

NASTA-tutkimusohjelma

Optimaalinen nasta-kitkarengassuhde jäisellä tiellä — NASTAVIRTA

Loppuraportti

Ari Tuononen, Panu Sainio

Aalto-yliopisto

1 Johdanto

Pohjoismaissa henkilö- ja pakettiautoissa käytetään talvirenkaita talvikuukausina. Talvirenkaita on sekä nastallisia että nastattomia niin sanottuja kitkarenkaita. Nastarenkaiden käyttö on tyyppilistä mm. Suomessa, Ruotsissa, Norjassa sekä Venäjällä. Kitkarenkaan kohdalla on nykyisin tunnistettavissa kaksi päätyyppiä:

- Pohjoismainen kitkarengas, jolle on tyyppillistä pehmeä kumiseos, kulutus pintakumin matala lasisiirtymälämpötila, runsas lamellointi sekä matalampi suorituskyykyluokka (ns. nopeusluokka). Tämän rengastyypin suunnittelussa on yleensä painotettu myös jääpitoa.
- Keski-Euroopan kitkarengas, joka on tyyppillisesti luokiteltu korkeampaan suorituskyykyluokkaan lähinnä nopeuskestävyyden kautta ja suunnittelussa on painotettu enemmän märän asfaltin ominaisuuksia. **Jatkossa kitkarenkaalla tarkoitetaan ns. pohjoismaista kitkarengasta.**

On korostettava, että kaikki nämä kolme rengastyyppeä ovat talvirenkaita verrattuna kesärenkaisiin, joiden pito on heikkoa lumella ja jäällä.

Nastarenkaiden käyttöä ja tyyppiä rajoitetaan monessa maassa, myös Suomessa, koska nastat nopeuttavat tien kulumista. Tämä nopeuttaa teiden uudelleen päällystystarvetta, mikä on hyvin kallista. Lisäksi nastojen aiheuttaman tien kulumasta vapautuva pöly huonontaa ilmanlaatua [1,2]. On kuitenkin huomattava, että nastojen kuluttava vaikutus korostuu ajonopeuden kasvaessa [3], joka voisi vähentää keskusta-alueiden nastakiellon vaikutusta matalien ajonopeuksien vuoksi. Ilmalaatua huonontava vaikutus on myös hiekoitushiekalla, jonka käyttöä voidaan joutua lisäämään, jos jäiset tienpinnat alkavat kiillottua nastarenkaallisten autojen vähentyessä.

Nastarenkailla on myös positiivisia vaikutuksia tiestöön. Nastat eittämättä karhentavat sekä asfalttia että jäistä tienpintaa. Erityisesti jään karheneminen voisi nostaa renkaan ja tien välistä kitkakerrointa. Jos jollain jäisellä tieosuudella liikennöidään pelkästään nastattomilla renkailla, voi jää kiillottua hyvin liukkaaksi. Näin tapahtuukin esimerkiksi bussipysäkeillä, tosin paikallaan olevasta ajoneuvosta tuleva lämpö voi myös sulattaa jäätä tehden siitä hyvin liukkaan.

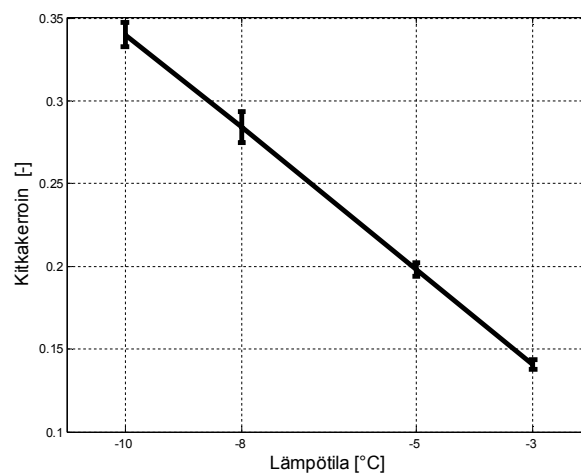
Nastarenkailla on siis hyviä ja huonoja ominaisuuksia, mutta tiedossamme ei ole tutkimusta, joka kokeellisesti arvioisi kuinka paljon nastarenkaallisia autoja tulee olla liikennevirrassa, jotta jäisen tienpinnan kitkataso voitaisiin ylläpitää. Renkaan suorituskyykyä jään karheuden suhteen on tutkittu Ruotsissa ja Japanissa 1990-luvun alussa. Silloinen kitkarengas oli täysin eri tuote kuin nyt markkinoilla olevat. Karhennus jopa saattoi jopa huonontaa kitkaa, joka ilmeisesti johtui jääpurun tai lumen muodostumisesta karhennuksen seurauksena. Nykyisin n. 76 % suomalaisista autoilijoista käyttää nastarenkaita [4]. Norjassa on arvioitu 20 % nastavirran riittävän kitkatason säilyttämiseen [5].

Tämä kokeellinen tutkimus pyrkii valottamaan ongelmaa, kuinka paljon nastarenkaallisia autoja tarvitaan liikennevirrassa, jotta jäinen tienpinta ei kiillotu kitkarenkaille vaaralliseksi.

2 Taustoitusta renkaiden pidosta jäällä

1.1. Kitkalämmön vaikutus kitkakertoimeen

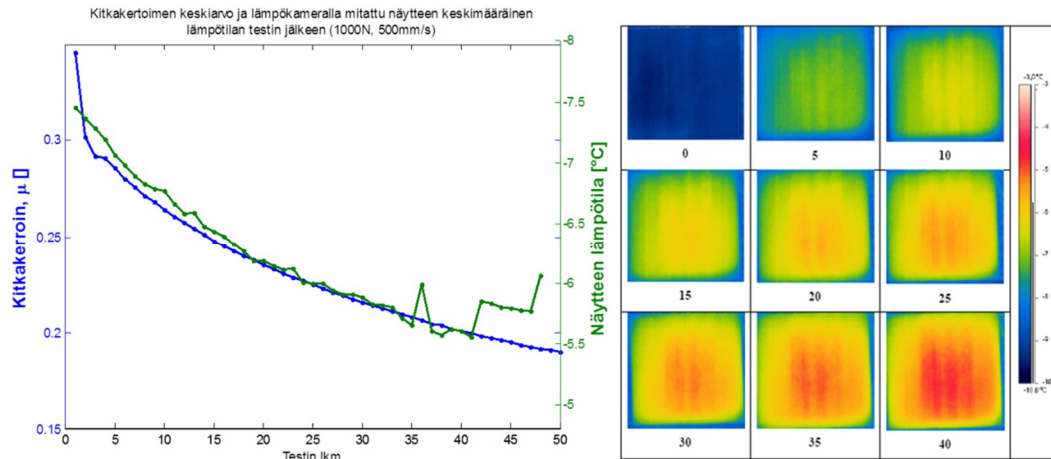
Jään liukkaus perustuu nykykäsityksen mukaan kitkan tuottaman lämmön (kitkalämpö) aiheuttamaan sulamiseen, mutta on huomattava että mitään yleistä kokeellisesti varmennettua jääkitka-teoriaa ei ole olemassa. Lämpötilan vaikutusta kitkaan voidaan tutkia mm. Aalto-yliopiston Ajoneuvotekniikan laboratoriossa kitkanmittauslaitteella, jossa 6cm x 6cm kokoista kuminäytettä liu'utetaan jäällä. Kuminäytteen tuottama kitkavoima mitataan voima-anturilla. Kuminäytteessä voi olla myös nastoja, kuten Kuvan 1 tapauksessa. Siinä kitkakerroin on mitattu neljässä eri lämpötilassa, ja tuloksena nähdään tyypillinen voimakas kitkakertoimen lämpötilariippuvuus. Kylmässä lämpötilassa -10 °C näytteelle on saavutettu noin 0,34 kitkakerroin, kun taas -3 °C jäädään alle 0,15.



Kuva 1 Nastallisen kuminäytteen kitkakertoimen riippuvuus lämpötilasta [7]

Lämpötilan lisäksi myös toistuvat liu'ut saman kohdan yli laskevat kitkakerrointa. Tämä johtuu sekä ko. jäänkohdan lämpenemisestä että kiillottumisesta. Kuva 2 esittää kitkakertoimen ylityskertojen funktiona nastattomalle kuminäytteelle sekä vastaavasti kuminäytteen lämpötilan. Tässä kokeessa ilman lämpötila pidetään vakiona. Havaitaan, että kitkakerroin lähes puolittuu (0,34 → 0,18) 50 toiston jälkeen. Kumipala lämpenee eniten keskeltä, kuten oheisista lämpökamerakuvista nähdään.

