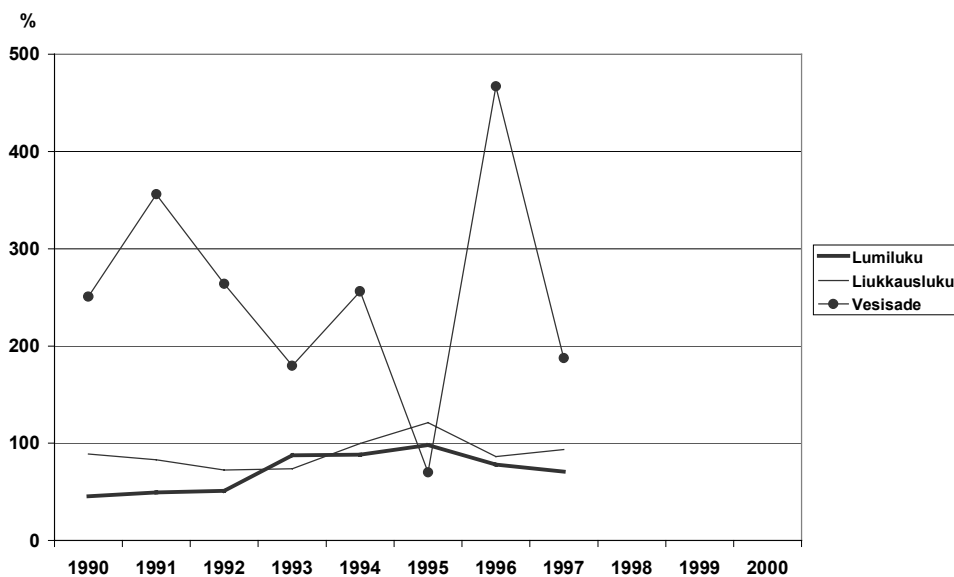


Kuva 4. Turun tiepiiri. Talvikausien 1982-83 sekä 1984-85 sääennustelujen suhde koko maan pitkän ajan sääennusteluihin.

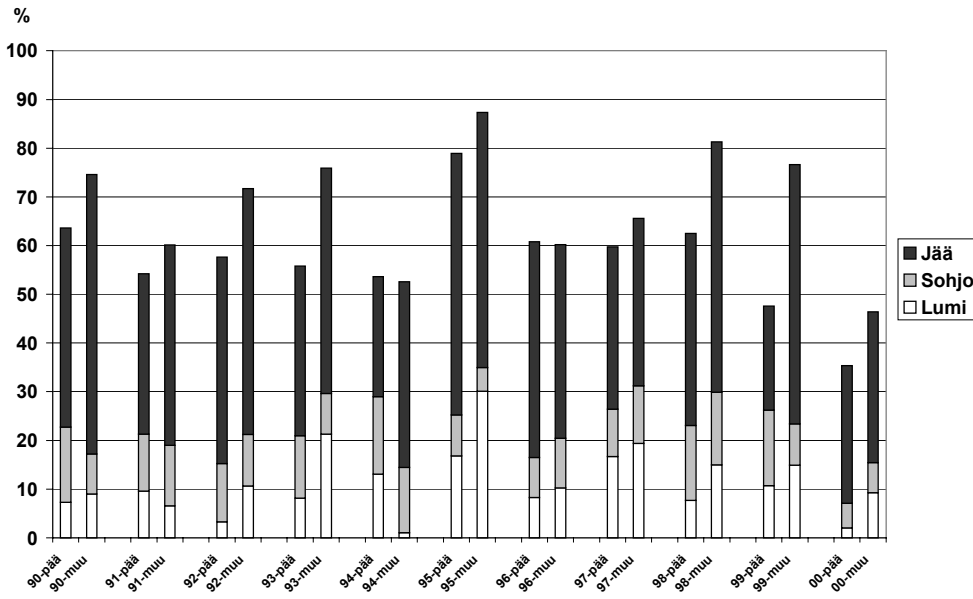
### LIITE III Talvikeliin hvj-onnettomuuksien jakautuminen eri keleille talvina 1990-2000 sekä vastaavat säätunnusluvut



Kuva 1. Uudenmaan tiepiiri. Talvikeliin hvj-onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista eri talvikausina (marras-maaliskuu)



Kuva 2. Uudenmaan tiepiiri. Säätunnusluvut 1990-97.



Kuva 3. Turun tiepiiri. Talvikeliön hvj-onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista eri talvikausina (marras-maaliskuu)



Kuva 4. Turun tiepiiri. Sääntunnuksluvut 1990-97.





ISSN 1457-9871  
ISBN 951-726-921-8  
TIEH 3200770