



# Rengastyypin vaikutukset lumi- ja jääolanteen liukkauteen ja kulumiseen

Mikko Malmivuo | Juha Luoma



# Rengastyypin vaikutukset lumi- ja jääpolanteen liukkauteen ja kulumiseen

---

Mikko Malmivuo

Innomikko Oy

Juha Luoma

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy



ISBN 978-951-38-8392-8 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)

VTT Technology 244

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8392-8>

Copyright © VTT 2016

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

Teknologiska forskningscentralen VTT Ab

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

## Alkusanat

Tämä rengastyypin vaikutuksia lumi- ja jääpolanteeseen käsittelevä tutkimus on tehty tutkimusohjelmassa *Turvallinen liikenne 2025* (<http://www.vtt.fi/sites/tl2025/>). Ohjelman nykyisiä jäseniä ovat

- Liikennevirasto
- Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi
- Nokian Renkaat Oyj
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.

Tutkimuksesta vastasivat Mikko Malmivuo Innomikko Oy:stä ja Juha Luoma VTT:stä. Tutkimuksen johtoryhmään kuuluivat edellä mainittujen lisäksi Mika Lopenen Trafista sekä Tommi Ajoviita, Teemu Soini ja Mikko Liukkula Nokian Renkaista. Tutkimuksen suorituksessa avustivat Teemu Pitkänen ja Tomi Nieminen Nokian Renkaat Oyj:stä. Nokian Renkaat antoi testiratansa tutkimuksen käyttöön ja avusti koekuljettajien rekrytoinnissa. Heikki Kanner VTT:stä esitarkasti käsikirjoituksen. Julkaisun tekijät ovat kuitenkin vastuussa lopputuotoksesta.

# Sisällysluettelo

<b>Alkusanat</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Tutkimuksen tausta ja tavoite</b> .....	<b>6</b>
1.1 Tausta.....	6
1.2 Tutkimuksen tavoitteet .....	6
<b>2. Aikaisempia tutkimuksia</b> .....	<b>8</b>
2.1 Suomessa 1990-luvulla tehdyt tutkimukset .....	8
2.2 2000-luvulla tehdyt tutkimukset .....	13
<b>3. Tutkimusmenetelmä</b> .....	<b>17</b>
3.1 Yleistä.....	17
3.2 Testiradan layout ja kulutuskaistat.....	17
3.3 Testiradan valmistelu ja testin olosuhteet.....	20
3.4 Ajoneuvot ja niiden ajo-ohjelma.....	23
3.4.1 Kulutusautojen ajo-ohjelma .....	24
3.4.2 Pitomittausautojen ajo-ohjelma.....	24
3.4.3 Kaistojen kulutusmäärät .....	25
3.5 Mittaukset.....	26
3.5.1 Jarrutusmatkamittaukset .....	26
3.5.2 Kitkamittaukset .....	27
3.5.3 Uransyvyysmittaukset .....	29
<b>4. Tulokset</b> .....	<b>32</b>
4.1 Yleistä.....	32
4.2 Talvirengastyypin vaikutus liukkauteen .....	34
4.2.1 Fysikaalisen kitkan muutokset .....	34
4.2.2 Liikenneviraston kitkan muutokset .....	37
4.3 Talvirengastyypin vaikutukset uran muodostukseen .....	39

<b>5. Kitkan muutokset ja talvihoidon laatuvaatimukset.....</b>	<b>44</b>
<b>6. Yhteenveto ja johtopäätökset .....</b>	<b>46</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>48</b>

## **Liitteet**

Liite A: Kitkanmittaustulokset taulukkoina

## **Tiivistelmä**

## **Abstract**

# 1. Tutkimuksen tausta ja tavoite

## 1.1 Tausta

Eri tutkimusten valossa vaikuttaa kiistattomalta, että nastarenkaat karhentavat jäisiä ja polanteisia tienpintoja ja lisäävät siten kitkaa liukkailla keleillä. Lisäksi on osoitettu, että nastarenkaat syövät kitkarenkaita nopeammin polanteisia ja jäisiä tienpintoja niin, että pitävämpi asfaltti- tai sorapinta tulee aikaisemmin esille.

Eri tutkimusten tulokset ja johtopäätökset vaikutusten suuruudesta ja merkityksestä ovat kuitenkin vaihdelleet. 1990-luvun Talvi ja tieliikenne -ohjelman yhteydessä tehtiin aiheesta muutamia kokeellisia selvityksiä, mutta niiden tuloksia ei voida soveltaa sellaisenaan nykypäivään, koska nastarenkaiden pistovoimaa koskevat säädökset ovat viime vuosikymmeninä muuttuneet useaan otteeseen.

2000-luvulla tehtyjen tutkimusten johtopäätökset voidaan tiivistää seuraavasti: Vaa ja Giaever (2003) arvioivat Norjassa tehdyn tutkimuksen pohjalta, että nastarenkaiden osuus liikenteestä tulisi olla vähintään 50 %, jotta saavutettaisiin riittävä kitka jäisillä teillä. Tuononen ja Sainio (2013) arvioivat puolestaan, että tarvitaan vain 25 % nastarenkaita takaamaan liikenneturvallisuuden kannalta riittävä kitka jäällä. Myöhemmin Tuononen ja Sainio (2014) kuitenkin katsoivat tarpeellisen nastarenkaiden osuuden olevan 25–50 %.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli

- selvittää nykyaikaisten talvirengastyypin vaikutuksia lumi- ja jääpolanteen kulumiseen ja liukkauteen
- mahdollisuuksien mukaan arvioida muiden tekijöiden vaikutuksia polanteen kulumiseen (liikennemäärä, pinnan lämpötila yms.).

Nykyaikaisilla talvirenkailla ei ole tehty Suomessa eikä ilmeisesti muuallakaan vastaavaa tutkimusta, jossa alustana on lumi- ja jääpolanne. Mm. Tuonosen ja Sainion (2013) tutkimus käsitteli nastarenkaiden vaikutusta puhtaan jään karhentumiseen. Tässä tutkimuksessa haluttiin arvioida nastarenkaiden vaikutusta sekä lumi- että jääpolanteen karhentumiseen ja kulumiseen. Lisäksi pyrittiin siihen, että

liikennemäärät olisivat niin suuria, että tulokset olisivat mahdollisimman hyvin sovellettavissa käytännön liikennetilanteisiin.

Yleisesti tutkimuksen tavoitteena on tukea poliittista päätöksentekoa pohdittaessa nastattomien ja nastallisen talvirenkaiden optimaalista suhdetta turvallisuus- ja ilmanlaatu- ja ilmastokulmat huomioon ottaen.



## **2. Aikaisempia tutkimuksia**

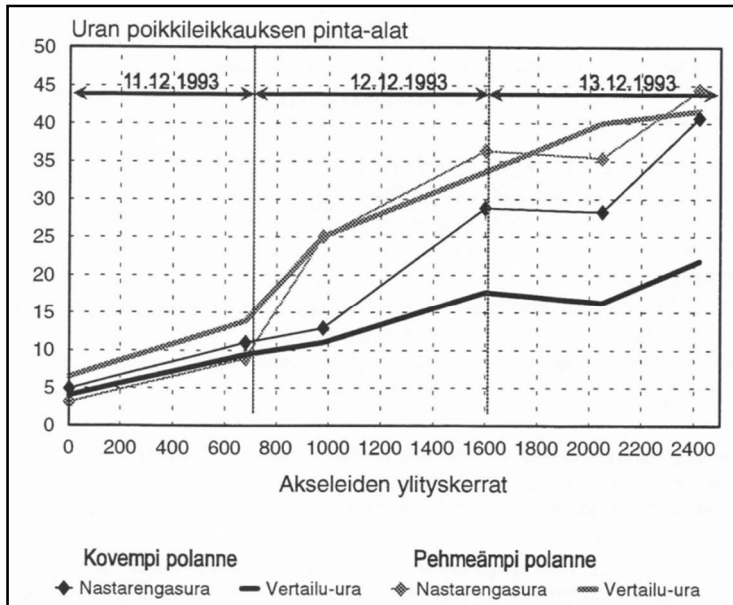
Edellä todettiin, että 2000-luvulla tehtyjen testien tulokset ovat selvästi paremmin sovellettavissa nykyaikaan kuin 1990-luvulla saadut tulokset. Seuraavassa selostetaan kuitenkin kaikki päätulokset kokonaiskuvan saamiseksi.

### **2.1 Suomessa 1990-luvulla tehdyt tutkimukset**

Anila ja Kallberg (1994) selvittivät nastarenkaiden ja nastattomien talvirenkaiden vaikutusta polanteen kulumisnopeuteen ja kitkaominaisuuksiin. Tätä tutkittiin tarkoitusta varten valmistetun koeradnan kahdella kovuudeltaan toisistaan poikkeavalla polanneosuudella. Kulumismittauksia täydennettiin Oulun läänissä yleisillä teillä tehdyillä mittauksilla.

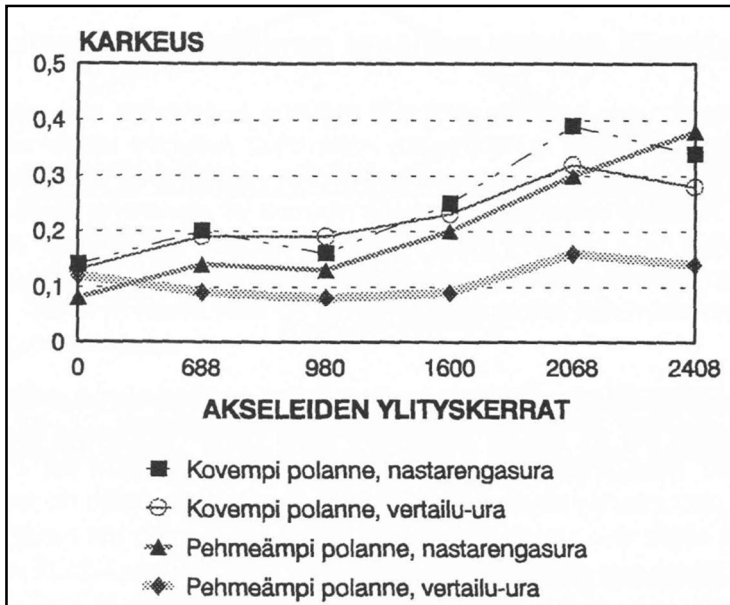
Koeradalla polannetta kulutettiin neljällä henkilöautolla. Autojen rengastus oli valittu siten, että ajovuoroja sopivasti jaksottaen vasempaan uraan tuli 85 % nastarengasliikennettä ja 15 % nastattomien renkaiden liikennettä (ns. nastarengasura). Oikeassa urassa oli 15 % nastarengasliikennettä ja 85 % nastattomien renkaiden liikennettä (ns. vertailu-ura).

Kovemaksi tehty polanne kului uran poikkileikkauspinta-alojen perusteella nastarengasurassa noin kaksi kertaa niin nopeasti kuin vertailu-urassa. Pehmeämmällä polanteella kulumisnopeus oli nastarengasurassa samaa luokkaa kuin vertailu-urassa (kuva 1).



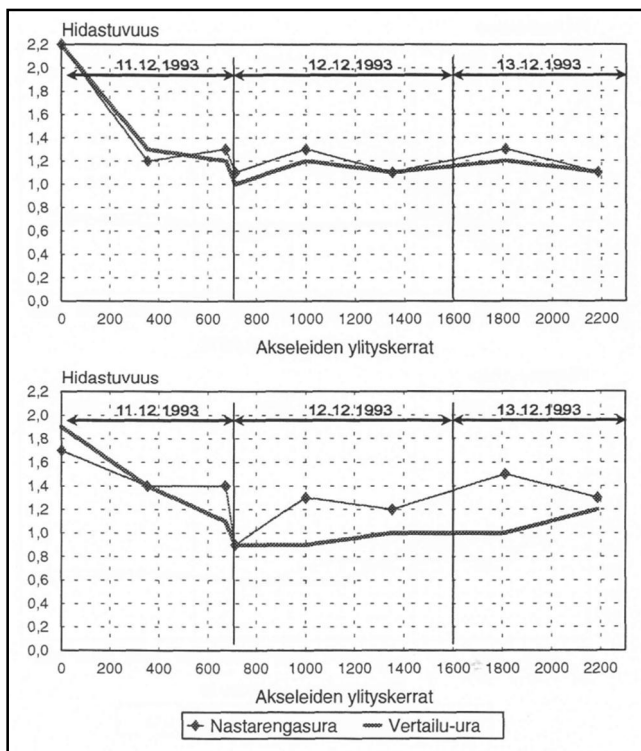
**Kuva 1.** Polanteiden poikkileikkausten pinta-alojen kasvaminen akseliylitysten suhteen (Anila ja Kallberg 1994).

Kovemalla polanteella nastarengasuran pohja oli kokeen lopussa noin 20 % karkeampi kuin vertailu-uran. Pehmeämmällä polanteella nastarengasuran karkeus kokeen lopussa oli yli kaksi kertaa suurempi kuin vertailu-urassa (kuva 2). Karkeutta mitattiin AL-Engineeringin kehittämällä optisella profiilometrillä.

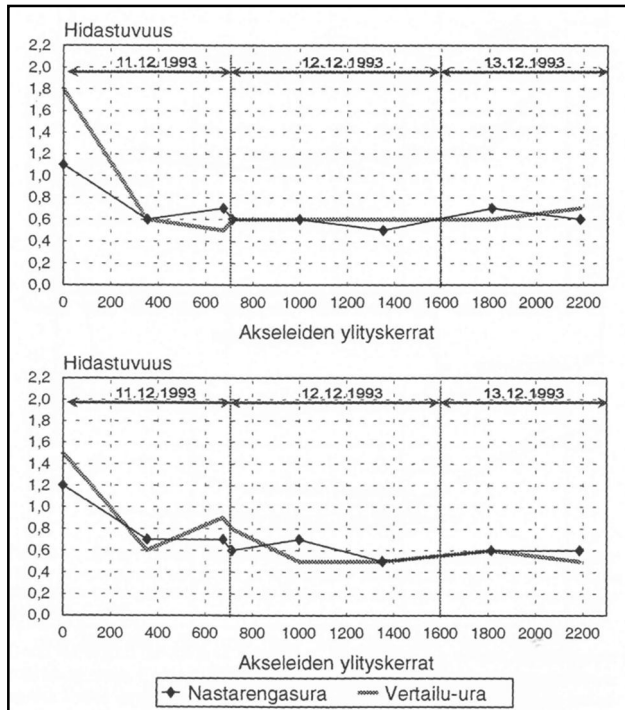


**Kuva 2.** Pinnan epätasaisuus, kun mittarina on epätasaisuuksien korkeuksien keskiarvo aallonpituusalueella 1–5 mm (Anila ja Kallberg 1994).

Hidastuvuutta mitattiin lukkojarrutuksin käyttäen sekä C-trip-jarrutuskitkamittaria että Paiseler-pyörää. Paiseler-pyörällä saavutetuilla tuloksilla oli pienempi hajonta, minkä vuoksi sillä saatuja tuloksia pidettiin luotettavampina (kuvat 3 ja 4).