11.4.2013



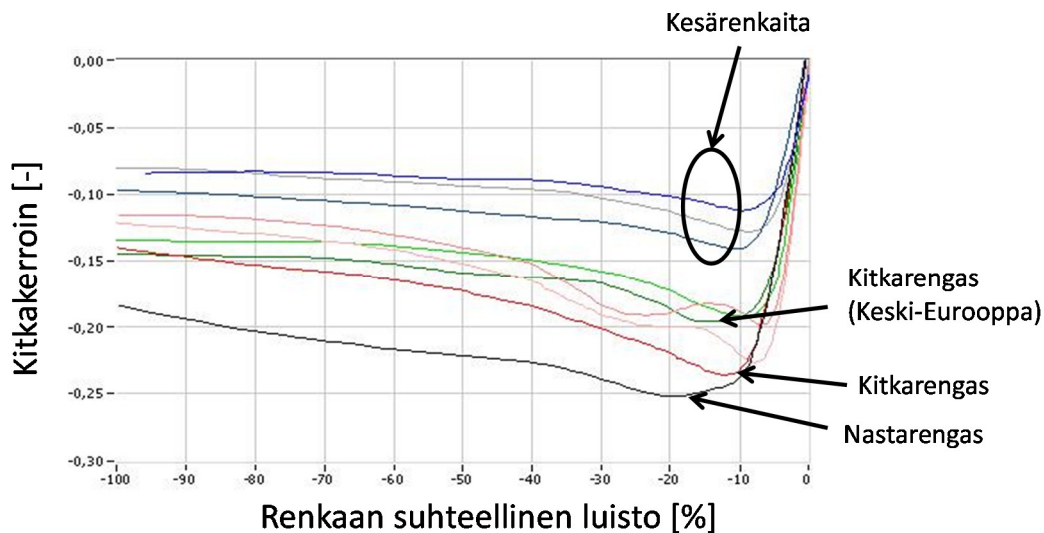
Kuva 2 Kitkakerroin ylityskertojen lukumäärän funktiona (vasemmalla sininen käyrä) sekä kumin lämpötila liu'un jälkeen (vihreä käyrä). Kuvasta nähdään että kitkakertoimella ja näytteen kitkalämpenemisellä on selkeä lineaarinen yhteys. Oikealla olevassa kuvassa nähdään kuinka lämpötila on jakautunut neliön muotoiseen kumipalaan eri ylityskerroilla. Kuva on muokattu lähteistä [6,7]

Mitä nämä lineaariliikkeessä mitatut kitkakertoimet sitten kertovat pyörivän renkaan kitkasta ja pyörivän renkaan aiheuttamasta kiillottumisesta? Tiedetään, että yhtäläillä renkaan maksimikitkakerroin jäällä riippuu voimakkaasti lämpötilasta. Pyörivän renkaan aiheuttamasta jään kiillottumisesta ei sitä vastoin ole juurikaan tutkimustietoa – erityisesti jos halutaan tutkia eri nasta-kitkarengassuhteita. Tämä tutkimus tuottaa uutta tietoa tälle alueelle.

1.2. Erityyppisten renkaiden jääpito

Tyypillinen kesärenkaan maksimikitkakerroin kuivalla asfaltilla on hieman yli yksi ja märälläkin päästään helposti hieman alle yhteen. Kiillottuneella (erityisesti Keski-Euroopassa) ja märällä asfaltilla kitkakerroin voi romahtaa, mutta tämä on harvemmin suomalainen ongelma isosta asfaltin kivikoosta ja kivilaadustamme johtuen. Eräs toinen poikkeustilanne on vesiliirto, jossa renkaan kontakti menetetään täysin. Märällä ei siis tyypillisesti ajeta täydessä vesiliirrosta vaikka kitkataso olisikin alentunut. Vesiliirtoon vaikuttaa suuresti renkaan kulutuspinnan kuluneisuus, eli paljonko renkaassa ovat urat voivat varastoida ja siirtää vettä pois kumin ja tien välistä. Näitä tilanteita ei tässä raportissa käsitellä sen enempää, vaan keskitymme jääpitoon.

Kuvassa 3 on vertailukelpoisesti mitattu **renkaiden jarrutuspitoa jäällä**. Renkaat ovat kuluneesta kesärenkaasta uuteen nastarenkaaseen: sellainen vaihteluväli löytyy esimerkiksi talven ensilumilta. Huomattavaa on, että nasta ja kitkarenkaan ero ei ole ABS-jarrujen toiminta-alueella kovinkaan iso (nastarenkaan pito ko. esimerkissä on n. 10 % parempi kuin kitkarenkaalla). Toisen huomionarvoinen seikka on, että ulkoilman lämpötilalla on valtava vaikutus kaikkien renkaiden pitoon jäällä. Esimerkiksi nastarenkaan kuminäytteen pito voi puolittua, kun ilma lämpenee -10 °sta -3 °een (Kuva 1). Näin ollen ilman lämpötilasta johtuvat muutokset jäänkitkassa ovat huomattavasti suurempia kuin rengastyypin (nasta-kitka) väliset erot.

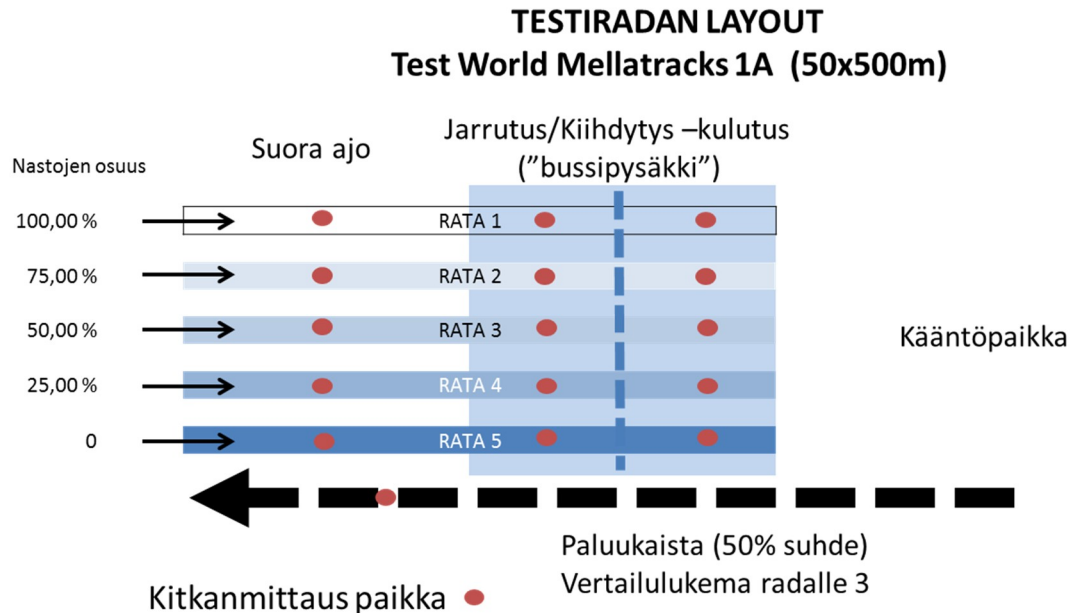


Kuva 3 Renkaan jarrutuspito luistoprosentin funktiona jäällä. Luisto 0 % vastaa vapaasti pyörivää rengasta ja -100 % on lukossa oleva rengas. ABS jarrut toimivat siten että renkaan luisto pysyy käytännössä alle -15 % luistoalueella. Kolme heikointa ovat uusia ja kuluneita kesärenkaita. Musta on nastarengas ja punainen pohjoismainen kitkarengas. Vihreät käyrät ovat ns. Keski-Euroopan kitkarenkaita. Kuva muokattu lähteestä [8].

3 Menetelmä nastavirran vaikutuksesta renkaan ja jäisen tien väliseen kitkakertoimeen

Kokeellisilla mittauksilla tutkittiin **eri nastavirtojen**, eli nastallisten ja nastattomien renkaiden osuuksien, vaikutusta jäisen tiepinnan kiillottumisessa. Tutkimuksella tarkastellaan oikeiden ajoneuvojen vaikutusta tiepinnan kiillottumiseen jääpeitteisellä testiradalla. Muuttamalla nastallisten- ja nastattomien renkaiden suhdetta luotiin **eri ajoradoille poikkeavat nastavirrat** ja täten erilaiset kiillottumisasteet (Kuva 4). Kiillottumisen vaikutusta jään liukkauteen tarkasteltiin säännöllisesti tehtävillä kitkamittauksilla ja -vertailuilla.

Tutkimuksen kokeellinen osuus suoritettiin 26.3.2013 Ivalossa. Testiratana toimi Test World:in Ivalossa sijaitseva Mellatrack 1A rata, jonka koko on 50 x 500 metriä (Kuva 4). Testirata peruskunnostettiin ennen testiä ja jääkenttä oli erittäin tasainen. Testirata jaettiin keiloilla kuuteen kaistaan, joista viisi oli varsinaisia testikaistoja ja kuudes oli paluukaista. Kaistoilla ajettiin vain yhteen suuntaan ja kuljettavat ohjeistettiin ajamaan aivan keiloilla rajatun kaistan keskellä. Kulutuskaistoille ohjattiin nasta- ja kitkarenkaallisia autoja siten että Kuvan 4 mukaiset nastavirrat toteutuivat. Kuudesta kulutusautosta kolmessa olivat kitkarenkaat sekä kolmessa nastarenkaat. Renkaat olivat n. 100km sisäänajettuja. Kitkanmittausautossa oli kitkarenkaat.



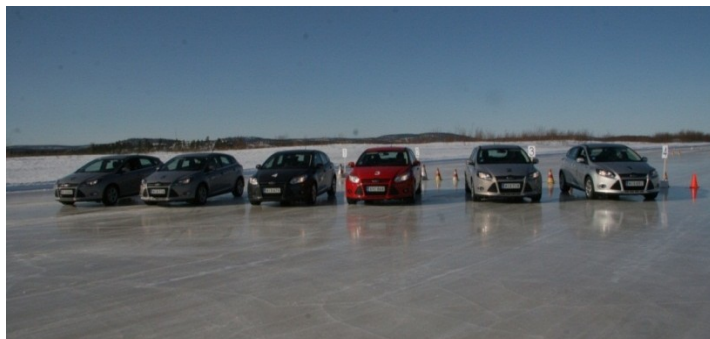
Kuva 4 Testiradan layout: Rata koostuu suoraanajo-, jarrutus- ja kiihdytysosuudesta. Osuuksille tuotetaan oma nastavirta yliajavien autojen rengastusta vaihtelemalla. Kiillottumisen vaikutus mitataan testaamalla jarrutusprofiili kuvassa merkityissä kohdissa, josta saadaan johdettua renkaan ja tien välinen kitkakerroin. Kitkamittaus suoritetaan kitkarenkaalla.

- Kulutusautojen operointi:

Kulutuskaistoilla (Kuva 4) ajettiin ensin vakionopeudella 30km/h:ssa, kunnes jarrutus osiossa suoritettiin voimakas jarrutus siten että lukkiutumaton jarrujärjestelmä (ABS) aktivoitui joka pyörällä. Jarrutuksen jälkeen autolla ryömittiin kiihdytysosan alkuun, josta aloitettiin voimakas kiihdytys (sutimisenesto ASR päällä) kaistan loppuun saakka. Tämän jälkeen ko. autolla palattiin paluukaistaa pitkin radan alkuun, josta se ohjautui uudelle kaistalle erillisen ajosuunnitelman mukaisesti. Kitkamittausten yhteydessä jarrutuskaistojen rengasurat valokuvattiin.

Kulutusautot olivat identtisiä (FORD FOCUS HB, 92kW bensiinimoottori, etuveto, manuaalivaihteisto) ja rengaskoko oli 205/55R16 (Kuva 5).

11.4.2013



Kuva 5 Tienkulutusautolaivue

- Kitkanmittaus:

Kitkanmittausauto (Kuva 6) suoritti kitkamittauksen jarruttamalla suoraanajo- ja jarrutusosuuksilla sekä kiihdyttämällä kiihdytysosuuksilla. Mittausten aloituskohdat on merkitty punaisilla pisteillä kuvaa 4. Mittaukset suoritettiin testin alussa, lopussa sekä n. 20min välein kulutustestin aikana. Kitkamittausten yhteydessä kaistojen rengasurat valokuvataan suoraan ylhäältäpäin. Kitkan mittausauto mittasi kulutusradat järjestyksessä 1-5-2-4-3 tai 5-1-4-2-3 vuorotellen. Näin kitkamittaus aloitettiin vuorotellen 100 % nastavirralla ja 0 % nastavirralla. Kulutusratojen mittauksen jälkeen kitkamittaus suoritettiin paluukaistalle sekä erillisellä vertailukaistalla, jolla ei ollut lainkaan liikennettä päivän aikana.

Testin lopuksi suoritettiin ratojen kitkamittaukset koeluontoisesti myös kuorma-autolla. Kuorma-autolla ei kuitenkaan mitattu testin aikana mitään.



Kuva 6 Kuvassa Aalto-yliopiston ajodynamiikan tutkimusauto, jota käytettiin kitkan mittaamiseen. Auton liiketilaa mitattiin viiden eri järjestelmän kautta: voimavanne (MTS, oikealla edessä), jonka tuloksiin tässä raportissa olevat kuvat perustuvat, erillinen kiihtyvyysanturi (Analog Devices IMU), optinen nopeusanturi (Correvit) ja auton oman CAN-väylän tietoja sekä satelliittipaikannuksesta auton liiketilan määrittävä laite (VBox). Tässä raportissa esitettävät tulokset perustuvat voimavannemittauksiin, mutta samat tulokset saatiin myös kiihtyvyysanturimittausten pohjalta.

- Kulutustestin suoritus:

Testi alkoi kitkanmittauksella kaikilla kaistoilla. Tämän jälkeen kulutustesti autoilla ajettiin n. seitsemän tuntia ja aina n. 20 minuutin välein suoritettiin kitkanmittaus.



Kuva 7 Tienkulutusautot sekä testirata.

Renkaina nastallisissa autoissa oli Nokian Hakkapeliitta 7 ja kitkarengasautoissa Nokian Hakkapeliitta R. Renkaiden valintaperuste oli niiden kummankin hyvä suorituskyky ja pitkäaikainen sekä tasainen lehtimenestys. Niitä voidaan lisäksi pitää saman rengassukupolven edustajina. Hakkapeliitta R on selkeästi pohjoismainen kitkarengas. Renkaiden kovuudet ja nastaulkonemat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Testissä käytettyjen renkaiden vertailu.

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	Auto 4	Auto 5	Auto 6	Testi Auto
Kumin kovuus Shore A	64	62	62	58	60	59	59
Nasta ylitys alussa mm	1,3	1,3	1,4				
Nasta ylitys lopussa mm	1,3	1,4	1,4				

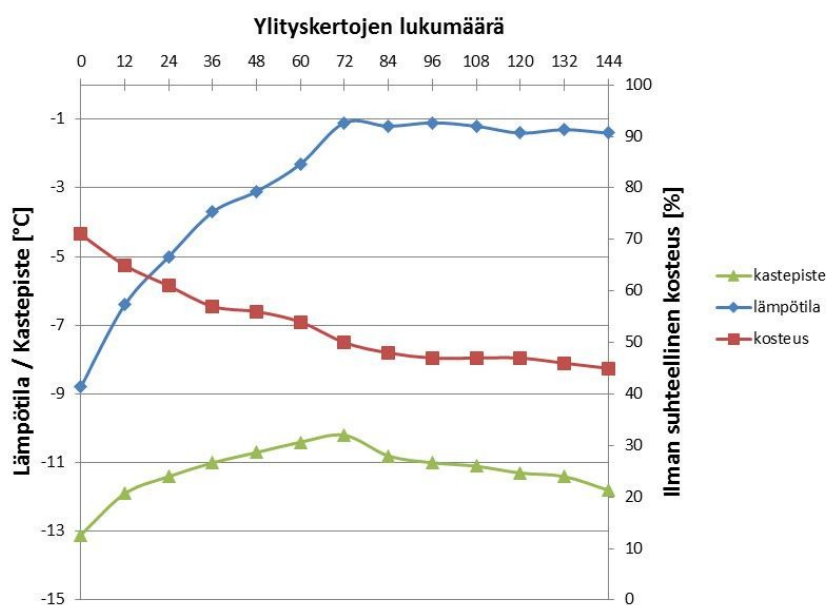
Nastaulkoneman hienoinen kasvaminen tämän tyyppisessä testauksessa on normaalia eli toistuvat voimakkaat jarrutukset ja kiihdytykset lisäävät nastaulkonemaa testin aikana. Sama ilmiö on nähtävissä lehtitesteissä **ja se osaltaan tarpeettomasti vahvistaa mielikuvaa nastarenkaiden ylivoimaisuudesta jäällä**. Normaaliliikenteessä ulkonema ei kasva samalla tavalla.

Tuulilasi-lehti kertookin nastaulkoneman kehityksen talvirengastestien eri vaiheissa, joka aivan keskeistä jääpitoa arvosteltaessa. Rengastestauksessa kasvavat nastaulkonemat voivat lisätä pitoa helposti saman verran kuin uusien kitka- ja nastarenkaiden pitoero on jäällä.