**Kuva 3.** Hidastuvuus yhdellä pyörällä lukkiutumattomilla jarruilla ja nastattomalla talvirenkaalla, kun jarrutus tehtiin kovemalla (ylempi käyrästä) ja pehmeämmällä (alempi käyrästä) polanteella tasanopeudella kulutetulla alueella (Anila ja Kallberg 1994).



**Kuva 4.** Hidastuvuus yhdellä pyörällä tehdyssä jarrutuksessa (lukkiutumattomat jarrut, nastattomat renkaat). Yläkuvassa kova ja alakuvassa pehmeä polanne, joita oli kulutettu lukkojarrutuksilla (Anila ja Kallberg 1994).

Anilan ja Alppivuoren (1994) tutkimuksessa valmistettiin lumisateen aikana kaksi erilaista lumipolannetta ajamalla henkilö- ja kuorma-autoilla. Koe suoritettiin yöaikaan Otaniementiellä, joka oli suljettu koetta varten. Polanteilla mitattiin hidastuvuuksia tasanopeudella ajetuissa paikoissa sekä jarrutuspaikoissa.

Kaksi kuorma-autoilla tehtyä lukkojarrutusta romahdutti kerralla hidastuvuuden. Nastattomien renkaiden puolella hidastuvuus huononi arvosta  $3,41 \text{ m/s}^2$  arvoon  $1,60 \text{ m/s}^2$  ja nastallisten renkaiden puolella arvosta  $3,30 \text{ m/s}^2$  arvoon  $2,10 \text{ m/s}^2$ .

Nastattomien renkaiden kaistalla kahden kuorma-auton lukkojarrutuksen jälkeen kiillottuminen jatkui, vaikka lukkojarrutuksia ei enää tehty. Vakiintunut hidastuvuusarvo ( $1,1 \text{ m/s}^2$ ) oli 68 % huonompi kuin kokeen alkaessa. Henkilöautojen lukkojarrutukset eivät enää huonontaneet olennaisesti tilannetta.

Nastallisten renkaiden kaistalla kuorma-autojen lukkojarrutuksen jälkeen kiillottuminen ei jatkunut olennaisesti, kun jarrutukset tehtiin pyöriä lukitsematta. Henkilöautojen lukkojarrutukset huononsivat edelleen hidastuvuutta. Vakiintunut hidastuvuustaso henkilöautojen lukkojarrutusten jälkeen ( $1,2 \text{ m/s}^2$ ) oli 45 % huonompi kuin kokeiden alkaessa.

## 2.2 2000-luvulla tehdyt tutkimukset

Vaa ja Giaever (2003) pyrkivät tekemään kokeensa lumipolanteisella testiradalla, mutta lopullinen pinta oli hyvin jäinen. Radan pinnan lämpötila vaihteli välillä -2 °C...-10 °C. Testiin osallistui 20–30 ajoneuvoa ja nastarenkaiden osuus liikenteessä oli eri kaistoilla 20 %, 40 %, 60 % ja 80 %. Jokaisella kaistalla mitattiin tasaisesti kitkaa ja urien muodostumista. Ensimmäisen päivän jälkeen, jolloin 1500 ajoneuvoa oli ajanut jokaisella kaistalla, ei havaittu huomattavaa eroa kaistojen välisessä kitkassa tai uran muodostuksessa. Toisena ja kolmantena testipäivänä eroja kuitenkin havaittiin. Toisena päivänä eroja rupesi syntyämään 1000 ajoneuvon jälkeen, ja 1500 ajoneuvon jälkeen erot olivat seuraavat (verrattuna tilanteeseen, jossa kaikilla autoilla on nastareнкаat):

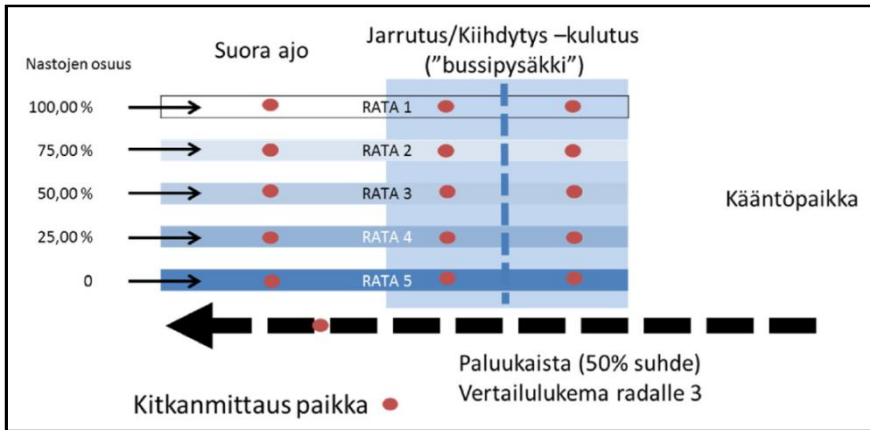
- liikenteestä 80 % nastoja, ajoradan kitka väheni 13 %
- liikenteestä 60 % nastoja, ajoradan kitka väheni 33 %
- liikenteestä 40 % nastoja, ajoradan kitka väheni 41 %
- liikenteestä 20 % nastoja, ajoradan kitka väheni 43 %.

Vaan (2013) mukaan tuloksia voi tulkita siten, että nastarenkaiden osuuden tulisi olla 50 % riittävän kitkatason ylläpitämiseksi.

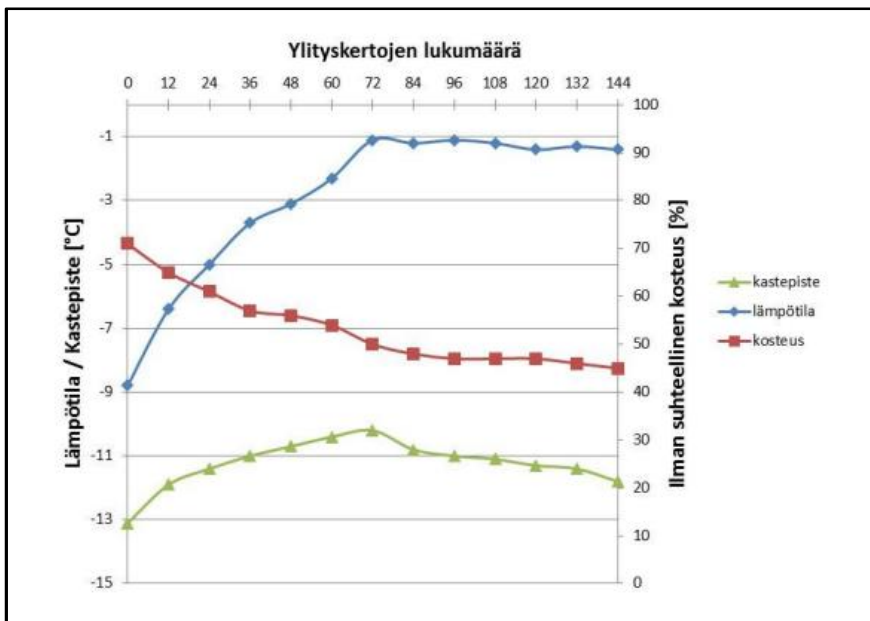
Uraa ei syntynyt kaistoilla, joissa nastarenkaiden osuus oli 60 % tai vähemmän. Urat kasvoivat kuitenkin 17 % kaistalla, jossa oli 80 % nastarenkaita.

Näytti siltä, että jäisellä pinnalla ja matalissa lämpötiloissa (-5 °C...-10 °C tai kylmempi) nastarenkaiden osuudella ei ole juuri merkitystä kitkaan tai uran muodostukseen. Korkeammissa lämpötiloissa (-2 °C...-3 °C) kitkataso jäällä on parempi 80 %:n nastarengasasteella kuin matalammilla nastarengasasteilla.

Tuononen ja Sainio (2013) suorittivat kokeensa Testworldin testiradalla Ivalossa. Testiradan layout on esitetty kuvassa 5 ja kuvassa 6 testin sääolosuhteet. Ylityskertoja oli testissä yhteensä 144.



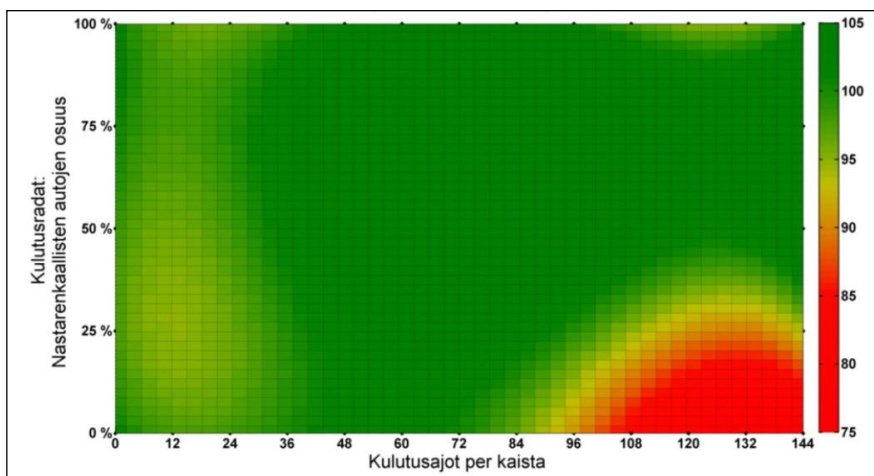
**Kuva 5.** Rata koostui suoraanajo-, jarrutus- ja kiihdytysosuudesta. Kiillottumisen vaikutuksia mitattiin testaamalla jarrutuspito, josta saatiin johdettua renkaan ja tien välinen kitkakerroin. Kitka mitattiin kitkarenkaalla. (Tuononen ja Sainio 2013.)



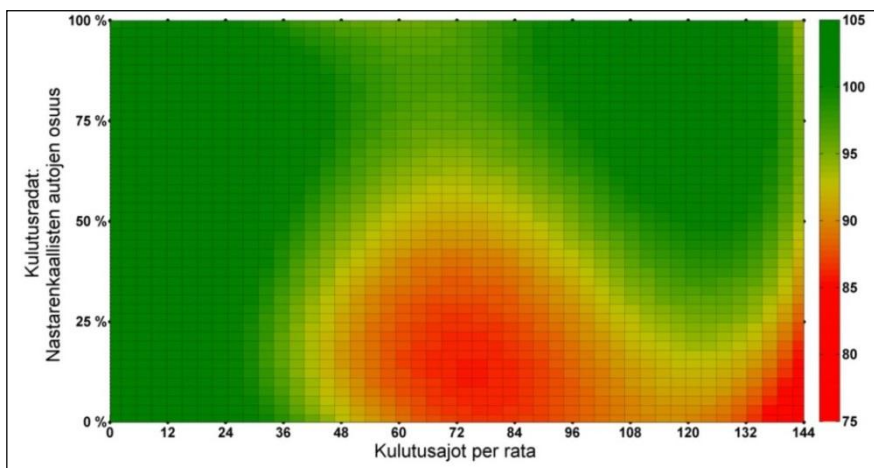
**Kuva 6.** Lämpötila, kastepiste ja kosteus (Tuononen ja Sainio 2013).

Kitkatulokset esitettiin värikarttoina (kuvat 7–9). Tutkimuksen loppupäätelmien mukaan kitkarenkaiden osuuden merkittäväkään lisääminen liikennevirrassa ei vaarana liikenneturvallisuutta jään kiillottumisilmion kautta. Toisaalta tulosten perusteella nastarengasosuuden pudottaminen pienemmäksi kuin 25 % liikenne-

virrasta voi heikentää liikenneturvallisuuksi ja haitata liikenteen sujuvuutta. Myöhemmin tekijät tosin toteavat saman aineiston pohjalta, että nastarenkaiden osuus voi vähentyä 25–50 %:iin ilman vaaraa, että jäinen tie kiillottuisi huomattavasti (Tuononen ja Sainio 2014).

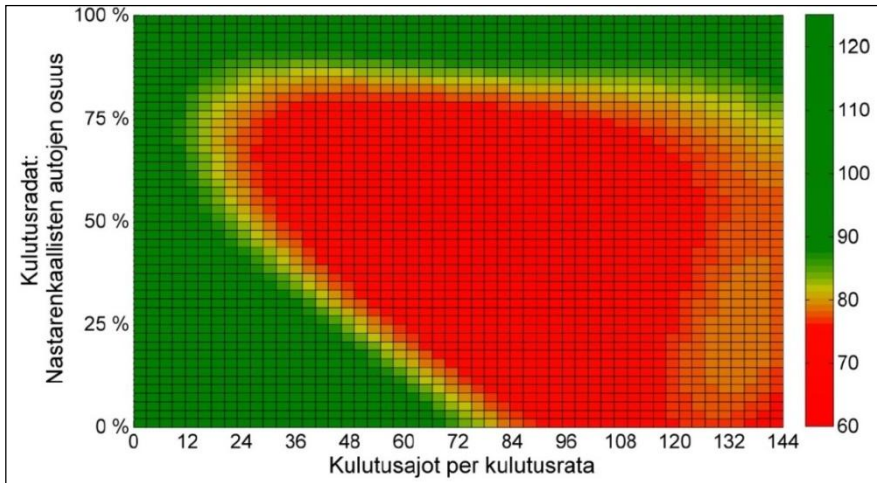


**Kuva 7.** Jarrutuspito suoraanajokaistalla (Tuononen ja Sainio 2013). Väriskaala kuvaa eri ratojen kitkaa tilanteeseen radalla, jossa oli 100 % nastarenkaallisia autoja ja ylityskertojen määrä oli yhtä suuri. Toisin sanoen värin muutos kertoo, kuinka paljon kitka pienenee, jos nastarenkaallisten autojen määrä vähenee. Punainen alkaa tilanteesta, jossa kitka on pudonnut noin 15 %.



**Kuva 8.** Jarrutuspito kaistalla, jossa testiautot ovat jarruttaneet (Tuononen ja Sainio 2013). Väriskaala kuten kuvassa 7.





**Kuva 9.** Kiihdytyspito kaistalla, jossa myös tienkulutusautot kiihdyttivät (Tuononen ja Sainio 2013). Väriskaala on hieman eri kuin jarrutuspitoa esittävässä kuvaajissa, koska kiihdytyspito ei ole yhtä turvallisuuskriittistä.