4 Tulokset

4.1 Sääolosuhteet

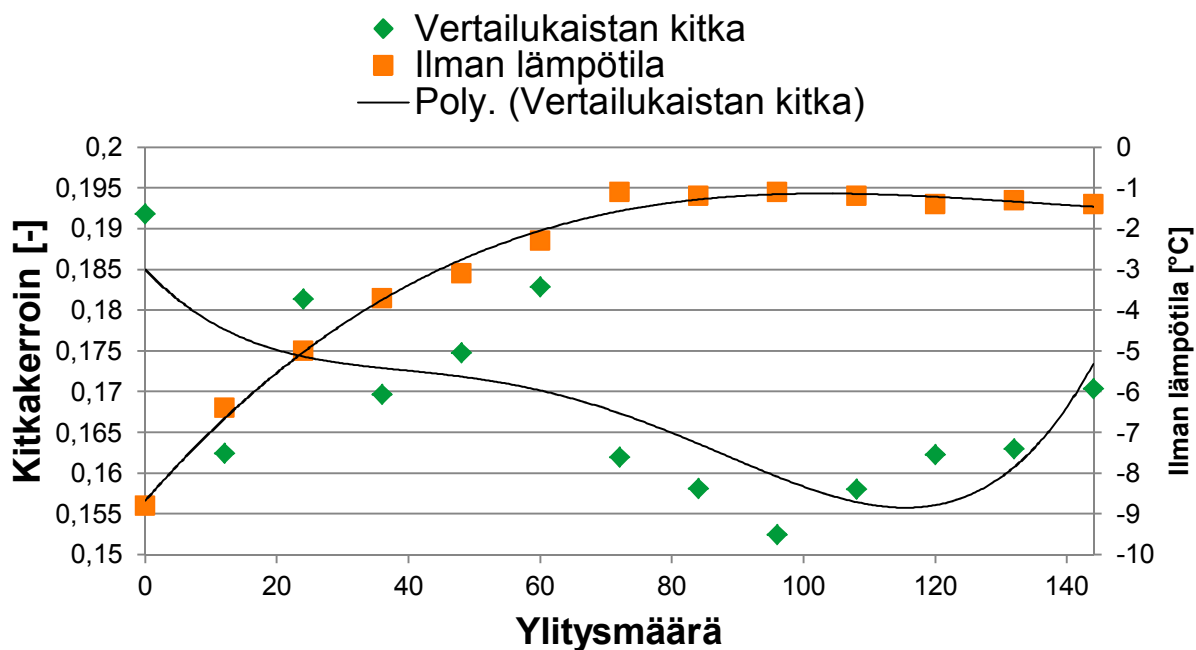
Testiolosuhteet olivat sellaiset, joissa kiillottuminen voisi olla merkittävä liikenneturvallisuusriski. Tämä tarkoittaa jäistä tienpintaa pikkupakkasessa, tavoitelämpötila oli -5°C . Kuva 8 esittää sääolosuhteet testin aikana sääolosuhteet. Lämpötila nousi selkeästi aamupäivän aikana ja jäi sitten n. -1°C :een.



Kuva 8 Lämpötila, kastepiste ja kosteus testiradan sääasemasta 26.3. Testi alkoi 9:15 (0 ylityskertaa) ja loppui 16:00 (144 ylitystä)

Lämpötilan tiedetään vaikuttavan suuresta jään ja renkaan väliseen kitkaan. Kuva 9 näyttääkin vertailukaistan kitkan karkeasti seuraavan ilman lämpötilaa. Vertailukaistan kitkalle saatiin alussa suuri hajonta sään muuttuessa. Ilman lämpötilan muutoksen käytännössä pysähtyessä myös vertailukaistan kitka vakiintui.

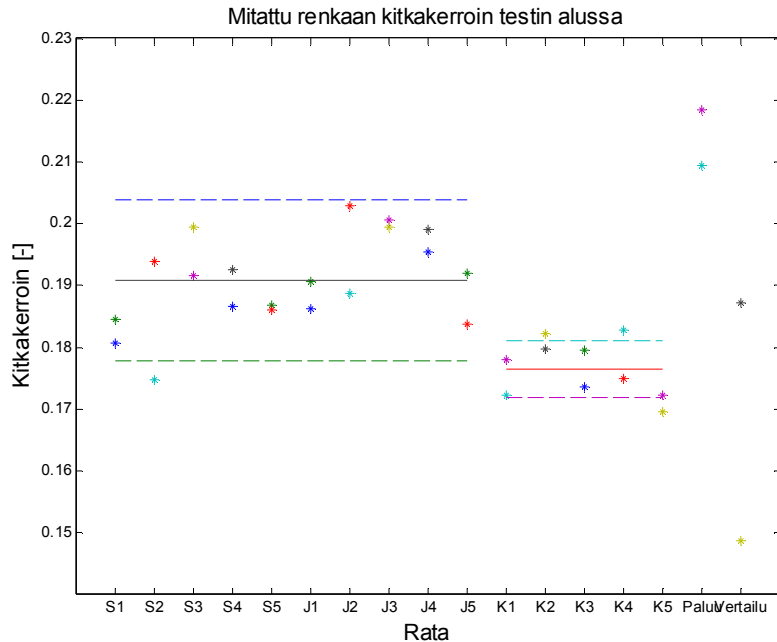
11.4.2013



Kuva 9 Ilman lämpötila ja vertailukaistan kitka. Vertailukaistalla ei ollut muuta liikennettä kuin kitkamittaus, mutta kuvassa data on kuitenkin esitetty ylitysmäärän funktiona vertailtavuuden vuoksi.

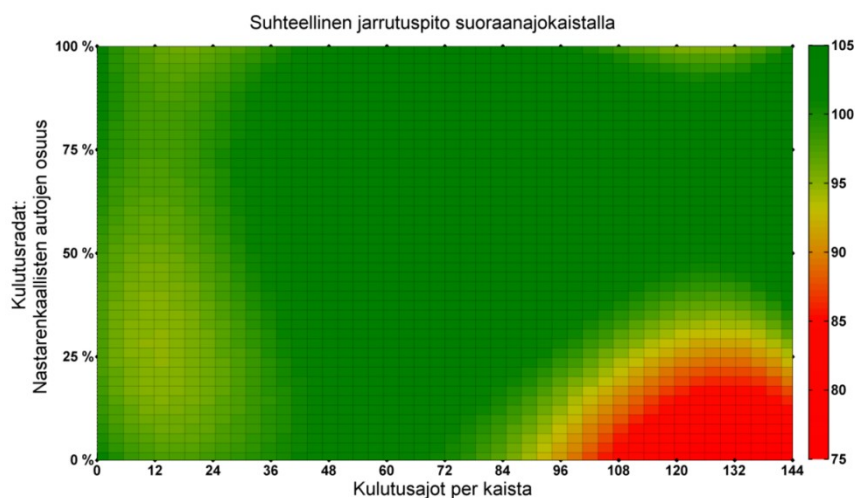
4.2 Henkilöautojen kitkamittaukset

Kuva 10 esittää kitkan, joka vallitsi testin alussa eri radoilla. Kuvasta havaitaan alkutilanteen jarrutuspidon keskiarvoksi 0,1908 ja keskihajonnaksi 0,0131. Vastaavasti kiihdytyksessä saavutettiin kitkakerroin 0,1765 keskihajonnalla 0,0046. Paluukaistalle saatiin alussa n. 0,15 suurempi kitka kuin muille jarruttamalla testatuille kaistoille.



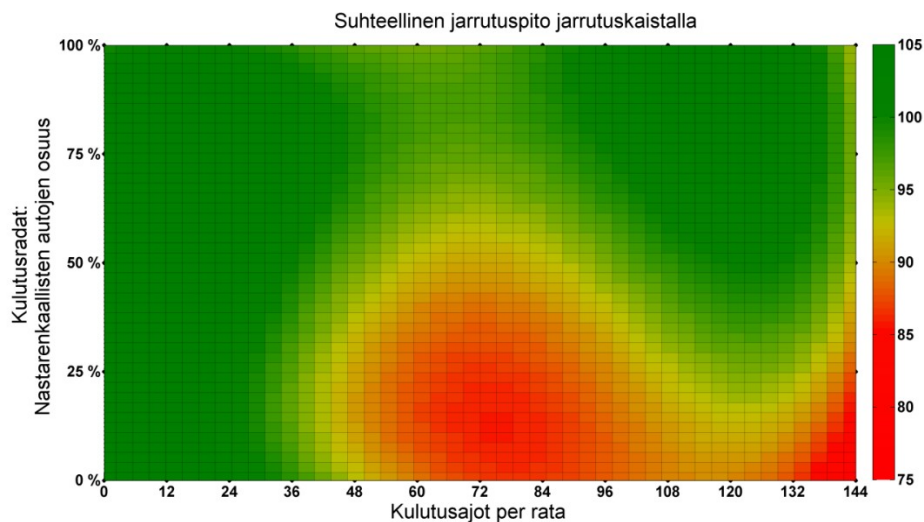
Kuva 10 Kitka testin alussa kaikille radoille. Radat suoraan ajo osuudelle (S1-S5), jarrutusosuudelle (J1-J5), kiihdytysosuudelle (K1-K5) sekä paluu (P) että vertailukaistalle (V). Vasemman puoleinen vaakasuoraviiva esittää keskiarvon kaistoille joilla kitka mitattiin jarruttamalla (S, J, P ja V) sekä oikean puoleinen kiihdyttämällä mitatun kitkan keskiarvon. Katkoviiva esittää vastaavan keskihajonnan.

Kuva 11 esittää jarrutuspidon suoraanajokaistalla. Jarrutuspito säilyy samanlaisena 50 - 100 % nastarengasosuudelle. Nastarengasosuuden alentuessa 25 %:iin, saavutetaan noin 12 % matalampi kitka kuin vaikkapa 75 % tai 100 % nastarengasosuudella. Tilanteessa, jossa kaikissa autoissa on kitkarenkaat (0 % kaista), kitka laskee n. 25 % 100 auton ylityskerran jälkeen.



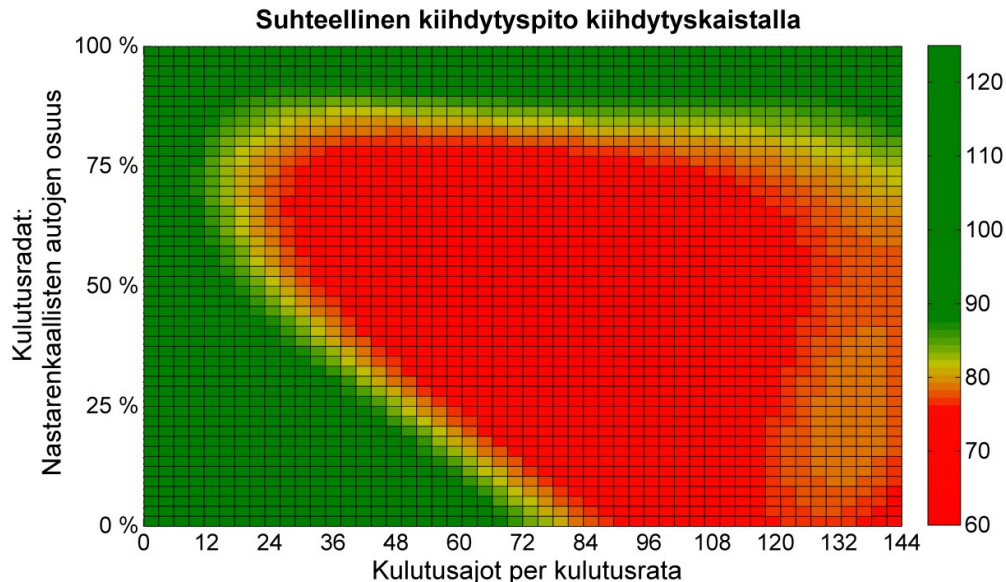
Kuva 11 Jarrutuspito suoraan ajo –kaistalla eli kadulla, jossa voi olla esimerkiksi suojatie, johon ei useinkaan pysähdytä. Väriskaala kuvaa eri ratojen kitkaa suhteessa sama määrän ylityskertoja -tilanteeseen radalla, jossa oli 100 % nastarenkaallisia autoja. Eli toisin sanoen värin muutos kertoo kuinka paljon kitka pienenee, jos nastarenkaallisten autojen määrä vähenee. Punainen alkaa tilanteesta, jossa kitka on pudonnut 15 %.

Kuva 12 esittää jarrutuspidon kaistalla, jolla myös tietä kuluttavat autot jarruttivat. Verratuna suoraanajokaistaan, 0 % nastarengasosuuskaistan kitka madaltuu 10 % n. 50 ylityksen jälkeen, mutta suurin pudotus kitkassa jää 20 %:iin n. 130 ylityksen jälkeen. Kuvasta nähdään myös että kitka alkaa pienentyä myös 50 % nastarengasosuudella, mutta kitkan pudotus on n. 10 % luokkaa, jota ei voida pitää vaarallisena.



Kuva 12 Jarrutusarvo kaistalla, jossa testiautot ovat jarruttaneet. Tilanne vastaa tienkohtaa kohtaa, jossa lähestytään valo-ohjattua risteystä ja pysähdytään suojatien eteen. Väriskaala on sama kuin kuvassa 4.

Kuva 13 esittää kiihdytyspitoa kaistalla, jolla kulutusautot suorittivat kiihdytyksen. Nyt kitka tipahdaa jo 75 % nastavirtakaistalla pienen ylitysmäärän jälkeen, mutta toipuu siitä ylitysmäärä kasvaessa. Alimmillaan kitka tippui 35 % 50 % nastarengasosuudella n. 72 ylityksen kohdalla. Kiihdytysradalle kertyi sutimisesta johtaen eniten lunta, joka yhdessä lämpötilamuutoksen kanssa vaikuttaa varmasti näihin tuloksiin. On myös huomattava että 0 % nastarengasosuudella, kitka säilyi koko ajan varsin hyvänä, ollen alussa jopa 100 %:in nastarengas – kaistaa pitävämpi.



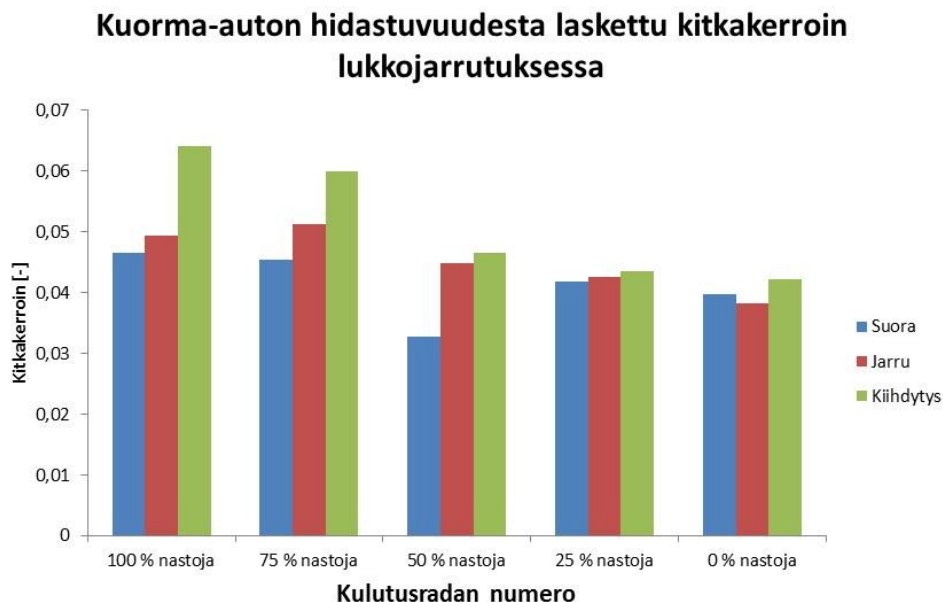
Kuva 13 Kiihdytyspito kaistalla, jossa myös tienkulutusautot kiihdyttivät. Väriskaala on hieman eri kuin jarrutuspitoa esittävässä kuvaajissa, koska kiihdytyspito ei ole yhtä turvallisuuskriittistä.

4.3 Kuorma-automittaukset

Testin lopussa viimeisten mittausten jälkeen kokeiltiin Trafi:n pyynnöstä kuorma-auton käyttämistä mittaussautona. Kuorma-auto oli ratojen kunnossapitoon tarkoitettu ja siinä oli kaikissa renkaissa uudehkot ns. talvipinnalla olevat renkaat ilman nastoja. Kuorma-auton voidaan siis katsoa olleen talvirenkailla varustettu. Tyypillisesti tieliikenteessä raskaassa kalustossa ei yleisesti käytetä talvirenkaita eikä sitä myöskään vaadita.

Kuorma-autolla suoritettiin jarrutus samoissa kohdin kuin henkilöautolla nopeudesta 15 km/h aina pysähdyksiin asti. Hidastuvuuden kautta saatiin keskiarvo jarrutuskitkasta nopeusalueella 12–4 km/h. Autossa ei ole ABS-jarruja eli renkaat menivät täysin lukkoon jarrutuksen alussa. Lukkojarrutus oli ainoa keino tehdä kova jarrutus toistettavasti.

Kuorma-autolla ei toistettu mittauksia, sillä raskaan ajoneuvon kohdalla jo yksi lukkojarrutus muokkaa jääpintaan selkeästi erityisesti osuuksilla, missä on korkea nastarenkaiden osuus (käytännössä kiillottaa jarrutuskohdan oleellisesti henkilöautoa tehokkaammin). Kuva 14 esittää mitaustulokset. Kuvaajissa on heikko trendi siten, että nastojen vähetessä kitka vähenee erityisesti kiihdytyskaistalla, mutta toistettavuuden suhteen vahvoja päätelmiä ei voi tehdä. Se voidaan kuitenkin sanoa, että merkittäviä eroja eri kaistojen pidossa ei ole.



Kuva 14 Kuorma-auton jarrutuspito eri kulutuskaistoilla testin jälkeen (144 ylitystä per rata).