## **3. Tutkimusmenetelmä**

### **3.1 Yleistä**

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten erilaiset nastarenkaiden liikenneosuudet vaikuttavat talvisen tienpinnan uran muodostukseen ja liukkauteen. Tulokset koskevat kuitenkin vain niitä olosuhteita, jotka testipäivänä vallitsivat. Testin keskeiset osa-alueet olivat

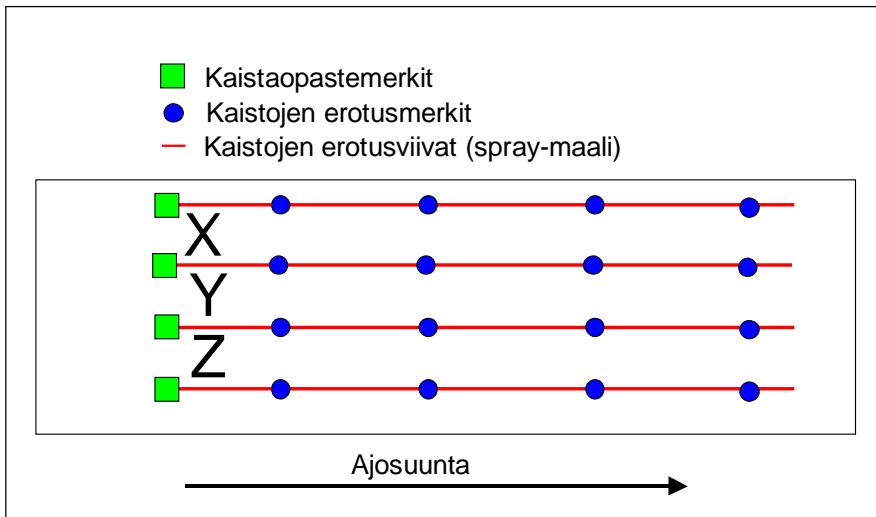
- testiradan valmistelu
- kulutusajo
- kitkamittaukset
- uransyvyysmittaukset.

Kitkamittauksilla haluttiin saada kuvaa eri rengastyypin vaikutuksesta polanteiden karhentumiseen. Uransyvyysmittaukset kertoivat rengastyypin vaikutuksesta polanteiden kulumiseen.

### **3.2 Testiradan layout ja kulutuskaistat**

Testit toteutettiin Nokian Renkaiden Nokialla sijaitsevalla testiradalla. Radalla tuli ajaa 1,8 km:n mittaista ja soikionmuotoista rataa, johon oli valmisteltu kaksi testisuoraa, suorat 1 ja 2. Ohjeellinen ajonopeus oli 60 km/h.



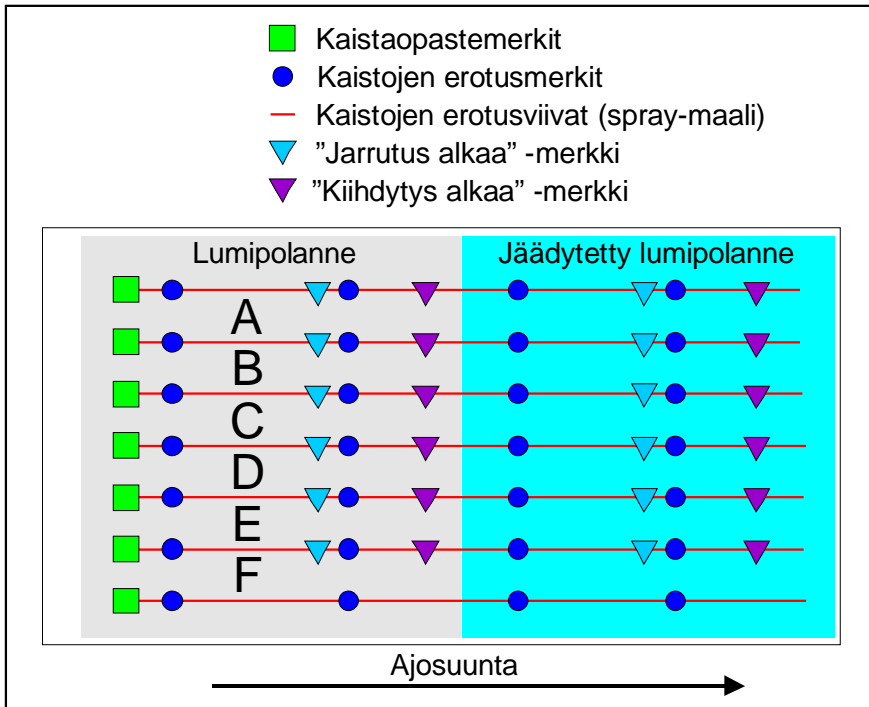


**Kuva 11.** Suora 1 merkintöineen.

Suora 2 jaettiin kuuteen eri kaistaan seuraavasti:

- kaista A: 100 % nastarengasliikennettä
- kaista B: 75 % nastarengasliikennettä, 25 % kitkarengasliikennettä
- kaista C: 50 % nastarengasliikennettä, 50 % kitkarengasliikennettä
- kaista D: 25 % nastarengasliikennettä, 75 % kitkarengasliikennettä
- kaista E: 100 % kitkarengasliikennettä
- kaista F: referenssikaista (vain pitomittauksia).

Edellä olevan lisäksi suora 2 oli jaettu lumipolanne- ja jääpolannealueeseen. Kumpikin alue oli lisäksi jaettu kolmeen osuuteen: vakionopeus-, jarrutus- ja kiihdytysosuuteen (kuva 12).



Kuva 12. Suora 2 merkintöineen.

Suoraa 2 voisi kutsua päätutkimussuoraksi. Sen viisi eri kulutuskaistaa mahdollistavat ilmiön tarkastelun suhteellisen yksityiskohtaisesti viidellä erilaisella talvirengastyypisuhteella. Usean kaistan ongelma on kuitenkin se, että liikenteen jakautuessa viidelle eri kaistalle jää kaistakohtainen ylitysmäärä vastaavasti alhaisemmaksi. Tämän vuoksi luotiin suoralle 1 kahden kulutuskaistan testisuora, missä haluttiin tarkastella ilmiötä suuremmalla ylitysmäärällä.

### 3.3 Testiradan valmistelu ja testin olosuhteet

Polanne tehtiin kahdessa eri vaiheessa viikolla 2/2015. Polanteen tekemisessä käytettiin perässä vedettävää jyrää ja kuorma-autoa sekä tasoituksessa perässä vedettävää jyrää ja teräsverkkoa. Ensimmäinen polannus tehtiin maanantaina 5.1. ja toinen perjantaina 9.1. Välillä oli satanut lunta. Jäädetytty polanne tehtiin maanantaina 12.1. levittämällä traktorin karrystä vettä jäädetyttävälle alueelle. Opastemerkit vietiin radalle juuri ennen testiä (kuvat 13 ja 14). Itse testipäivä oli keski-  
viikko 14.1.2015.

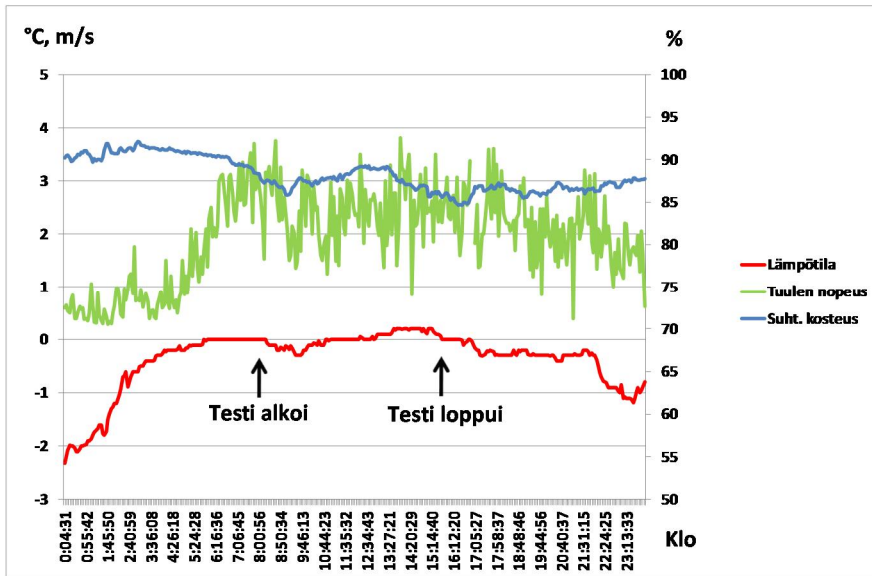


**Kuva 13.** Kaistaopastemerkkien asennusta suoralla 2 aamuhämärässä 14.1.2015.



**Kuva 14.** Jarrutus- ja kiihdytysmerkit suoralla 2.

Testipäivän sää suosi testiä. Lämpötilanvaihtelu testin aikana klo 8–15:30 oli vain joitain asteen kymmenyksiä, ja tuuli oli heikkoa. Sää oli muuten lähes sateeton, mutta puolen päivän kohdalla satoi hiukan lunta (kuva 15).



Kuva 15. Testipäivän sää testiradan sääaseman mukaan.

Olosuhteiden kuvaamiseksi testin aikana seurattiin myös lumi- ja jääpolanteen kovuutta ja sen kehitystä. Kovuuden mittaukseen käytettiin CTI-penetrometriä. Siinä 220 g painoinen kartiomainen terä pudotetaan ohjausputkea pitkin noin 22 cm korkeudelta kohti tutkittavaa pintaa. Terän uppoamissyvyys kertoo polanteen kovuuden. Kovuus luetaan erityiseltä mitta-asteikolta. Lukema 100 on maksimi ja kertoo, ettei terä upponnut pintaan lainkaan. Menetelmä ei ole erityisen tarkka, mutta kuten taulukosta 1 nähdään, se kykenee hyvin erottamaan lumi- ja jääpolanteen kovuuden toisistaan. Testinaikaiset kovuuden muutokset eivät kuitenkaan ole merkittäviä.

**Taulukko 1.** Polanteen ja jään kovuus ja sen kehitys testin aikana. Kovuus mitattiin CTI-penetrometrillä. Kaistat on merkitty kirjaimin sekä kaistojen keskiarvo merkinnällä "Ka".

	Suora 1					Suora 2							
	Paikka	X	Y	Z	Ka	Paikka	A	B	C	D	E	F	Ka
Alussa	Alkuosa	84	86	86	85,3	Lumi, rullaus	84	84	84	84	82	82	83,3
	Loppuosa	84	84	86	84,7	Lumi, jarrutus	84	82	84	86	82	80	83,0
						Lumi, kiihdytys	82	82	84	82	80	82	82,0
						Jää, rullaus	90	88	90	90	86	88	88,7
						Jää, jarrutus	86	88	88	88	88	86	87,3
Puolivälissä	Alkuosa	84	84	86	84,7	Lumi, rullaus	84	86	84	84	84	86	84,7
	Loppuosa	82	82	86	83,3	Lumi, jarrutus	88	84	86	84	88	84	85,7
						Lumi, kiihdytys	82	82	84	84	84	86	83,7
						Jää, rullaus	92	92	90	90	88	92	90,7
						Jää, jarrutus	90	90	88	90	90	92	90,0
Lopussa	Alkuosa	84	82	86	84,0	Lumi, rullaus	86	82	82	84	82	84	83,3
	Loppuosa	82	80	86	82,7	Lumi, jarrutus	84	82	84	86	84	86	84,3
						Lumi, kiihdytys	84	84	82	84	84	88	84,3
						Jää, rullaus	88	90	88	90	90	90	89,3
						Jää, jarrutus	90	90	90	92	90	90	90,3
					Jää, kiihdytys	92	90	90	92	90	92	91,0	

### 3.4 Ajoneuvot ja niiden ajo-ohjelma

Testin aikana rataa kiersi kymmenen nastarenkain ja kymmenen kitkarenkain varustettua "kulutusautoa". Lisäksi rataa kiersi yksi nastarenkain ja yksi kitkarenkain varustettu pitomittausauto. Autot olivat merkeiltään erilaisia, mutta tavoitteena oli, että ajoneuvojen ominaisuusjakauma (paino, raideleveys yms.) oli nasta- ja kitkarengasryhmässä samanlainen (taulukko 2).



**Taulukko 2.** Kitka- ja nastarenkain varustettujen autojen merkki ja malli. Lisäksi nastarengasautojen nastaylitys kokeen puolivälissä mitattuna. Pitomittausautona toimineen nastarengas-Golfin nastaylitykset mitattiin sekä ennen testiä ("E") että jälkeen ("J"). Kaikki testissä käytetyt renkaat olivat Nokian Renkaiden valmistamia.

	Kulutusautot kitkarenkain	Kulutusautot nastarenkain		
			Keskim. nastaylitys edessä	Keskim. nastaylitys takana
<b>Kulutus- autot</b>	Toyota Prius	Skoda Superb	1,54	1,06
	Ford Mondeo	Seat Altea	1,09	1,18
	Skoda Octavia	Mercedes Benz C farmari	1,14	1,69
	Skoda Superb	Volvo V60	1,5	0,94
	Ford Mondeo	Mercedez Benz E	1,33	1,58
	Audi RS5	Audi RS5	1,34	1,25
	Audi RS5	Audi Q5	1,45	1,43
	Audi SQ5	VW Tiguan	1,57	1,56
	Mercedes Benz C	Mercedes Benz C	1,36	1,44
Toyota LandCruiser	Toyota Hilux	0,46	0,58	
<b>Pito- mittaus- autot</b>	Volkswagen Golf	Volkswagen Golf	E 1,11	E 1,12
			J 1,50	J 1,38

### 3.4.1 Kulutusautojen ajo-ohjelma

Suoralla 2 kaikki nastarenkain varustetut kulutusajoneuvot kuluttivat samassa suhteessa eri kaistoja (paitsi kaistaa E) ja vastaavasti kitkarengasajoneuvot liikkivat samassa suhteessa kaikilla kaistoilla (paitsi kaistalla A). Jokaisen kymmenen kierroksen jälkeen kulutusuhde oli tavoitteen mukainen, eli kymmenen kierroksen jälkeen nastarengasauto oli ajanut

- 4 kertaa kaistaa A
- 3 kertaa kaistaa B
- 2 kertaa kaistaa C
- 1 kerran kaistaa D.

Suoralla 1 kulutusautojen ajo-ohjelma oli varsin yksinkertainen. Kaikki nastarenkaalliset kulutusautot ajoivat kaistaa X ja kaikki kitkarenkaalliset kaistaa Y.

### 3.4.2 Pitomittausautojen ajo-ohjelma

Pitomittausautot kiersivät tasaisesti eri kaistoja. Suoralla 1 pitomittausautot tekivät yhden kierroksen aikana yhden jarrutusmittauksen. Suoralla 2 nämä autot tekivät kierroksen aikana kuusi jarrutusmittausta: (1) lumipolanteen tasaisen vauhdin

osuus, (2) jarrutusosuus, (3) kiihdytysosuus, (4) jääpolanteen tasaisen vauhdin osuus, (5) jarrutusosuus ja (6) kiihdytysosuus (taulukko 3).

**Taulukko 3.** Pitomittausautojen mittausohjelma. Ohjelma muodostui kahdesta ”setistä”, joita vuoroteltiin. Setti referenssikaistojen kanssa sisälsi yhteensä 18 kierrosta ja setti ilman referenssikaistoja 15 kierrosta. Merkintä ”läpiajo (X/Y)” tarkoittaa, että kyseisessä kohdassa nastarenkaallinen pitoauto ajoi X-kaistan läpi mittaamatta ja vastaavasti kittarenkaallinen pitoauto ajoi Y-kaistan läpi mittaamatta. Yhden setin aikana kaikissa mitattavissa kohdissa tehtiin yhteensä kolme mitausta. Mittaustulokset on luvussa 4 esitetty näiden kolmen mittauksen keskiarvona.