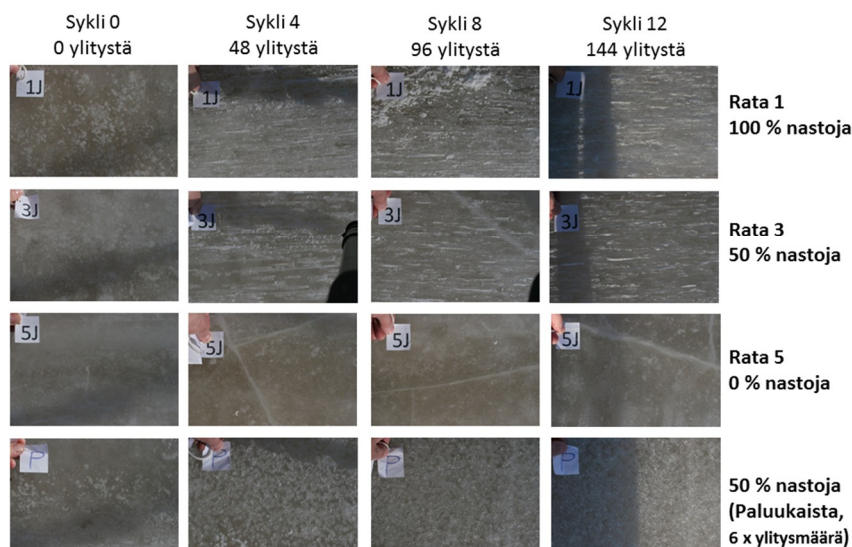
4.4 Kulutusratojen valokuvaus

Radat valokuvattiin aina kitkamittausmittausten yhteydessä jarru- ja paluukaistan osalta. Suoraanajo- ja kiihdytyskaista valokuvattiin testin keskellä että loppuun.

Kuva 15 näyttää jarrukaistojen 1, 3 ja 5 jään pinnan kehittymisen eri nastavirroilla (kuvat pystysuunnassa) sekä eri ylitysmäärille (kuvat vaakasuunnassa). Ylimmällä kuvarivillä näkyy selkeästi lyhyet nastojen raapimat naarmut, kun taas kitkarengaskaistalla niitä ei näy lainkaan. Kitkarengaskaista ei käytännössä visuaalisesti muuttunut testi aikana lainkaan – oli jopa hankala löytää rengasuraa valokuvasta varten. Paluukaistalla näkyy nastojen pistojäljet. Käytännössä 144 ylitystä paluukaistalla on johtanut siihen että kuva-ala on kauttaaltaan nastan pistojälkien täyttämä.

11.4.2013

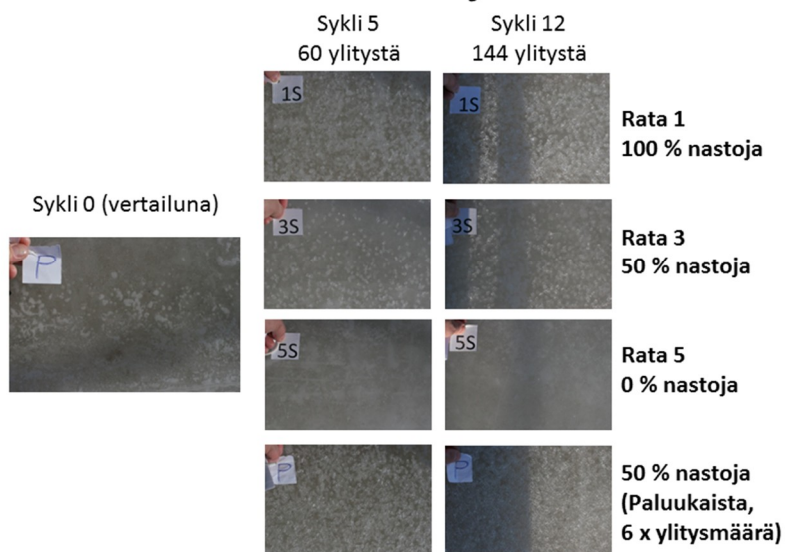
Jarrukaista



Kuva 15 Valokuvakollaasi jarrukaistojen karhentumisesta eri nastavirroilla sekä ylitysmäärillä. Vertailun vuoksi alimmalla rivillä on paluukaista, jolla ei jarrutettu vaan ajettiin tasaista 30km/h nopeutta. Alimman kuvavirvin ylitysmäärät ovat kuusi kertaa enemmän kuin kulutuskaistoilla.

Suoraanajokaistoilla (Kuva 16) nastojen pistojäljet näkyvät hyvin, mutta viivamaisen nastojen raapaisujäljet luonnollisesti puuttuvat. Kitkarengaskaista pysyy alkuperäisen näköisenä.

Suoraan ajo

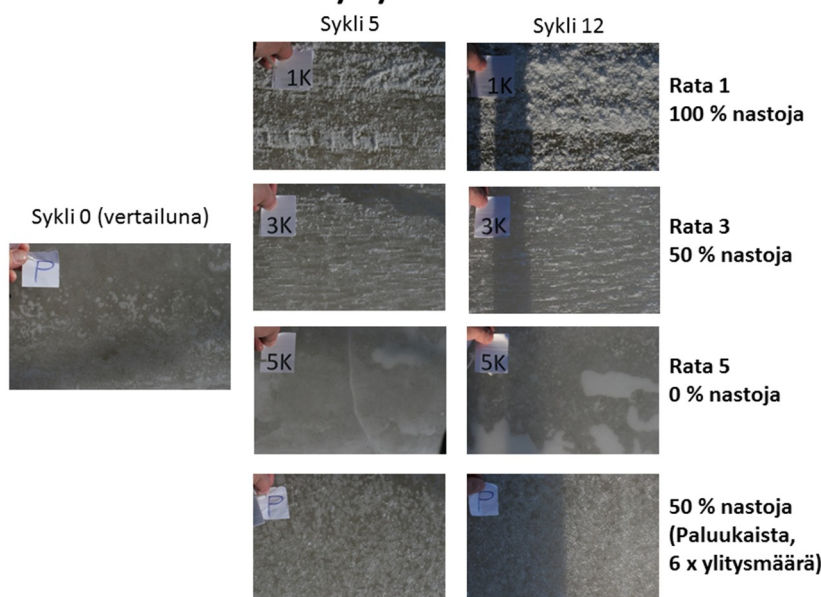


Kuva 16 Valokuvakollaasi suoraan ajo -kaistojen karhentumisesta eri nastavirroilla sekä ylitysmäärillä. Vertailun vuoksi alimmalla rivillä on paluukaista, jolla on siis sama nastavirta kuin radalla 3, mutta kuusinkertainen määrä ylityksiä.

11.4.2013

Kuva 17 esittää tilanteen kiihdytysradalla, jossa siis suoritettiin kiihdytys kaasupohjassa siten että auton sutimisenestojärjestelmä aktivoitui. Tyypillisesti sutimisenestojärjestelmä rajoittaa moottorin momenttia. Tässä tapauksessa 100 % nastavirtakaistalle kertyi jonkin verran lunta sudituksen johdosta. Lumen ei havaittu siirtyvän juurikaan viereisille kaistoille, kuten voi havaita 0 % nastavirrankaistasta, jolla lunta ei näy ollenkaan.

Kiihdytyskaista



Kuva 17 Valokuvakollaasi kiihdytyskaistojen karhentumisesta eri nastavirroilla sekä ylitysmäärillä. Lisäksi on näytetty paluukaista vertailuna.

Kuva 18 esittää kuvat jarrutus- ja kiihdytyskaistoista 100 % nastavirralla testin loputtua eli 144 ylityksen jälkeen. Kiihdytyskaistalle kertyy huomattavasti enemmän lunta kuin jarrutuskaistalle. Tuloksia sovellettaessa on muistettava, että kiihdytys sekä jarrutus olivat voimakkaampia kuin mitä liikenteessä vaikkapa risteysalueella esiintyy. Täysjarrutukseen ja -kiihdytykseen päädyttiin niiden helpon toistettavuuden ansiosta.



Kuva 18 Kuva jarrutus- ja kiihdytyskaistoista 100 % nastavirralla testin lopulla.

5 Johtopäätökset tehdyistä mittauksista

Olosuhteissa joissa testi suoritettiin, nastarengasosuuden laskeminen esimerkiksi 50 prosenttiin ei johda jään kiillottumiseen tai kitkan alenemiseen. Negatiivisia vaikutuksia kitkaan tässä koeasetelmassa on havaittavissa, jos nastarenkaallisten autojen osuus liikennevirrasta laskee alle 25 prosenttiin ja tämäkin vasta kohtuullisen liikennemäärän vallitessa. Esimerkiksi 0 % nastarenkaallisen kaistan kitkakerroin tippui maksimissaan n. 25 % suhteessa 100 % nastarengasvirtaan.

Eri kaistoille syntyi isojaakin visuaalisia eroja, kuten valokuvat osoittavat. Mitatut kitkamuutokset eivät olleet niin suuria kuin valokuvista voisi päätellä.

On korostettava, että testin olosuhde oli kitkarenkaalle hyvin hankala lämpötilan puolesta ja ajoalustana olleen hyvin sileän jään tähden. On vaikea kuvitella olosuhteita, joissa kitkarenkaiden kitka laskisi kiillottumisen vuoksi vielä enemmän. **Näin ollen katsomme, että kitkarenkaiden osuuden merkittäväkään nosto liikennevirrassa ei vaaranna liikenneturvallisuutta jään kiillottumisilmiön kautta. Toisaalta, tulosten perusteella nastarengasosuuden pudottaminen alle 25 % liikennevirrassa voi heikentää liikenneturvallisuutta ja haitata liikenteen sujuvuutta.**

6 Näkökulmia nasta-kitkarengas keskusteluun

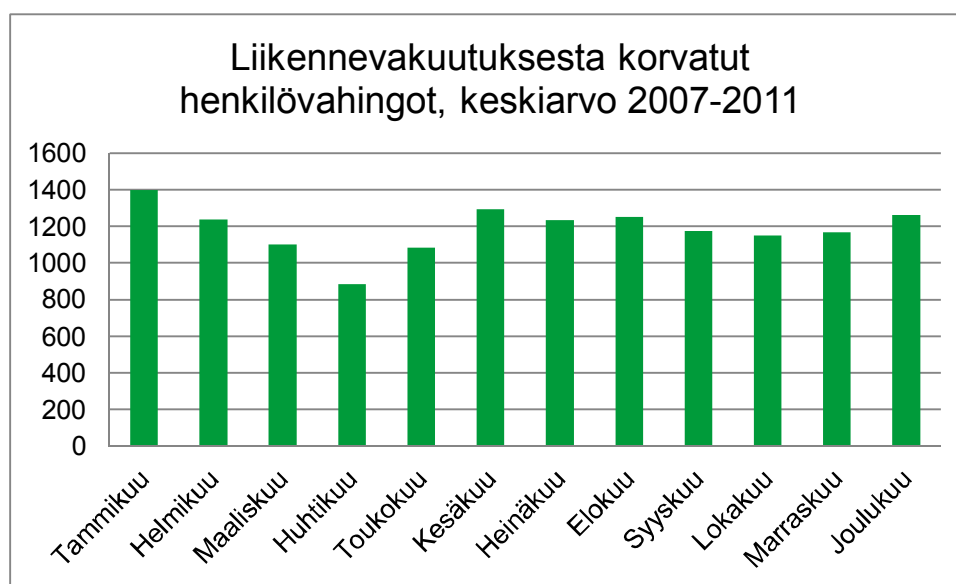
6.1 Talvi ja liikenneturvallisuus

Kitkarenkaiden määrän kasvattamisen yhteydessä keskusteluissa on esiintynyt huoli, että jalan- kulkijaonnettomuudet lisääntyisivät suojateillä autojen pidentyvien jarrutusmatkojen tähden. Täs-

sä kohdin on huomattava, että kyseessä on talvikelissä onneksi äärimmäisen harvinainen onnettomuustyyppi.

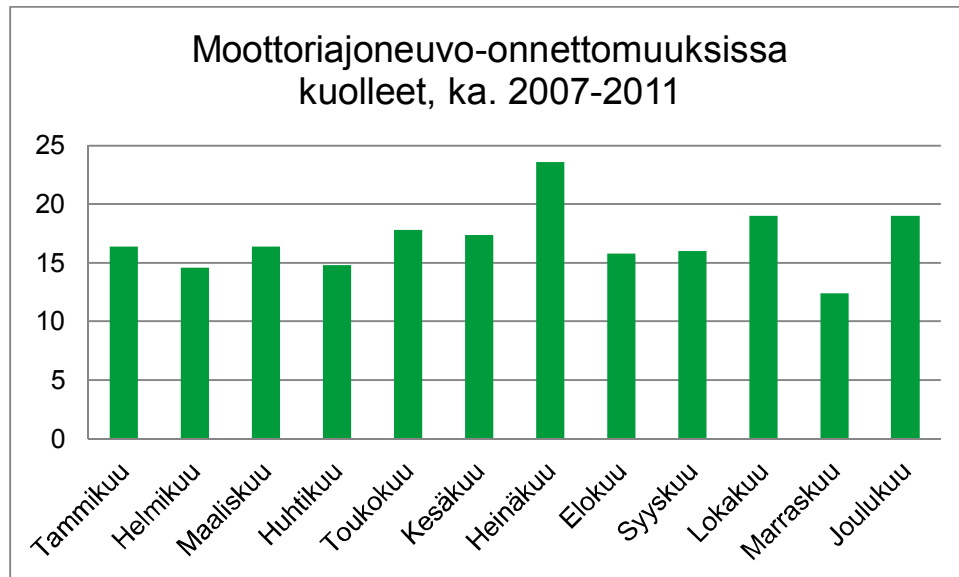
Vuosina 2002-2011 oli kevyen liikenteen onnettomuuksia, joissa moottoriajoneuvon kuljettaja oli aiheuttaja oli 275. Näistä liukkaan talvikelin onnettomuuksia oli 60 ja näistä suojatieonnettomuuksia oli vain 3 kappaletta. Aineiston pienuudesta johtuen hieman irrallisena havaintona on, että kaikissa kolmessa autossa oli nastarenkaat. [9] Onnettomuustyyppiä, jossa kitkarenkaallinen auto ajaisi suojatiellä olevan jalankulkijan yli, ei ole.

Talvikuukausien yleistä vaarallisuutta liikenteessä voidaan tarkastella sen kautta, miten henkilövahingot ja kuolemaan johtaneet onnettomuudet jakautuvat eri kuukausille (Kuva 19). Kuvasta nähdään, että eri kuukausien ja vuodenaikojen välinen vaihtelu on pientä. Kesäkuukausien aikana (kesä-elokuu) sattuu hieman enemmän onnettomuuksia kuin talvikuukausina (tammi-maaliskuu).



Kuva 19. Henkilövahinkojen kuukausittaisen jakauman keskiarvo viideltä vuodelta. Talvikuukaudet eivät erotu mitenkään poikkeavasti. Erityisesti huomioiden pimeän ajan merkittävä lisääntymisen ja yleisen kitkatason laskemisen. [9]

Kuva 20 esittää moottoriajoneuvo-onnettomuuksissa kuolleet eri kuukausia viiden vuoden keskiarvona [9]. Verrattuna henkilövahinkoihin vaihtelu on selkeämpää ja erityisesti heinäkuu korostuu, vaikka mopo- ja moottoripyöräonnettomuudet ovat poistettu luvuista. Tammi-helmikuu, jotka ovat selkeitä talvikuukausia niin valoisuuden kuin lumisuuden osalta, eivät erotu. Itse asiassa marraskuu on ”turvallisinta” aikaa Suomen tieliikenteessä.



Kuva 20 Onnettomuuksissa kuolleiden kuukausittainen jakauma viiden vuoden ajalta. Onnettomuuksissa on mukana vain henkilöautot, ei siis mopoja tai moottoripyöriä. [9]

Kitkarenkaiden osuus tapahtuneissa onnettomuuksissa on mielenkiintoinen asia. Emme tässä yhteydessä tee katsausta näihin tutkimuksiin, mutta kiinnitämme huomiota tutkimustulosten tulkintaa. Ruotsissa tehty tutkimus [11] nastarenkaiden liikenneturvallisuudesta on päässyt Suomessa lehtiotsikoihin. Siinä todettiin, että nastarengaat vähentävät kuolonkolareja 42 % lumisilla ja jäisillä teillä. Täysin vaille huomiota on jäänyt aspekti, että 42 % osuus oli laskettu onnettomuuksista, joissa yhdessäkään autossa ei ollut ajonvakautusjärjestelmää (ESC). Tutkijat myös toteavat, että 49 % kitkarengailla tapahtuneista onnettomuuksista olisi normaalisti vältetty, jos autossa olisi ollut ESC. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että kitkarengailla tapahtuneissa onnettomuuksissa oli usein myös kyseessä rengastusvirhe, eli huonompi pari kitkarengkaita oli tak akselilla. Lisäksi kitkarengaalliset onnettomuusautot olivat hyvin usein takavetoisia. Toteamme, että takavetoinen auto ilman ESC:tä väärin rengastettuna on todella liikenneturvallisuusriski, mutta siitä ei voida vetää johtopäätöksiä kitkarengaskeskusteluun.

6.2 Renkaiden kitkasta, ajonopeudesta ja jarrutusmatkasta

Viimeaikaisia lausuntoja lukiessa nasta-kitkarengas-asetelman ympäriltä on voinut jäädä vaikutelma, että vain nastarengas tarjoaisi hyvää pitoa jäällä. Tämä vaikutelma on täysin väärä. Matalammissa lämpötiloissa kitkarengas pitää jäällä hyvin ja voi jopa ylittää nastarengkaan pidon näissä olosuhteissa. Selitys lienee, että nasta ei tunkeudu kunnolla kylmään ja kovaan jäähän ja sen sijaan kitkarengkaan pehmeä kumiseos pystyy pureutumaan jään pienen mittakaavan kauheuteen sulattamatta sitä samalla. Myös lämpötilan ollessa lähempänä nollaa, kitkarengaallinen auto on täysin ajettavissa jäällä. Tuntuu siltä, että viimeaikaista kitkarengaissa tapahtunutta kehitystä ei noteerattaisi lainkaan, vaan mielipiteet perustuvat kokemuksiin vanhemmista rengassukupolvista.