	Setti referenssikaistojen kanssa		Setti ilman referenssikaistoja	
	1. suora	2. suora	1. suora	2. suora
1. kierros	X	A	X	A
2. kierros	Y	B	Y	B
3. kierros	Z	C	läpiajo (X/Y)	C
4. kierros	läpiajo (X/Y)	D	läpiajo (X/Y)	D
5. kierros	läpiajo (X/Y)	E	läpiajo (X/Y)	E
6. kierros	läpiajo (X/Y)	F	X	A
7. kierros	X	A	Y	B
8. kierros	Y	B	läpiajo (X/Y)	C
9. kierros	Z	C	läpiajo (X/Y)	D
10. kierros	läpiajo (X/Y)	D	läpiajo (X/Y)	E
11. kierros	läpiajo (X/Y)	E	X	A
12. kierros	läpiajo (X/Y)	F	Y	B
13. kierros	X	A	läpiajo (X/Y)	C
14. kierros	Y	B	läpiajo (X/Y)	D
15. kierros	Z	C	läpiajo (X/Y)	E
16. kierros	läpiajo (X/Y)	D		
17. kierros	läpiajo (X/Y)	E		
18. kierros	läpiajo (X/Y)	F		

### 3.4.3 Kaistojen kulutusmäärät

Kaikki 20 kulutusautoa ehtivät testipäivänä ajaa 150 kierrosta testiradalla. Tämä tekee yhteensä 3000 ratakierrosta. Suoralla 1 tämä määrä jakautui kahtia, mutta suoralla 2 viiteen osaan. Kun määrään lisätään pitomittausautojen ajomäärät, nähdään, että suoran 1 kulutuskaistoilla oli 1605 ylitystä ja suoran 2 kulutuskaistoilla 642 ylitystä (taulukko 4).

Pitomittausautot aiheuttivat väistämättä sen, että testin vakionopeusalueille ja kiihdytyskohtiin syntyi kulutusohjelmaan kuulumattomia jarrutuksia. Näiden jarrutusten osuus ylitysmäärästä oli kuitenkin vain 3 % ensimmäisellä suoralla ja 7 % toisella suoralla (taulukko 4). Ohjelman mukaisesti kaikki autot (sekä kulutus- että pitomittausautot) jarruttivat suoran 2 jarrutuskohdissa.

**Taulukko 4.** Lopulliset kulutusmäärät sekä jarrutukset vakionopeus- ja kiihdytysosuuksilla.

		Suora 1			Suora 2					
		X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
Kulutusmäärät	Kulutusautot, nasta	1500	0	0	600	450	300	150	0	0
	Kulutusautot, kitka	0	1500	0	0	150	300	450	600	0
	Pitomittausauto, nasta	84	21	12	21	21	21	21	21	12
	Pitomittausauto, kitka	21	84	12	21	21	21	21	21	12
	Ylityksiä yhteensä	<b>1605</b>	<b>1605</b>	<b>24</b>	<b>642</b>	<b>642</b>	<b>642</b>	<b>642</b>	<b>642</b>	<b>24</b>
	Nastarengasautojen osuus	99 %	1 %	50 %	97 %	73 %	50 %	27 %	3 %	50 %
	Kitkarengasautojen osuus	1 %	99 %	50 %	3 %	27 %	50 %	73 %	97 %	50 %
Jarrutukset vakionopeus- ja kiihdytysosuuksilla	Nastarengasjarrutusten määrä vakionopeus- tai kiihdytysosissa	21	21	12	21	21	21	21	21	12
	Kitkarengasjarrutusten määrä vakionopeus- tai kiihdytysosuuksilla	21	21	12	21	21	21	21	21	12
	Jarruttavien autojen osuus vakionopeus- tai kiihdytysosuuksilla	3 %	3 %	100 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	100 %

## 3.5 Mittaukset

### 3.5.1 Jarrutusmatkamittaukset

Pitomittausautot olivat Nokian Renkaiden Vbox-mittainstrumentilla varustettuja henkilöautoja. Kun Vbox-ohjelmaan syötetään haluttu jarrutuksen lähtö- ja loppunopeus, Vbox laskee GPS-signaaliin pohjautuen jarrutusmatkan ja ajan. Jarrutukset aloitetaan aina haluttua korkeammasta nopeudesta, ja Vbox-laskee arvot asetetusta lähtönopeudesta. Tässä tutkimuksessa jarrutuksen laskennallinen lähtönopeus oli 25 km/h ja loppunopeus 5 km/h. Melko alhaiseen lähtönopeuteen päädyttiin, jotta pitomittausautot ehtisivät yhden kierroksen aikana jarruttaa kaikissa suoran 2 kuudessa eri mittauspaiassa.

Kerätyn jarrutusmatkatiedon perusteella voidaan laskea suoraan ns. fysikaalinen kitkakerroin, joka perustuu liike-energian kaavaan:

$$\frac{1}{2} m (v_0)^2 - \frac{1}{2} m (v_i)^2 = \mu m g L \quad (1)$$

missä:

$m$  = ajoneuvon massa

$v_0$  = jarrutusmatkan mittauksen lähtönopeus (m/s)

$v_i$  = jarrutusmatkan mittauksen loppunopeus (m/s)

$\mu$  = kitkakerroin

$g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys, eli 9,81 m/s<sup>2</sup>

$L$  = jarrutusmatka (m)

Yhtälön 1 perusteella voidaan laskea kitkakerroin:

$$\mu = (v_0^2 - v_i^2) / 2 g L \quad (2)$$

### 3.5.2 Kitkamittaukset

Varsinaisen kulutusajon 20 ajoneuvon ryhmään kuului kaksi tiestömittausyritys Road Masters Oy:n jarrutuskitkamittareilla varustettua ajoneuvoa. Näillä ajoneuvoilla tehtiin kitkamittaukset kulutusajon jarrutuskohdissa. Alun perin molemmat ajoneuvot käyttivät nastarenkaita ja ajoneuvoissa olevat kitkamittarit oli kalibroitu vastaamaan Liikenneviraston käyttämää kitkaskaalaa.

Testiä varten toiseen ajoneuvoon vaihdettiin kitkarenkaat. Tämän jälkeen kyseisen ajoneuvon kitkamittarin kalibroituarvot eivät enää olleet aivan oikealla tasolla. Puolet mittauksista haluttiin kuitenkin tehdä kitkarenkailla, jotta mittausten ja hieman raskaampien ajoneuvojen mahdollinen vaikutus rataan olisi rengastyypeittäin samanlainen. Koska mitattavien kitkaerojen oletettiin olevan pieniä, haluttiin myös, että havainnot voitaisiin todentaa kahdella toisistaan riippumattomalla menetelmällä. Koska nasta- ja kitkarenkaiden kitkaprofiili on erilainen (esim. kummatkin pitävät lumella suunnilleen yhtä hyvin, mutta nastat jäällä selvästi paremmin), haluttiin myös tarkkailla mahdollisen karhennusefektin vaikutusta kahteen eri rengastyypisiin. Erilaisen kitkaprofiilin vuoksi nasta- ja kitkarenkailla esitetyt tulokset on esitetty erillään.

Aikaisemmissa kitkamittarien vertailututkimuksissa (Malmivuo 2011 ja 2012) on havaittu, että Vbox-mittaukseen perustuvan jarrutusmatkalaskennan perusteella saadut kitka-arvot ovat hieman tarkempia kuin kitkamittareilla saadut kitka-arvot. Tämä johtuu siitä, että kitkamittareita on suunniteltu käytettävän liikenteen seassa ja mittaustulos on saavutettava hyvin lyhyen jarrutuksen perusteella. Mittarit on siis suunniteltu lyhyelle noin sekunnin mittaiselle jarrutukselle. Tämän tutkimuksen Vbox-mittauksissa (25→5 km/h) taas tarkasteltiin hidastuvuutta 1–3 sekunnin ajan, jolloin näiden mittausten tarkkuuskin on hieman parempi.

Tuloksissa on esitetty liukkauden muutokset sekä pitomittausautojen fysikaalisena kitkana että Road Mastersin autojen Liikenneviraston kitkana. Kuvissa 16 ja 17 on selitetty näitä kahta kitkan käsitettä sekä eri kitkatasojen merkitystä. Tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin syytä huomata, ettei pitomittausautoja ole kalibroitu.

tu siten, että niiden tulosten perusteella laskettu fysikaalinen kitka noudattaisi aivan tarkasti esitettyä Liikenneviraston kitkan ja fysikaalisen kitkan yhteyttä. Kitkatasojen merkitystä on selitetty tarkemmin luvussa 5.

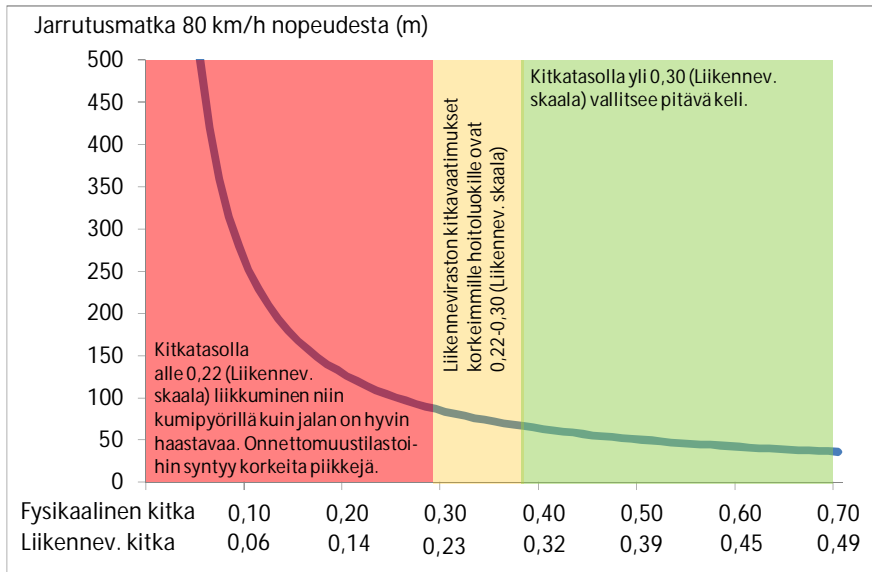
#### **FYSIKAALINEN KITKASKAALA**

- Laajempi skaala
- Skaalaus perustuu kitkan fysikaaliseen kaavaan
- Liikenneviraston skaalan arvoa 0,29 vastaa arvo 0,37
- Vastaavasti Liikenneviraston skaalan arvoa 0,20 vastaa arvo 0,26

#### **LIIKENNEVIRASTON KITKASKAALA**

- Suppeampi skaala
- Kitkamittari skaalataan näyttämään arvoa 0,29 lumipolanteella -5 °C lämpötilassa
- Skaalaus päätettiin 1980-luvulla, jolloin referenssilaitteena pidettiin Ilmailulaitoksen B V11 -kitkamittaria
- Moottoreiden kitkavaatimus on 0,30
- Matalin kitkavaatimus on lb-hoitoluokan teille asetettu vakiintuneen talvikelin 0,22
- Alle 0,20 kitkaa voidaan pitää jo lähes "pääkallokelinä"

**Kuva 16.** Liikenneviraston kitkaskaala ja fysikaalinen kitkaskaala (Malmivuo 2013).



Kuva 17. Jarrutusmatka 80 km/h nopeudesta suhteessa eri kitkaskaaloihin. Skaalojen vertailu pohjautuu Malmivuon (2012) aineistoon.

### 3.5.3 Uransyvyysmittaukset

Uransyvyyden mittausohjelma sisälsi 84 uransyvyysmittausta. Tämä mittausohjelma suoritettiin testin alussa, puolivälissä ja lopussa. Mittausohjelmaa on kuvattu taulukossa 5. Uramittaukset olivat pistekohtaisia mittauksia.

Taulukko 5. Uransyvyyden mittausohjelma. Luku "1" tarkoittaa yhtä pistekohtaista uramittausta. Taulukon mittausohjelma suoritettiin kolme kertaa testipäivän aikana.

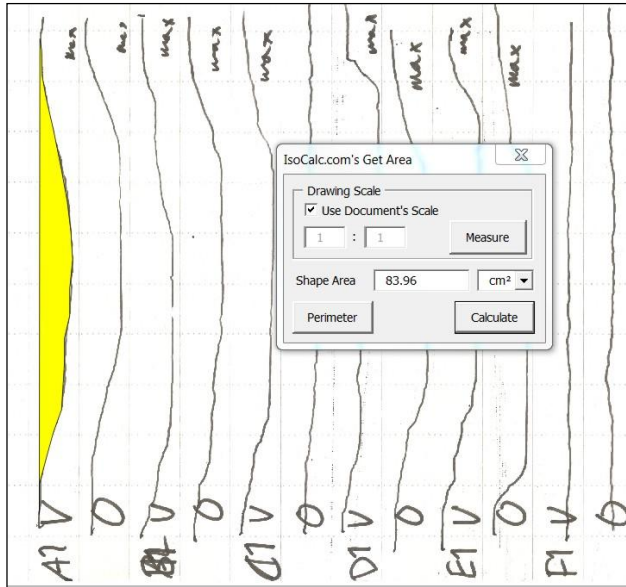
		X, vasen ura	X, oikea ura	Y, vasen ura	Y, oikea ura	Z, vasen ura	Z, oikea ura	A, vasen ura	A, oikea ura	B, vasen ura	B, oikea ura	C, vasen ura	C, oikea ura	D, vasen ura	C, oikea ura	E, vasen ura	E, oikea ura	F, vasen ura	F, oikea ura
Suora 1	Alusta	1	1	1	1	1	1												
	Lopusta	1	1	1	1	1	1												
Suora 2	Lumipolanne, tasainen nopeus							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Lumipolanne, jarrutus							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Lumipolanne, kiihdytys							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Jääpolanne, tasainen nopeus							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	Jääpolanne, jarrutus							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Jääpolanne, kiihdytys							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Uransyvytydet mitattiin 500 mm:n levyisellä muotokammalla (kuva 18). Tämän jälkeen uramuoto jäljennettiin kammasta ruutupaperille piirtämällä. Piirrokset skannattiin ja kuvat luettiin Corel Draw -piirrosohjelmaan. Sen jälkeen kun oli tarkastettu, että kuvan mittakaava vastasi ohjelman mittakaavaa, jäljennettiin piirros-ohjelmalla poikkileikkauksen ääriviivat. Corel Draw -ohjelmaan saatava makro-ohjelma kertoi tämän jälkeen automaattisesti poikkileikkauksen pinta-alan (kuva 19).

Poikkileikkauksen pinta-ala kuvaa paremmin urasyvyyden kasvua kuin pelkkä urasyvyyden mittaaminen, sillä uran leveys ja profiilin muoto voivat vaihdella. Koska uran poikkileikkauksen pinta-ala on kuitenkin vaikeasti hahmotettavissa oleva suure, on uramittausten tulokset jäljessä ilmoitettu keskimääräisenä urasyvyytenä. Tämä urasyvyys on saatu jakamalla uran poikkileikkauksen pinta-ala 35 cm:llä. Tämä 35 cm vaikutti olevan keskimääräinen uran leveys niissä kohdissa, joissa uraa muodostui enemmän.