Kitkan ja nopeuden suhdetta jarrutusmatkaan voidaan havainnollistaa vaikkapa seuraavalla esimerkillä. Jos oletetaan, että nastarenkaallisen renkaan auton maksimihidastuvuus vastaa kitkaa 0,25 ja kitkarenkaallisen kitkaa 0,2, on nastarenkaallisen auton jarrutusmatka 30 km/h nopeudesta 25,1m ja kitkarenkaallisen 31,4m. Eroa on siis noin 6,3m. Kitkarenkaallinen auto pysähtyy samalla jarrutusmatkalla, jos sen lähtönopeus olisi 4,3km/h alaisempi. Jarrutusmatkan lisäksi kuljettajan reaktiomatka 30km/h nopeudesta on noin 8m, joka pienentää nasta- ja kitkarenkaiden välistä suhteellista pysähtymismatkaeroa. Näin ollen, ennakoiva ajotapa ja liikennetilanteeseen keskittyminen kompensoivat helposti mahdollisen jarrutusmatkaeron

Rengastyypin välistä kitkaeroa ääritilanteissa voi myös suhteuttaa samantyyppisen renkaiden välisiin kitkaeroihin. Esimerkiksi hyvä kesärenkas pysähtyy märällä 80km/h:sta 5km/h:ssa 30 metrissä, kun taas huonolta, mutta Suomessakin suositulta, kesärenkaalta se vie 37m [10]. Paremmassa kesärenkaassa kitka on siis 0,84 ja huonomman 0,68. Ero kitkakertoimessa on siis 0,16, joka voi vastata nastarenkaan ja kesärenkaan pitoeroa jäällä. Saman rengastyypin sisällä voi siis olla huomattavan suuria eroja, suurempia kuin mitä rengastyypin välillä. Vuonna 2012 voimaan astunut EU-tason renkaiden energiamerkintä, joka ilmoittaa myös märkäpidon, varmasti parantaa kuluttajien tietoisuutta kesärenkaiden pitokykyjen eroista. EU:n määräämä merkintä ei kuitenkaan nykyisellään anna talvirenkaiden pidosta oikeaa kuvaa. Näemme, että olisi kansallinen tai pohjoismainen haaste luoda luotettava talvirenkaan pitoa ja tien kuluttavuutta kuvaava rengasmerkintä joka olisi myös sovellettavissa nastarenkaisiin. Keskeinen ongelma on kuitenkin lumi- ja jääkitkamittausten sekä tienkulutusmittausten toistettavuus ja uudelleentuotettavuus. Talvipitomerkinän menestyksellä toteutus varmasti lisäisi kitkarenkaiden määrää liikenteessä.

6.3 Optimaalisesta talvirengastyypin jakaumasta

Mielestämme nastarenkaiden järkevää osuutta liikenteessä on nyt syytä tarkastella kriittisesti. Liikenneturvallisuus ja eri autoalan etujärjestöt sekä lehtien pääkirjoitukset ovat pelotelleet jopa henkilöuhreilla, jos nastarenkaiden määrää liikenteessä lasketaan. Se on kovin yllättävää, koska suomalaiset eivät juuri kuole liikenneonnettomuuksissa, joissa 10 % jarrutusmatkan lyhennys olisi estänyt tragedian.

Suomen liikenteen ongelmat ovat rattijuoppous, turvavyön käyttämättä jättäminen, sairaskohtaukset, itsemurhat ja nukahtamiset. Autonhallinnan menetykset liittyvät usein auton hankalaan ja epäloogiseen käyttöön ajotilanteissa, jossa ollaan auton sivuttaisen suorituskyvyn äärirajoilla. Ajonvakautusjärjestelmä paikkaa mainiosti tätä ongelmakohtaa. Renkaiden osalta suurimmat riskit ovat täysin väärät rengaspaineet sekä väärä tai huonokuntoinen rengastus. Lisäksi eri rengastus etu- ja taka-akselilla voi vaikuttaa auton hallittavuuden ääritilanteissa. Tästä näkökulmasta, kitka vai nasta -asetelma ei mielestämme ole ensisijaisesti liikenneturvallisuuskysymys, vaan sillä saattaa olla suuremmat vaikutukset esimerkiksi liikenteen sujuvuuteen.

Keski-Eurooppaan tarkoitetut kitkarenkaat ovat saaneet huomiota viime aikoina Suomessa. Niiden on kerrottu olevan soveltumattomia Suomen talveen. Ne tarjoavat kuitenkin erinomaisen märkäpidon koleissa olosuhteissa ja niiden lumipito on kunnossa. Jäisellä pinnallakin ne ovat huomattavasti kesärenkaita paremmat ja muiltakin ominaisuuksiltaan selkeät talvirenkaat. Jos

kitkarenkaita on ajoneuvokannasta 20 % ja kitkarenkaista 20 % on ns. Keski-Euroopan kitkoja, niin niiden osuus on 4 %. On huomattava, että on automalleja, joihin ei löydy rengaskoon puolesta sopivia pohjoisen talvirenkaita ja siten Keski-Euroopan kitkarenkaat ovat paras vaihtoehto. Jäljelle jäävät Keski-Euroopan kitkoilla varustetut autot (esim. tuontiautot) eivät mielestämme ole minkään asteinen ongelma. Vaikka Keski-Euroopan kitkarenkailla voi turvallisesti ajaa Suomen talvessa, ei niitä ole silti tarpeen kuluttajille erikseen myydä tai markkinoida.

Erikseen on korostettava, että kitkarenkaat eivät sovellu kesärenkaiksi.

Kitkarenkaat ovat kehittyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana selkeästi. Rengasvalmistajat ovat panostaneet niin sekä pohjoismaisen kitkarenkaan kehitykseen kuin keskieuropalaisen kitkarenkaan kehitykseen. Keski-Euroopan pohjoisemmalla puoliskolla ja Alpeilla renkaiden kausivaihtaminen (talvirenkaat) on jo vakiintunut käytäntö suurimmalla osalla autoilijoista. Tämä on osaltaan lisännyt markkinoita ja kyseisen tuotesegmentin kiinnostavuutta valmistajien näkökannalta. Kitkarenkaiden kehityksen myötä olemme nyt jo tilanteessa, jossa parhaat kitkat ovat vähintään heikompien tai kuluneiden nastarenkaiden veroisia talvisissa olosuhteissa.

Lopuksi

Haluamme kiittää Mika Matilaista, Jukka Kärkimaata, Pekka Marteliusta, Kari Alppivuorta sekä Test Worldin henkilökuntaa mittauksissa avustamisessa. Lisäksi kiitämme Nokian Renkaita testi- renkaista.

Tutkimuksen rahoittivat Trafi, Liikennevirasto ja Helsingin kaupunki. Tutkimuksen tilasi NASTA- tutkimusohjelma.

Lähteet:

- 1 Kupiainen, K.J. & Pirjola, L., 2011. Vehicle non-exhaust emissions from the tyre-road interface – effect of stud properties, traction sanding and resuspension. *Atmospheric Environment*, 45(25), pp.4141–4146.
- 2 Gustafsson, M. et al., 2009. Factors influencing PM10 emissions from road pavement wear. *Atmospheric Environment*, 43(31), pp.4699–4702.
- 3 Gültlinger, J. et al., 2012. Investigations of road wear caused by studded tires Studded tires improve winter traffic safety. In *Tire Science and Technology*. Cleveland: Tire Society, p. 18.
- 4 Malmivuo, M., 2012. Nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutukset, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 4/2012.
- 5 Hauer & Christiansen (2011): Videre arbeid med lokal luftkvalitet. Forslag til endring av piggdekkpolitikken. Brev från Statens vegvesen till Samferdselsdepartementet av Oslo, 18.8.2011
- 6 Rantonen, M., Tuononen, A.J. & Sainio, P., 2012. Measuring stud and rubber friction on ice under laboratory conditions. *Int. J. Vehicle Systems Modelling and Testing*, 7(2), pp.194–207.
- 7 Rantonen, M., 2011. Measuring stud and rubber friction on ice. M.Sc Thesis, Aalto University.
- 8 Vertec-EU projekti, raportti 2003-2006
- 9 Koisaari, Tapio, Vakuutuskeskus, toimitti kuvat.
- 10 Tekniikan Maailma, 5/2013
- 11 Strandroth, J. et al., 2012. The effects of studded tires on fatal crashes with passenger cars and the benefits of electronic stability control (ESC) in Swedish winter driving. *Accident; analysis and prevention*, 45, pp.50–60.