**Kuva 18.** Uraprofiilin muoto jäljennettiin 500 mm pituisen muotokamman avulla. Parhaiten muoto jäljentyi, kun kamman piikit "taputeltiin" päältä päin pintaan kiinni. Lumipolanne oli sen verran kovaa, että oikein käytettynä piikit eivät painuneet polanteen sisään.



**Kuva 19.** Uran poikkileikkauksen pinta-alan laskenta Corel Draw -ohjelmassa. Kuvassa vasemmanpuoleisin poikkileikkaus on jäljennetty piirrosohjelmalla (keltainen alue). Tämän jälkeen ohjelma laskee suoraan poikkileikkauksen pinta-alan.

Koska lumipolanne kului testin aikana yllättävän nopeasti, muotokamman ulottuvuus ei enää riittänyt ns. loppumittauksiin. Tämän vuoksi urasyvyyyksiä on tulostulovussa tarkasteltu lumipolanteen osalta vain alussa ja puolivälissä testiä. Jääpolanteen osalta voitiin tarkastella myös loppumittauksia.

Urasyvyyden mittaustarkkuus on noin  $\pm 0,5$  cm. Epätarkkuutta aiheuttivat tarkan mittauskohdan pieni vaihtelu testin edetessä, muotokamman kyky uramuodon jäljentämiseen, uramuodon piirtämisen epätarkkuus ja poikkileikkauksen pinta-alan laskenta. Tämän vuoksi joissain tuloksissa urasyvyyttä on ollut alussa hieman enemmän kuin myöhemässä vaiheessa.



## 4. Tulokset

### 4.1 Yleistä

Testissä lumipolanne kului uskottua nopeammin ja lisäksi kuluminen oli varsin epätasaista, eli lumipolanne kului varsin kuoppaiseksi. Kuvat 20 ja 21 kuvaavat lumipolanneratojen kulumista testin puolivälissä. Suoralla 1 asfaltti näkyi hieman ja suoralla 2 jarrutus- ja kiihdytyskohdissa vieläkin enemmän. Sen sijaan suoralla 1 tasaisen ajon kohdissa lumipolanne oli vielä testin puolivälissä täysin ehjä. Testin lopussa lumipolanne oli kulunut myös tasaisen vaihdin osuudelta monin paikoin puhki (kuva 22). Jääpolanne pysyi täysin ehjänä kokeen loppuun asti, jopa jarrutus- ja kiihdytyskohdissa (kuva 23). Jääpolanne ei missään vaiheessa edes kulunut jääkerroksen alla olevaan lumipolanteeseen asti.



**Kuva 20.** Lumipolanne testin puolivälissä suoralla 1 kaistalla X.



**Kuva 21.** Lumipolanne kaistan A jarrutuskohdassa testin puolivälissä.



**Kuva 22.** Kaista C lumipolanneosuuden tasaisen vauhdin kohdassa testin lopussa.



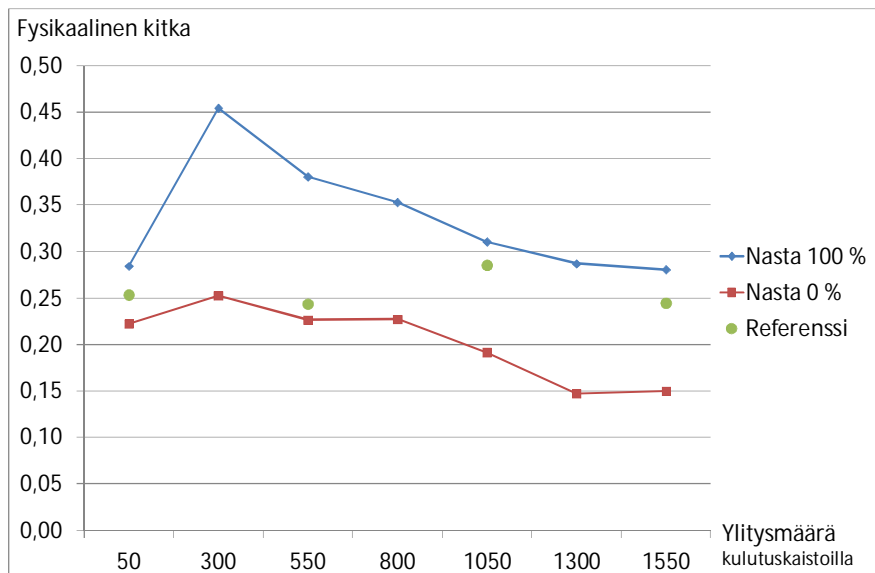
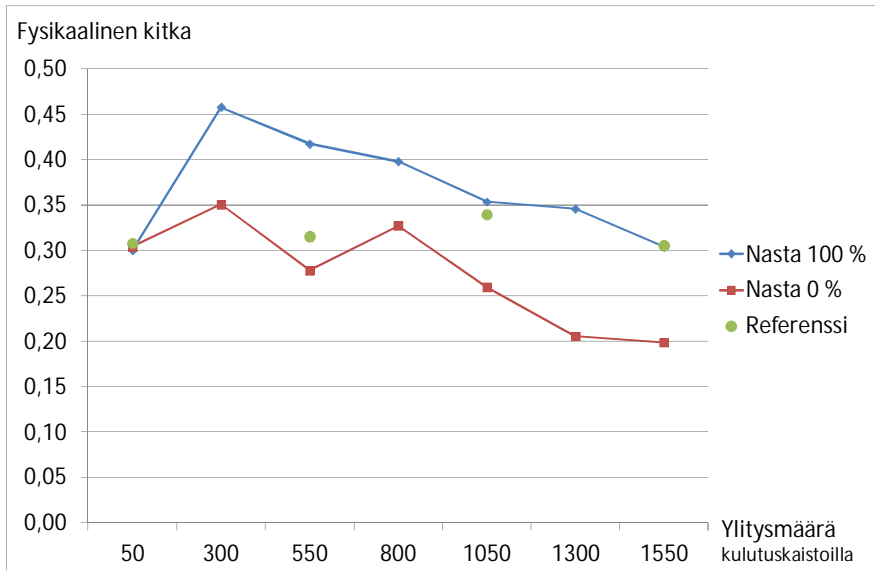
**Kuva 23.** Kaista C jääpolanneosuuden jarrutuskohdassa testin lopussa.

## **4.2 Talvirengastyypin vaikutus liukkauteen**

### **4.2.1 Fysikaalisen kitkan muutokset**

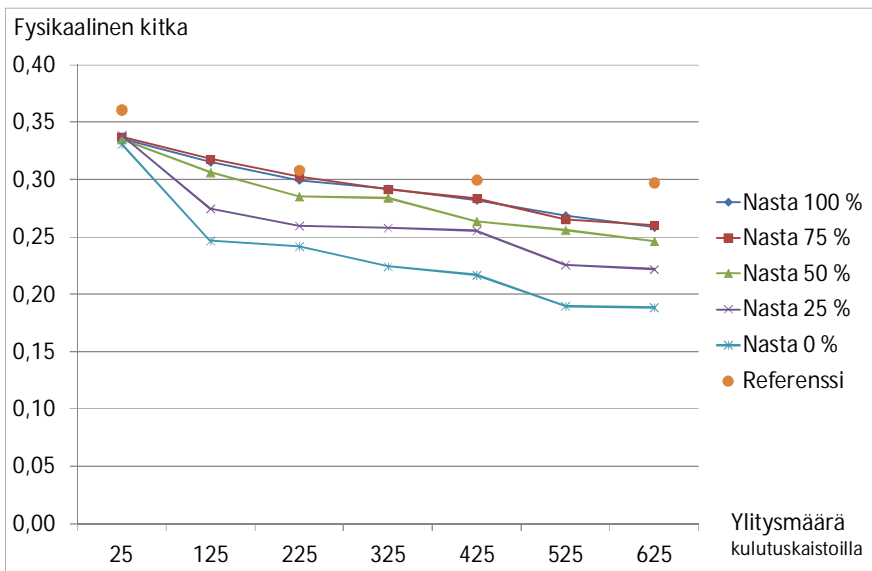
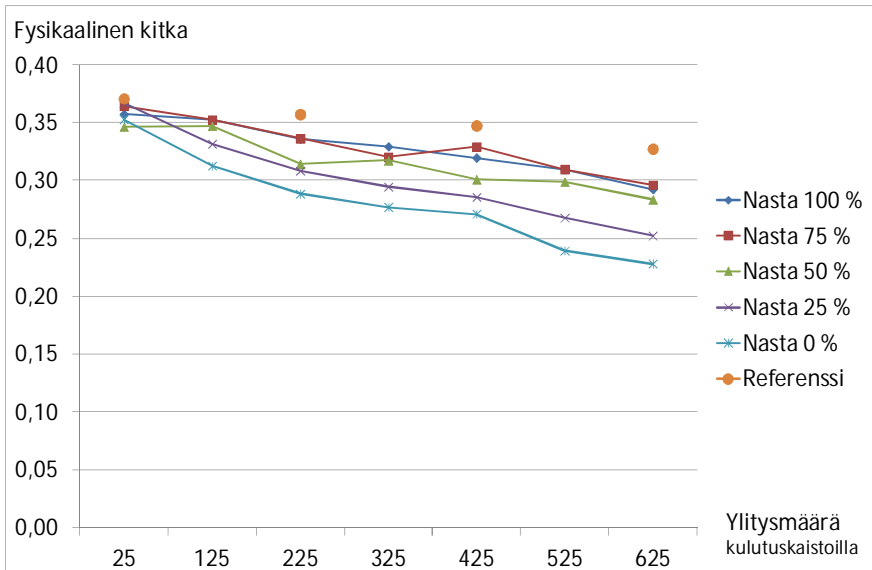
Fysikaalisen kitkan muutokset testin kuluessa esitetään kuvasarjoina: ensin esitetään suoraa 1 koskevat tulokset ja sen jälkeen suoraa 2 koskevat tulokset.

Kuvassa 24 on tarkasteltu fysikaalisen kitkan (Vbox-mittaukset) muutoksia suoralla 1. Tulosten mukaan jo noin 300 ylityksen jälkeen syntyi X- ja Y-kaistojen välille selvä pitoero, joka pysyi melko vakiona testin loppuun asti.



**Kuva 24.** Fysikaalinen kitka suoralla 1 mitattuna nastarenkain (ylhäällä) ja kitkarenkain (alhaalla). Mittaustulokset ovat kolmen mittauksen keskiarvoja.

Suoralla 2 kitkaa mitattiin kuudessa eri kohdassa (sekä lumi- että jääpolanteella tasainen nopeus, jarrutus ja kiihdytys). Kitkakeskiarvot kaistoittain näistä kuudesta eri mittauskohdasta on esitetty kuvassa 25. Yksittäiset mitaustulokset on esitetty liitteen A taulukossa 2.



**Kuva 25.** Fysikaalisen kitkan keskiarvo suoran 2 kaikkien kuuden eri mittauspisteiden keskiarvona nastarenkain (ylhällä) ja kitkarenkain (alhaalla) mitattuna.

Tulosten mukaan nastarenkaiden osuus ei vaikuttanut paljoakaan kitkaan, jos nastarenkaiden varustettujen autojen osuus oli vähintään 50 %. Kun nastojen osuus oli 25 % tai 0 %, kitka laski selvemmin. Yksittäisiä mittauskohtia tarkastellessa eri kaistojen järjestys kitkan suhteen vaihtelee luonnollisesti voimakkaammin kuin yhteenvetokuvassa. Yhteenvetokuvan keskeinen tulos on kuitenkin nähtävissä

jokaisessa yksittäisessä mittauskohdassa: suurin kitka kokeen lopussa löytyy aina kaistalta, jonka liikenteestä nastarenkaallisia autoja oli 100 %, 75 % tai 50 %. Heikoin kitka löytyy yhtä poikkeusta lukuun ottamatta kaistalta, jolla ajettiin vain kitkarenkailla.

Liikennemäärä ja sään kehitys vaikuttivat siten, että kitka laski testipäivän aikana kaikilla kaistoilla, myös referenssikaistalla. Nastarenkaatkaan eivät siten lisänneet pitoa testin alkuun verrattuna, mutta lisäsivät selvästi pitoa niihin kaistoihin verrattuna, joissa kitkarenkaita oli suurempi osa liikenteestä. Tämä kitkan lasku nastarengaskaistalla näkyi jonkin verran myös Vaan ja Giaeverin (2003) tuloksissa.

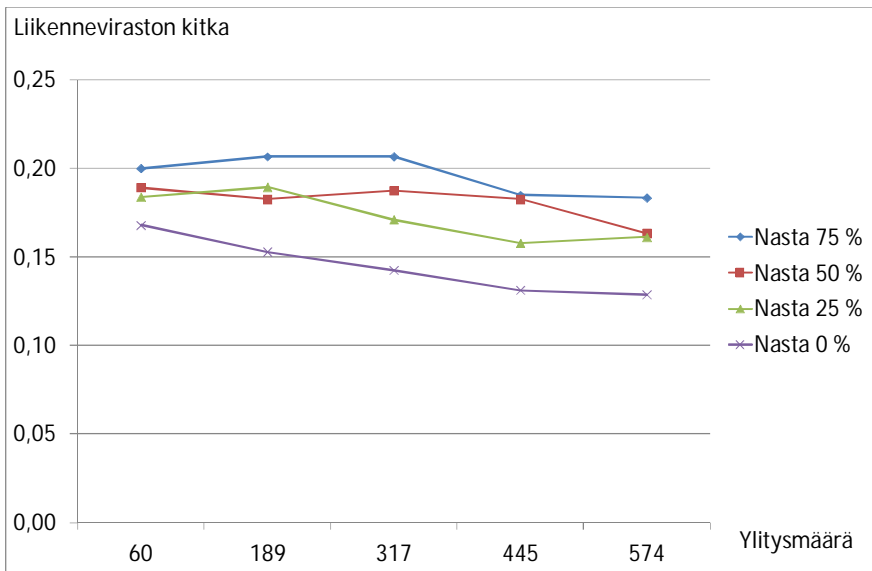
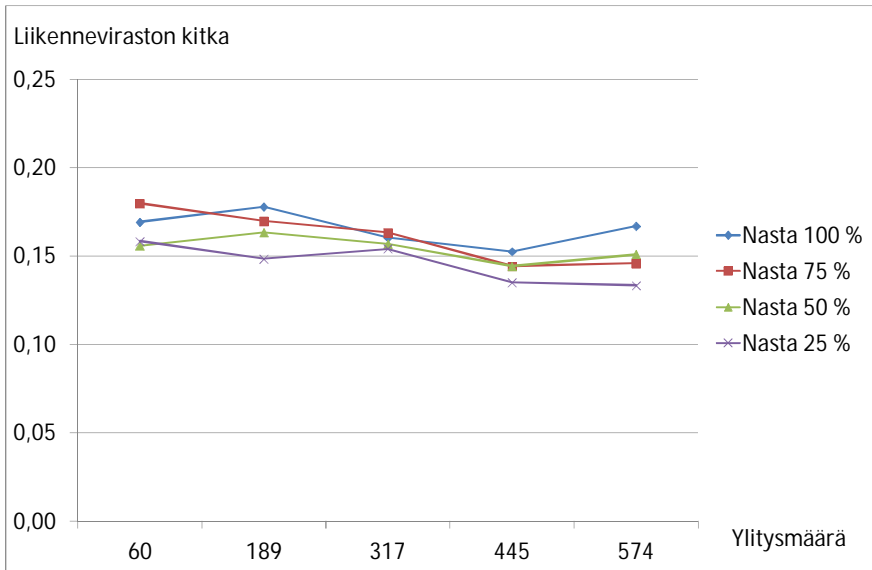
Äärimmäisten kulutuskaistojen välinen kitkaero syntyi jo varhain, noin 200–300 ylityksen jälkeen (myös suoralla 1). Vaikuttaa siten ilmeiseltä, ettei kitkaero olisi kasvanut enempää, vaikka testiä olisi voitu jatkaa pitempäänkin.

Suurimmat kaistojen väliset kitkaerot testin lopussa löytyivät tasaisen nopeuden osuuksilta. Pienimmän kitkan kaistat liukastuivat jarrutusten ja kiihdytysten seurauksena vain vähän, kun taas suurimman kitkan kaistat liukastuivat vastaavilla osuuksilla selvästi enemmän. Toisin sanoen voimakas jarruttaminen tai kiihdyttäminen ei kasvattanut nastarenkaiden karhennusefektiä.

Koska lumipolanneisuus kului jonkin verran epätasaisesti, tämä on voinut vaikuttaa myös lumipolanteen kitkanmittaustuloksiin. Havaittujen kitkaerojen suuruus on kuitenkin lumipolanteella varsin yhdenmukainen jääpolanteen tulosten kanssa.

#### **4.2.2 Liikenneviraston kitkan muutokset**

Road Mastersin autoilla mitatut kitkatulokset on esitetty kuvassa 26 sekä liitteen A taulukossa 3.



**Kuva 26.** Road Mastersin autojen mittaama keskimääräinen Liikenneviraston kitkaskaalan mukainen kitka suoran 2 jarrutuskohtissa mitattuna nastarenkain (ylhäällä) ja kitkarenkain (alhaalla).

Road Mastersin autoilla kierrettiin testirataa siten, että esim. nastarenkain varustettu ajoneuvo mittasi varsin harvakseltaan kaistaa, jolla nastarenkaiden osuus oli 25 %. Testipäivän 150 kierroksen aikana kyseinen ajoneuvo kävi tällä kaistalla yhteensä 15 kertaa. Koska luotettavan kitkan mittauksen vähimmäisarvona voi-

daan pitää kolmen perättäisen mittauksen keskiarvoa, on liitteessä esitetyt RM:n kitkatulokset laskettu viiden eri kitkakeskiarvon mukaan ( $15/3 = 5$ ). Nastarenkaallilla tämä merkitsi kaistalla D (25 % nastoja) kolmen mittauksen keskiarvoa, kaistalla C (50 % nastoja) kuuden mittauksen keskiarvoa, kaistalla B (75 % nastoja) yhdeksän mittauksen keskiarvoa ja kaistalla A (100 % nastoja) kahdentoista mittauksen keskiarvoa.

Kuvassa 26 on esitetty RM:n kitkamittausten keskiarvo suoran 2 jarrutuskohdissa. Koska nastarenkain varustettu ajoneuvo oli kalibroitu, voidaan tuloksista nähdä, että testipäivän kitkataso oli huomattavan pieni. Yleensä alle 0,20 kitkaa esiintyy vain jäisillä keleillä, mutta nyt lähtötaso oli lumipolanteellakin (ks. liite A) jo keskimäärin hieman alle 0,20. Toki on muistettava, että mitattava kohta oli jarrutuskohda, jossa oli jo ensimmäisten mittaustenkin aikana jonkin verran jarruteltu.

Road Mastersin autoilla saadut tulokset vahvistavat edellä kuvattujen pitomittausautojen tuloksia. Testipäivän lopussa korkein kitka löytyy kaistalta, jossa nastarenkaiden osuus on suurin, ja matalin kitka sieltä, missä nastarenkaiden osuus on pienin.

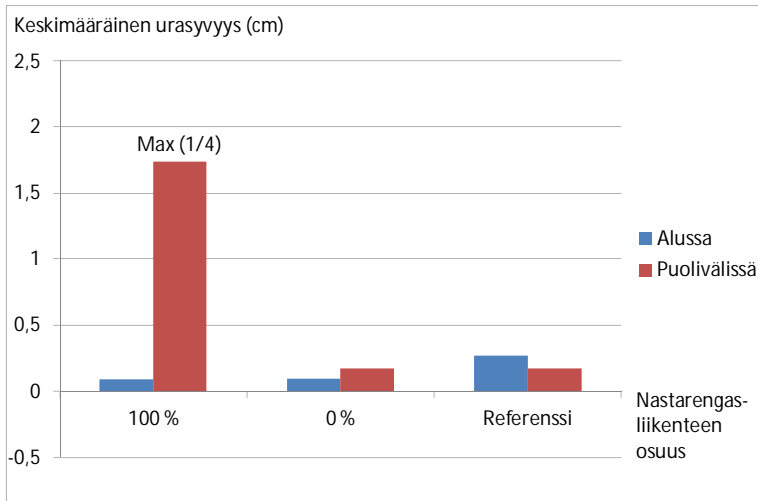
### 4.3 Talvirengastyypin vaikutukset uran muodostukseen

Uransyvyysarvot on seuraavassa esitetty seitsemästä eri testiradan kohdasta:

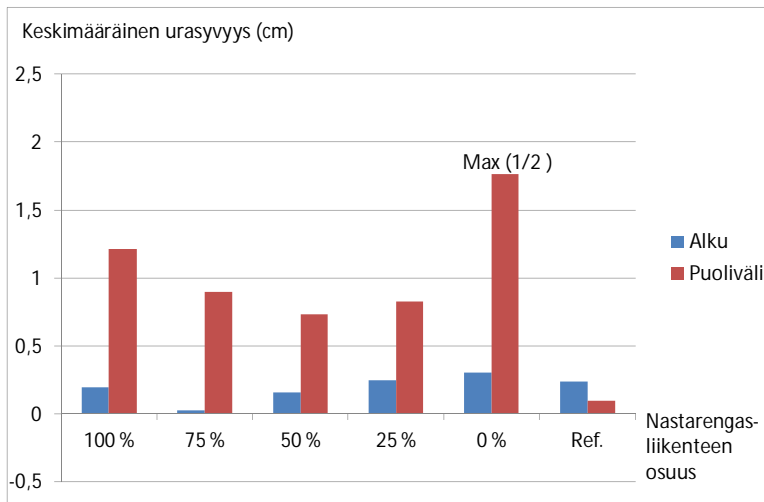
- suoralta 1 (lumipolanne ja tasainen nopeus) (kuva 27)
- suoralta 2 lumipolanneosuudelta tasaisen nopeuden kohdasta (kuva 28)
- suoralta 2 lumipolanneosuudelta jarrutuskohdasta (kuva 29)
- suoralta 2 lumipolanneosuudelta kiihdytyskohdasta (kuva 30)
- suoralta 2 jääpolanneosuudelta tasaisen nopeuden kohdasta (kuva 31)
- suoralta 2 jääpolanneosuudelta jarrutuskohdasta (kuva 32)
- suoralta 2 jääpolanneosuudelta kiihdytyskohdasta (kuva 33).

Näistä seitsemästä kohdasta kuusi osoittaa, että polanne on kulunut enemmän sieltä, missä on ollut enemmän nastarengasliikennettä. Sen sijaan kuvassa 28 näkyy, että suoran 2 lumipolanneosuudella tasaisen nopeuden kohdalla suurin urasyvyys löytyy kitkarengaskaistalta. Lumipolanteen hyvin epätasainen kuluminen on todennäköisesti aiheuttanut sen, että uramittaus tulokset ovat lumipolanneosuuksilla epäjohdonmukaisempia. Sen sijaan tasaisen kulumisen jääpolanneosuudella uramittaus tulokset ovat selvästi johdonmukaisempia.

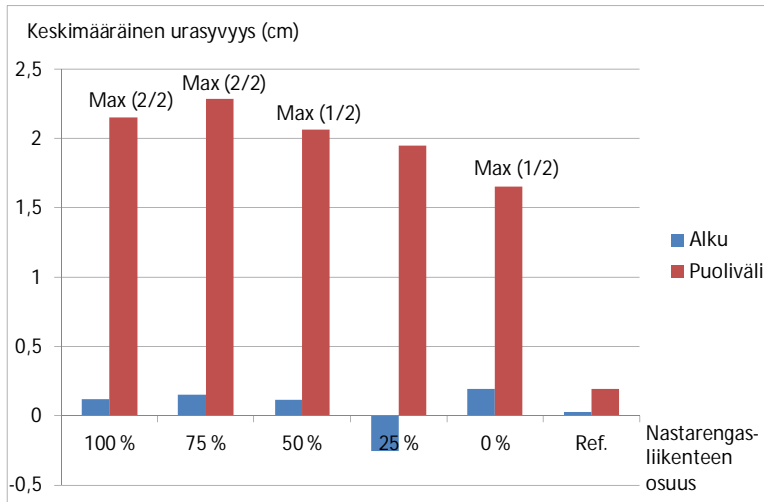




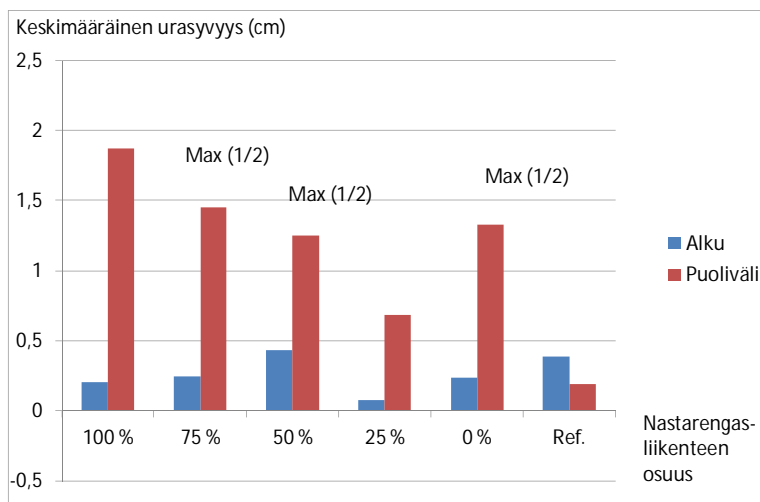
**Kuva 27.** Keskimääräinen urasyvyys suoralla 1. Lukemat ovat neljän arvon keskiarvoja (mitattu kummastakin pyöränurasta kahdesta eri kohdasta). Merkintä "Max(1/4)" tarkoittaa, että yksi neljästä mittauksesta on ollut sellainen, jossa muotokampa on saavuttanut maksiminsa (ei ole enää yltänyt uran pohjaan).



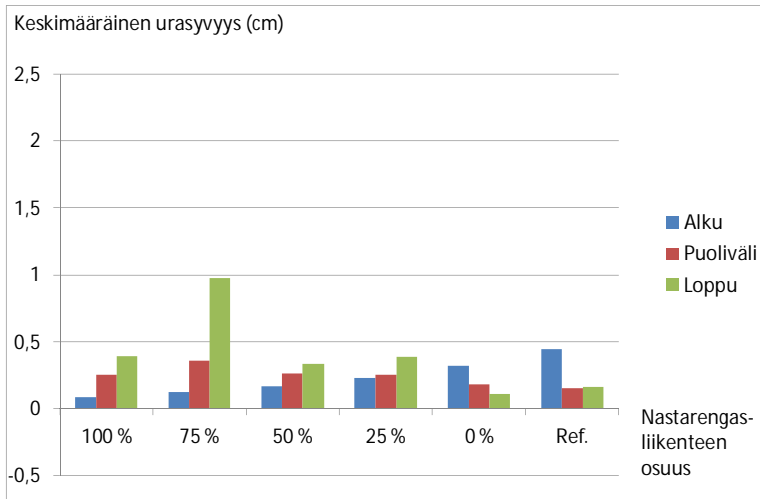
**Kuva 28.** Keskimääräinen urasyvyys suoran 2 lumipolanneosuuden tasaisen ajon kohdasta. Lukemat ovat vasemman- ja oikeanpuoleisen pyöränuran keskiarvoja. Merkintä "Max(1/2)" tarkoittaa, että toisessa urassa muotokampa ei ole enää yltänyt uran pohjaan.



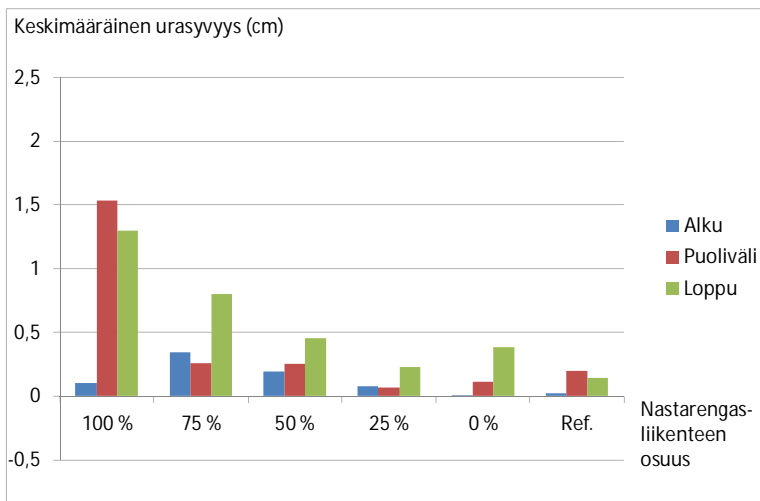
**Kuva 29.** Keskimääräinen urasyvyys 2-suoran lumipolanneosuuden jarrutuskohtasta. Lukemat ovat vasemman- ja oikeanpuoleisen pyöränuran keskiarvoja. Merkintä "Max(1/2)" tarkoittaa, että toisessa urassa muutokampa ei ole enää yltänyt uran pohjaan. Vastaavasti "Max (2/2)" tarkoittaa, että muutokamman maksimiulottuvuus on saavutettu kummassakin renkaan urassa. Negatiivinen urasyvyys tarkoittaa, että mittauskohdassa on ollut kuperuutta koveruuden sijaan.



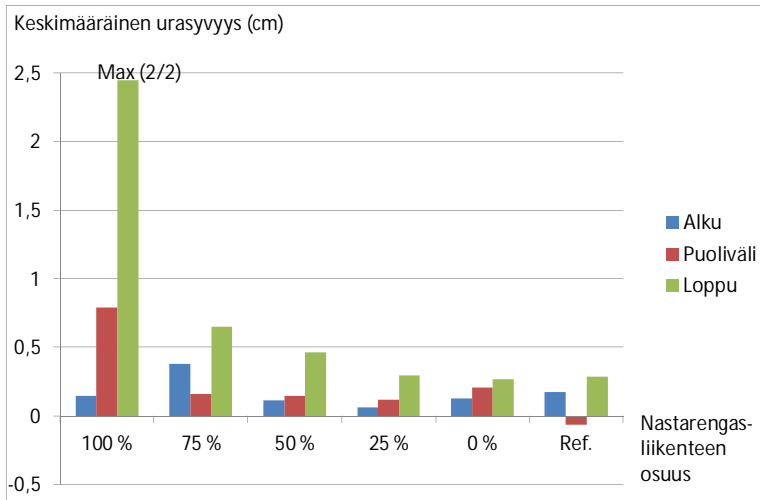
**Kuva 30.** Keskimääräinen urasyvyys 2-suoran lumipolanneosuuden kiihdytyskohtasta. Lukemat ovat vasemman- ja oikeanpuoleisen pyöränuran keskiarvoja. Merkintä "Max(1/2)" tarkoittaa, että toisessa urassa muutokampa ei ole enää yltänyt uran pohjaan.



**Kuva 31.** Keskimääräinen urasyvyys 2-suoran jääpoltanneosuuden tasaisen ajon kohdasta. Lukemat ovat vasemman- ja oikeanpuoleisen pyöränuran keskiarvoja.



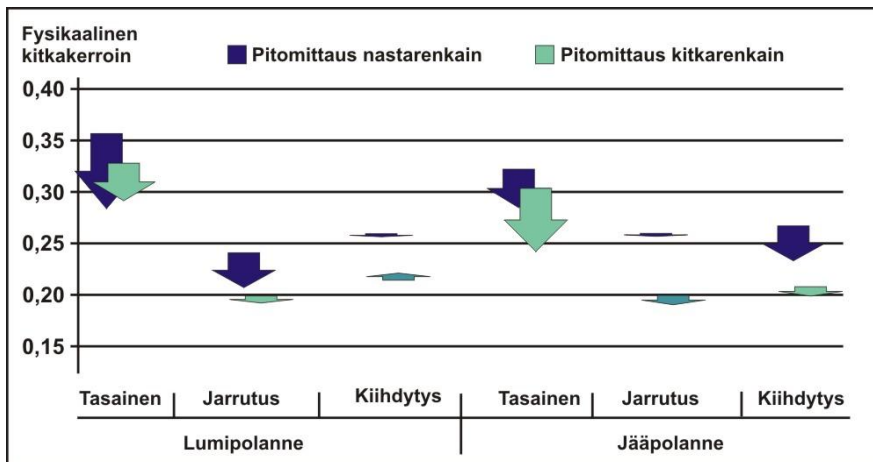
**Kuva 32.** Keskimääräinen urasyvyys 2-suoran jääpoltanneosuuden jarrutuskohdasta. Lukemat ovat vasemman- ja oikeanpuoleisen pyöränuran keskiarvoja.



**Kuva 33.** Keskimääräinen urasyvyys 2-suoran jääpolanneosuuden kiihdytyskohdasta. Lukemat ovat vasemman- ja oikeanpuoleisen pyöränuran keskiarvoja. Merkintä "Max (2/2)" tarkoittaa, että muutokamman maksimiulottuvuus on saavutettu kummassakin renkaan urassa.

## 5. Kitkan muutokset ja talvihoidon laatuvaatimukset

Seuraavassa pyritään tulkitsemaan edellä esitettyjä kitkamittausten päätuloksia talvihoidon laatuvaatimusten suhteen. Nastarengasosuuden laskiessa alle 50 %:iin kitkataso laski varsin selvästi. Lasku oli selvin tasaisen vauhdin osuuksilla. Jarrutus- ja kiihdytysosuuksilla muutos oli vähäisempää. Kuvassa 34 on tarkasteltu sitä, paljonko kitkataso muuttuu 625 ylityksen jälkeen, jos nastarenkaiden osuus muuttuu 50 %:sta 25 %:iin.



**Kuva 34.** Kitkataso muuttuu 625 ylityksen jälkeen, jos nastarenkaiden osuus muuttuu 50 %:sta 25 %:iin. Pitomittaukset nasta- ja kitkarenkain.

Kuvassa esitetyt muutokset voidaan muuntaa Liikenneviraston asteikolle käyttäen fysikaalisen kitkan ja Liikenneviraston kitkan muunnostaulukkoa (Malmivuo 2012). Lisäksi on huomioitu, että pitomittausauton lähtötaso lumipolanteella oli 0,40, joka vastaa Liikenneviraston skaalalla suunnilleen kitkatasoa 0,32. Koska Liikenneviraston kitkaskaala kalibroidaan -5 asteen lämpötilassa lumipolanteella 0,29:ään, olisi oikea lähtötaso Liikenneviraston skaalalla 0 asteen lämpötilassa noin 0,25 (ottaen huomioon myös Road Mastersin kalibroidun kitkamittarin lähtötaso kyseisessä testissä). Täten oikea kalibrointikerroin on noin 0,78.

Em. muunnosten seurauksena lumipolanteella tasaisella nopeudella nastarenkain mitattu kitkan muutos tarkoittaa Liikenneviraston asteikolla suunnilleen pudotusta 0,23:sta 0,16:een. Jääpolanteella muutos on Liikenneviraston asteikolla noin 0,20:stä 0,16:een. Jarrutus- ja kiihdytyskohdissa kitkan muutokset olivat pienempiä.

Liikennevirasto on määrittellyt kolmelle ylimmälle talvihoidoluokalle taulukossa 6 näkyvät kitkarajat. Kahdelle alimmalle hoitoluokalle, eli luokille II ja III, ei ole määritetty kitkavaatimuksia lainkaan.

**Taulukko 6.** Talvihoidon kitkavaatimukset (Tiehallinto 2009).

Talvihoidoluokka	Kitkavaatimus	Kitkavaatimus kylmässä
Is	0,30	< -6 °C, kitka 0,25
I	0,28	< -4 °C, kitka 0,25
Ib ja Tib	0,25 syys- ja kevättalvi	
	0,25 pistehiekoitus vakiintunut talvi	
	0,22 linjakäsittely vakiintunut talvi	

Liikennevirasto pohti vuonna 2014 työryhmässään myös kitkarajojen asettamista II- ja III-luokille. Koska näillä luokilla ei vähäisen liikenteen vuoksi voi eikä kannata käyttää suolaa, liukkaudentorjunta tehdään hiekoittamalla. Koska hiekan vaikutusta kitkaan ei pystytä takaamaan yhtä hyvin kuin suolan, puhuttiin näissä luokissa kitkan toimenpiderajasta. Kitkan toimenpideraja tarkoitti sitä, että kitkan alittaessa toimenpiderajan vaatimusten laiminlyöntiä ei voitu osoittaa, mikäli (hiekoitus)toimenpide oli kuitenkin todennettavissa. Taulukossa 7 on esitetty suunnitellut luokkien II ja III toimenpiderajat, joita ei kuitenkaan ole toistaiseksi päätetty ottaa käyttöön.

**Taulukko 7.** Ehdotus hoitoluokkien II ja III kitkan toimenpiderajaksi (Lappalainen 2015).

Talvihoidoluokka	Toimenpideraja
II–III	0,25 erityisten ongelmakohtien pistehiekoitus
	0,20 laajennettu pistehiekoitus
	0,17 linjahiekoitus

Taulukot 7 ja 8 osoittavat, että yhden hoitoluokan suuruinen ero kitkavaatimuksissa on keskimäärin noin 0,03. Kun nastarenkaiden osuus tämän tutkimuksen olosuhteissa laski 50 %:sta 25 %:iin, kitkan väheneminen tasaisen nopeuden testitaolosuhteissa vastasi noin kahta hoitoluokkaa. VTT:llä kehitetyn turvallisuusvaikutusten arviointiohjelma TARVAN mukaan yhden hoitoluokan suuruinen hoitoluokan lasku lisäisi onnettomuuksia 2 % (Malmivuo ja Peltola 2004). Hoitoluokan muutokseen sisältyy kuitenkin myös muita toimenpidevaatimuksia kuin liukkaudentorjunnan kitkavaatimus.

## 6. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten erilaiset nastarenkaiden liikenneosuudet vaikuttavat lumi- ja jääpolanteen kitkaan ja kulumiseen. Tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää hyväksi liikennepoliittisessa päätöksenteossa.

Tutkimuksen aineisto kerättiin koeradalla tehdyllä testillä. Testissä kymmenen nastarenkain ja kymmenen kitkarenkain varustettua henkilöautoa kiersivät testirataa ympäri tietyn ajo-ohjelman mukaisesti. Testiympyrällä sijaitsi kaksi testisuoraa. Ensimmäinen testisuora oli jaettu kolmeen eri kaistaan. Kaistat olivat nastarengaskaista, kitkarengaskaista ja referenssikaista. Toinen testisuora oli jaettu kuuteen eri kaistaan. Nämä kaistat olivat seuraavanlaiset:

- nastarengasliikennettä 100 %
- nastarengasliikennettä 75 %, kitkarengasliikennettä 25 %
- nastarengasliikennettä 50 %, kitkarengasliikennettä 50 %
- nastarengasliikennettä 25 %, kitkarengasliikennettä 75 %
- kitkarengasliikennettä 100 %
- referenssikaista.

Ensimmäinen testisuora oli kokonaan lumipolanteinen. Kulutuskaistoilla käytettiin tasaista ajonopeutta. Toinen testisuora oli jaettu lumi- ja jääpolanneosuuksiin. Kumpikin näistä osuuksista oli lisäksi jaettu tasaisen nopeuden sekä jarrutus- ja kiihdytyskohtiin. Testi kesti yhden päivän. Ensimmäisen testisuoran kulutuskaistoille kertyi yhteensä noin 1600 ylitystä ja toisen testisuoran kulutuskaistoille noin 640 ylitystä. Ennen testiä, testin aikana ja sen jälkeen suoritettiin sekä pito- että uransyvyysmittauksia. Testipäivän olosuhteet suosivat testiä. Ilman lämpötila oli noin 0 °C, ja pilvisyydestä johtuen testinaikaiset lämpötilan vaihtelut olivat vain joitain asteen kymmenyksiä. Testin aikana havaittiin referenssikaistoilla varsin useissa kohdin pientä kitkatason laskua. Tämä johtui todennäköisemmin referenssikaistoilla tehdyistä jarrutuskitkamittauksista kuin keliolosuhteiden muutoksista. Tämä ei kuitenkaan selitä kulutuskaistojen kitkaeroja.

Kokonaistulosten perusteella pito oli varsin samansuuruisia kaistoilla, joilla nastarengasliikennettä oli 100 %, 75 % ja 50 %. Pito oli kuitenkin selvästi alempi kaistoilla, joilla nastarengasliikennettä oli 25 % ja 0 %. Tulosten perusteella 25 %:n nastarengasosuus ei riitä vielä tyydyttävään kitkaan testin olosuhteissa (lumi-jääpolanne, 0 °C). Sen sijaan 50 %:n nastarengasosuus vaikuttaisi riittävältä,

koska se ei vielä laskisi merkittävästi kitkaa esim. 100 %:n nastarengasosuuteen verrattuna.

Tulokset osoittivat myös, että jarrutus- ja kiihdytyskohdissa nastarenkaiden karhennusvaikutus oli vähäisempää kuin tasaisen nopeuden alueilla. Vaikutti siltä, että jarrutus ja kiihdytys liukastavat polanteen pintaa niin voimakkaasti, että ne ”pyyhki-vät” varsin tehokkaasti nastojen karhennusvaikutuksen pois. Näissäkin kohdissa kitka rupesi selvemmin laskemaan, kun nastarenkaiden osuus jäi alle 50 %:iin.

Kun tarkasteltiin tasaisen nopeuden kohtia, nastarengasosuuden laskeminen 50 %:sta 25 %:iin laski lumipolanteella kitkaa noin 0,23:sta 0,16:een ja jääpolanteella noin 0,20:sta 0,16:een Liikenneviraston asteikolla. Muutos on keskimäärin kahden peräkkäisen talvihoitoluokan kitkavaatimusten eron suuruinen.

Uransyvyysmittaukset osoittivat, että lumi- ja jääpolanne kuluivat nopeimmin kaistoilla, joilla oli suurempi nastarengasosuus. Lumipolanteen epätasaisen kulumisen ja uransyvyysmenetelmän epätarkkuuden vuoksi uransyvyuden tarkkoja kasvunopeuksia ja -eroja ei voitu kuitenkaan laskea.

Testin tulokset ovat melko hyvin sopusoinnussa Vaan ja Giaeverin (2003) tulosten ja varsinkin Vaan (2013) esittämän tulkinnan kanssa. Sen sijaan Tuononen ja Sainio (2013, 2014) päättelivät, että 25 % tai 25–50 % riittää karhentamaan jäistä tienpintaa riittävästi. Eroa hieman pienempään osuuteen selittää mahdollisesti se, että Tuonosen ja Sainion tutkimuksessa ylityskertojen määrä oli huomattavasti vähäisempi.

Varsin todennäköisesti sääolosuhteet ja etenkin jään, jääpolanteen ja lumipolanteen kovuus vaikuttavat voimakkaasti tämänkaltaisten tutkimusten tuloksiin. Siten edellä esitetyt tulokset koskevat ainoastaan testipäivän olosuhteita ja niiden yleistämisessä on oltava varovainen.



## Lähteet

- Anila, M. ja Alppivuori, K. 1994. Lumipolanteen kiillottuminen. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 39/1994. Helsinki: Tielaitos.
- Anila, M. ja Kallberg, V.-P. 1994. Nastarenkaiden vaikutus polanteen kulumisnopeuteen ja tienpinnan kitkaominaisuuksiin. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 26/1994. Helsinki: Tielaitos.
- Lappalainen, H. 2015. Liikenneviraston hankinnan asiantuntija Heikki Lappalaisen sähköpostihaastattelu 18.8.2015.
- Malmivuo, M. 2011. Kitkamittareiden vertailututkimus 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 48/2011. Helsinki: Liikennevirasto.
- Malmivuo, M. 2012. Kitkamittarien lisätetit Nokialla 7.–9.3.2012. Liikenneviraston sisäinen raportti. Helsinki: Liikennevirasto.
- Malmivuo, M. 2013. Optisten kitka- ja lämpömittarien vertailututkimus 2013. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 52/2013. Helsinki: Liikennevirasto.
- Malmivuo, M. ja Peltola, H. 2004. Turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimin. Tarva-ohjelman vaikutuskertoimien määrittely. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 1/2004. Helsinki: Liikennevirasto.
- Tiehallinto. 2009. Teiden talvihoito. Laatuvaatimukset, moniste 19.1.2009. Tiehallinto. Helsinki: 2009.  
[http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/talvihoidon\\_laatuvaatimukset\\_2009.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/talvihoidon_laatuvaatimukset_2009.pdf)
- Tuononen, A. ja Sainio, P. 2013. Optimaalinen nasta-kitkarengassuhde jäisellä tiellä – NASTAVIRTA. Espoo: Aalto-yliopisto.
- Tuononen, A. ja Sainio, P. 2014. Optimal proportion of studded tyres in traffic flow to prevent polishing of an icy road. Accident Analysis and Prevention 65, 53–62.
- Vaa, T. 2013. Henkilökohtainen tiedonanto 24.10.2013.
- Vaa, T. ja Giaever, T. 2003. Vinterfriksjonsprosjektet – Studie på konsekvenser av endret piggdekkbruk. Norsk Trafikksenter.

## Liite A: Kitkanmittaustulokset taulukkoina

**Taulukko A1.** Fysikaalinen kitka suoralla 1 nastarenkain ja kitkarenkain mitattuna. Tulokset ovat kolmen mittauksen keskiarvoja.

Ylitysmäärä	Nastarenkain			Kitkarenkain		
	Nasta 100 %	Nasta 0 %	Referenssi	Nasta 100 %	Nasta 0 %	Referenssi
<b>50</b>	0,30	0,30	0,31	0,28	0,22	0,25
<b>300</b>	0,46	0,35		0,45	0,25	
<b>550</b>	0,42	0,28	0,32	0,38	0,23	0,24
<b>800</b>	0,40	0,33		0,35	0,23	
<b>1050</b>	0,35	0,26	0,34	0,31	0,19	0,29
<b>1300</b>	0,35	0,21		0,29	0,15	
<b>1550</b>	0,30	0,20	0,31	0,28	0,15	0,24

**Taulukko A2.** Fysikaalinen kitka suoralla 2 nastarenkain ja kitkarenkain mitattuna. Tulokset ovat kolmen mittauksen keskiarvoja.

Osuus	Nastarenkain mitattu							Kitkarenkain mitattu					
	Ylitysmäärä	Nasta 100 %	Nasta 75 %	Nasta 50 %	Nasta 25 %	Nasta 0 %	Referenssi	Nasta 100 %	Nasta 75 %	Nasta 50 %	Nasta 25 %	Nasta 0 %	Referenssi
Lumipolanne, tasainen nopeus	25	0,39	0,41	0,42	0,42	0,42	0,37	0,38	0,36	0,38	0,43	0,37	0,35
	125	0,45	0,44	0,47	0,40	0,38		0,46	0,41	0,44	0,38	0,30	
	225	0,45	0,45	0,41	0,39	0,38	0,37	0,44	0,46	0,40	0,38	0,35	0,34
	325	0,43	0,43	0,45	0,40	0,38		0,45	0,45	0,43	0,38	0,33	
	425	0,41	0,45	0,43	0,38	0,35	0,39	0,39	0,45	0,42	0,37	0,31	0,24
	525	0,37	0,41	0,38	0,32	0,27		0,36	0,39	0,35	0,29	0,23	
625	0,35	0,39	0,36	0,28	0,24	0,33	0,31	0,35	0,33	0,29	0,22	0,29	
Lumipolanne, jarrutus	25	0,40	0,37	0,37	0,40	0,37	0,39	0,38	0,37	0,39	0,37	0,36	0,40
	125	0,36	0,39	0,36	0,36	0,32		0,31	0,37	0,33	0,31	0,27	
	225	0,31	0,34	0,32	0,33	0,27	0,38	0,29	0,32	0,34	0,27	0,28	0,36
	325	0,28	0,29	0,29	0,27	0,25		0,26	0,27	0,27	0,25	0,22	
	425	0,27	0,28	0,25	0,24	0,24	0,36	0,24	0,25	0,22	0,21	0,21	0,36
	525	0,29	0,26	0,23	0,22	0,22		0,25	0,24	0,20	0,20	0,17	
625	0,28	0,25	0,24	0,21	0,20	0,36	0,24	0,22	0,20	0,19	0,16	0,36	
Lumipolanne, kiihdytys	25	0,40	0,39	0,37	0,39	0,39	0,40	0,41	0,35	0,35	0,38	0,41	0,42
	125	0,40	0,37	0,34	0,37	0,30		0,38	0,38	0,34	0,30	0,29	
	225	0,34	0,32	0,29	0,34	0,30	0,38	0,32	0,32	0,28	0,29	0,24	0,32
	325	0,31	0,31	0,30	0,30	0,29		0,29	0,28	0,28	0,27	0,24	
	425	0,28	0,30	0,27	0,29	0,26	0,38	0,29	0,27	0,25	0,29	0,21	0,33
	525	0,28	0,27	0,27	0,27	0,23		0,25	0,25	0,23	0,24	0,19	
625	0,26	0,26	0,26	0,25	0,24	0,34	0,24	0,26	0,22	0,23	0,23	0,33	
Jääpolanne, tasainen nopeus	25	0,32	0,38	0,32	0,36	0,33	0,35	0,30	0,36	0,30	0,33	0,29	0,37
	125	0,35	0,39	0,36	0,32	0,31		0,28	0,29	0,30	0,26	0,23	
	225	0,36	0,38	0,35	0,28	0,29	0,35	0,29	0,31	0,29	0,24	0,24	0,30
	325	0,36	0,35	0,35	0,29	0,27		0,28	0,31	0,30	0,27	0,23	
	425	0,38	0,37	0,33	0,31	0,30	0,34	0,29	0,30	0,26	0,28	0,22	0,26
	525	0,36	0,35	0,38	0,30	0,29		0,30	0,28	0,32	0,25	0,23	
625	0,33	0,34	0,33	0,28	0,26	0,30	0,30	0,30	0,31	0,24	0,21	0,28	
Jääpolanne, jarrutus	25	0,32	0,28	0,31	0,31	0,30	0,40	0,27	0,26	0,30	0,25	0,26	0,39
	125	0,26	0,26	0,26	0,24	0,29		0,20	0,22	0,20	0,17	0,17	
	225	0,26	0,26	0,25	0,24	0,24	0,35	0,21	0,19	0,19	0,17	0,15	0,31
	325	0,28	0,25	0,25	0,24	0,23		0,22	0,20	0,20	0,17	0,15	
	425	0,28	0,27	0,25	0,25	0,23	0,31	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17	0,32
	525	0,28	0,26	0,26	0,25	0,21		0,22	0,20	0,21	0,18	0,16	
625	0,26	0,25	0,25	0,25	0,21	0,33	0,21	0,20	0,20	0,19	0,15	0,29	
Jääpolanne, kiihdytys	25	0,32	0,34	0,30	0,32	0,31	0,32	0,27	0,32	0,29	0,27	0,29	0,24
	125	0,30	0,27	0,29	0,30	0,28		0,26	0,25	0,23	0,23	0,22	
	225	0,30	0,27	0,27	0,26	0,26	0,32	0,24	0,21	0,21	0,22	0,19	0,22
	325	0,30	0,28	0,27	0,26	0,24		0,25	0,24	0,22	0,21	0,17	
	425	0,30	0,29	0,27	0,26	0,24	0,30	0,25	0,22	0,23	0,21	0,18	0,29
	525	0,29	0,30	0,27	0,25	0,21		0,24	0,23	0,22	0,19	0,16	
625	0,27	0,29	0,27	0,24	0,22	0,30	0,24	0,23	0,22	0,20	0,16	0,24	

**Taulukko A3.** Liikenneviraston kitka suoran 2 jarrutuskohdissa nastarenkain ja kitkarenkain mitattuna. Tulokset ovat vähintään kolmen mittauksen keskiarvoja.

		Nastarenkain mitattu				Kitkarenkain mitattu			
Osuus	Ylitysmäärä	Nasta 100 %	Nasta 75 %	Nasta 50 %	Nasta 25 %	Nasta 75 %	Nasta 50 %	Nasta 25 %	Nasta 0 %
Lumipolanne, jarrutus	60	0,20	0,21	0,18	0,20	0,24	0,22	0,23	0,20
	189	0,21	0,21	0,18	0,18	0,25	0,22	0,23	0,18
	317	0,18	0,19	0,18	0,18	0,24	0,21	0,20	0,17
	445	0,17	0,16	0,16	0,14	0,20	0,20	0,17	0,14
	574	0,19	0,16	0,16	0,13	0,19	0,18	0,17	0,14
Jääpolanne, jarrutus	60	0,14	0,15	0,13	0,12	0,16	0,16	0,14	0,13
	189	0,15	0,13	0,14	0,12	0,17	0,15	0,15	0,13
	317	0,14	0,14	0,13	0,13	0,17	0,17	0,14	0,12
	445	0,14	0,13	0,13	0,13	0,17	0,17	0,15	0,12
	574	0,15	0,14	0,14	0,14	0,17	0,15	0,15	0,11

Nimeke	<b>Rengastyypin vaikutukset lumi- ja jääpolanteen liukkauteen ja kulumiseen</b>
Tekijä(t)	Mikko Malmivuo & Juha Luoma
Tiivistelmä	<p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten erilaiset talvirengastyypin (nasta- tai kitkarengas) liikenneosuudet vaikuttavat lumi- ja jääpolanteen kitkaan ja kulumiseen.</p> <p>Nasta- ja kitkarenkain varustetut henkilöautot kiersivät testirataa suunnitellun ajo-ohjelman mukaisesti. Päätestisuora oli jaettu kuuteen kaistaan: (1) nastarengasliikennettä 100 %, (2) nastarengasliikennettä 75 %, (3) kitkarengasliikennettä 25 %, (4) nastarengasliikennettä 50 %, (5) nastarengasliikennettä 25 %, (6) kitkarengasliikennettä 75 %, (7) kitkarengasliikennettä 100 %, (8) referenssikaista. Jokainen kaista ylitettiin testin kuluessa 642 kertaa. Kaistat oli jaettu lumi- ja jääpolanteen osuuksiin, jotka sisälsivät tasaisen nopeuden sekä jarrutus- ja kiihdytysosuudet. Testin aikana ilman lämpötila oli noin 0 °C.</p> <p>Kokonaistulokset osoittivat, että pito oli varsin samansuuruista kaistoilla, joilla oli nastarengasliikennettä 100 %, 75 % ja 50 %. Pito oli kuitenkin selvästi vähäisempi kaistoilla, joilla nastarengasliikennettä oli 25 % ja 0 %.</p> <p>Testiolosuhteissa 50 %:n nastarengasosuus vaikuttaisi siis riittävältä tyydyttävään kitkatasoon, koska se ei vähentäisi kitkaa merkittävästi verrattuna suurempiin nastarengasosuuksiin.</p> <p>Uransyvyysmittaukset osoittivat, että lumi- ja jääpolanteen kulumiset olivat nopeimmin kaistoilla, joilla oli suurempi nastarengasosuus. Lumipolanteen epätasaisen kulumisen ja uransyvyysmenetelmän epätarkkuuden vuoksi uransyvyysmittauksien tarkkoja kasvunopeuksia ja -eroja ei voitu kuitenkaan arvioida.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8392-8 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/julkaisut">http://www.vtt.fi/julkaisut</a> ) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Verkojulkaisu) <a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8392-8">http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8392-8</a>
Julkaisu-aika	Tammikuu 2016
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	48 s. + liitt. 3 s.
Projektin nimi	Turvallinen liikenne 2025
Rahoittajat	
Avainsanat	snow tyres, winter tyres, studded tyres, icy road surfaces
Julkaisija	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111

Title	<b>Effects of winter tyre type on roughness and polishing of icy road surfaces</b>
Author(s)	Mikko Malmivuo & Juha Luoma
Abstract	<p>This field study was designed to compare to what degree various proportions of studded and unstudded winter tyres in traffic affect the roughness and polishing of icy road surfaces.</p> <p>Test cars equipped with studded and unstudded winter tyres drove around a test track according to the designed procedure. The main straight section of the track had five lanes, each with a different proportion of cars with studded tyres: 100%, 75%, 50%, 25% and 0% of the respective lane traffic. The remainder were cars with unstudded winter tyres. An additional reference lane had no traffic. Each lane included sections of hard snow and ice with subsections for constant speed, braking and acceleration. The lanes were driven 642 times. The ambient temperature was approximately 0°C during the tests.</p> <p>The overall results showed that there was no substantial difference in friction of the road surface between lanes having 100%, 75% or 50% of cars with studded tyres. However, the friction was much poorer in lanes having fewer cars with studded tyres. These results suggest that traffic with 50% of cars having studded tyres results in adequate friction of icy road surfaces in winter. On average, the road surface wore the fastest in lanes with high proportions of cars with studded tyres. However, we were unable to accurately measure the increase of ruts due to inconsistent wear of hard snow surfaces.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8392-8 (URL: <a href="http://www.vttresearch.com/impact/publications">http://www.vttresearch.com/impact/publications</a> ) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Online) <a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8392-8">http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8392-8</a>
Date	January 2016
Language	Finnish, English abstract
Pages	48 p. + app. 3 p.
Name of the project	Traffic Safety 2025
Commissioned by	
Keywords	snow tyres, winter tyres, studded tyres, icy road surfaces
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland Ltd P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111

## Rengastyyppin vaikutukset lumi- ja jääpolanteen liukkauteen ja kulumiseen

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten erilaiset talvirengastyyppien (nasta- tai kittarengas) liikenneosuudet vaikuttavat lumi- ja jääpolanteen kitkaan ja kulumiseen.

Nasta- ja kittarengain varustetut henkilöautot kiersivät testirataa suunnitellun ajo-ohjelman mukaisesti. Päätestisuora oli jaettu kuuteen kaistaan: (1) nastarengasliikennettä 100 %, (2) nastarengasliikennettä 75 %, kittarengasliikennettä 25 %, (3) nasta- ja kittarengasliikennettä 50 %, (4) nastarengasliikennettä 25 %, kittarengasliikennettä 75 %, (5) kittarengasliikennettä 100 %, (6) referenssikaista. Jokainen kaista ylitettiin testin kuluessa 642 kertaa. Kaistat oli jaettu lumi- ja jääpolanneosuuksiin, jotka sisälsivät tasaisen nopeuden sekä jarrutus- ja kiihdytysosuudet. Testin aikana ilman lämpötila oli noin 0 °C.

Kokonaistulokset osoittivat, että pito oli varsin samansuuruista kaistoilla, joilla oli nastarengasliikennettä 100 %, 75 % ja 50 %. Pito oli kuitenkin selvästi vähäisempi kaistoilla, joilla nastarengasliikennettä oli 25 % ja 0 %. Testiolosuhteissa 50 %:n nastarengasosuus vaikuttaisi siis riittävältä tyydyttävään kittatasoon, koska se ei vähentäisi kitkaa merkittävästi verrattuna suurempiin nastarengasosuuksiin.

Uransyvyysmittaukset osoittivat, että lumi- ja jääpolanne kuluivat nopeimmin kaistoilla, joilla oli suurempi nastarengasosuus. Lumipolanteen epätasaisen kulumisen ja uransyvyysmenetelmän epätarkkuuden vuoksi uransyvyuden tarkkoja kasvunopeuksia ja -eroja ei voitu kuitenkaan arvioida.

ISBN 978-951-38-8392-8 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)  
ISSN-L 2242-1211  
ISSN 2242-122X (Verkkajulkaisu)  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8392-8>