



Mikko Malmivuo

Tien pinnan kitkan mittaamisen kehittäminen Suomessa

Esitutkimus

Mikko Malmivuo

Tien pinnan kitkan mittaamisen kehittäminen Suomessa

Esitutkimus

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 14/2011

Liikennevirasto

Helsinki 2011

Kannen kuvat: Timo Unhola ja Mikko Malmivuo

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-642-4

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

Mikko Malmivuo: Tien pinnan kitkan mittaamisen kehittäminen Suomessa. Liikennevirasto, väylänpito-osasto. Helsinki 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 14/2011. 39 sivua ja 1 liite. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-642-4.

Avainsanat: liikenneturvallisuus, liukkaus, kitka, talvihoito

Tiivistelmä

Useissa eri tutkimuksissa on todettu, että liikenneonnettomuuden riski talvikeliolosuhteissa on merkittävästi suurempi kuin kesäkeleillä. Tätä riskiä pyritään vähentämään teiden talvihoidolla. Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa noudatetaan teiden talvihoidossa politiikkaa, jonka mukaan teiden ei tarvitse olla talviaikana paljaita ja sulia, kunhan talvisella tien pinnalla saavutetaan riittävä, talvihoidon laatuvaatimuksissa määritelty kitka. Tätä periaatetta noudattaen on pyritty rajoittamaan liiallista suolan käyttöä maanteillä. Koska kitkan mittausmenetelmän valinta vaikuttaa mitattuihin kitka-arvoihin, on em. maissa päätetty, millä mittareilla mitattuun kitkaan talvihoidon laatuvaatimuksissa viitataan. Tämän selvityksen tavoitteena on kirjallisuusselvityksen ja haastatteluiden kautta kartoittaa kokemuksia erilaisista uusista kitkanmittauslaitteista eri maissa. Lisäksi selvityksen tavoitteena on antaa ajantasaista taustatietoa suomalaisia kitkanmittaustestejä varten.

Suomessa tien pinnan kitkan mittaus on perustunut yli 20 vuoden ajan pitkälti yhteen järjestelmään, jossa ajoneuvon asennettavan lisälaitteen avulla mitataan ajoneuvon hidastuvuutta jarrutuksen aikana ajoneuvon renkaan pyörimisnopeuden muutoksen perusteella. Markkinoille on kuitenkin viime vuosina tullut uusia kehittyneitä pistekitkan ja jatkuvan kitkan mittaukseen tarkoitettuja laitteita.

Suomessa on 2000-luvulla testattu pääosin jarrutuskitkaan perustuvia kitkanmittauslaitteita sekä ns. optista kitka-anturia. Jatkuva kitkanmittaus on tullut tutuksi lähinnä erään suomalaisen yrittäjän kehittämän sivukitkaa mittaavan laitteen myötä. Tätä laitetta on kokeiltu sekä amerikkalaistyyppisessä pakettiautossa että linja-auton asennettuna. Jatkuvasta kitkanmittauksesta saadut kokemukset eivät ole kuitenkaan olleet toistaiseksi kaikin puolin rohkaisevia.

Ruotsissa on viime vuosina testattu runsaasti jatkuvatoimisia kitkanmittauslaitteita, vaikkakaan näillä laitteilla ei ole maassa vielä mitään virallista asemaa talvihoidon ohjauksen parissa. Tätä kirjoitettaessa vaikuttaa siltä, että ruotsalaiset olisivat tässä vaiheessa kiinnostuneimpia amerikkalaisen valmistajan laitteista (tuotenimillä RT3 ja RT3 Curve). Kyseisen valmistajan laitteiden testaus jatkuu Ruotsissa talvella 2010-2011. Näissä laitteissa käytetään mittauspyöränä tavallista henkilöauton rengasta. Etuna on tällöin se, että mittauspyörä todennäköisesti käyttäytyy mahdollisimman samankaltaisesti kuin henkilöauton pyörä. Lisäksi mittausrenkaan uusimiskulut ovat huomattavasti halvempia kuin erikoisvalmisteisia mittausrenkaita käytettäessä.

Tällä hetkellä jatkuvatoimissa kitkanmittauslaitteita käytetään ja testataan eniten Norjassa, missä jatkuvatoimiset laitteet ovat jo saaneet virallisen mittauslaitteen statuksen joidenkin talvihoitourakoiden alueella. Norjassa on lisäksi omaksuttu politiikka, jonka mukaan maahan on hankittu muutama kallis ja mahdollisimman tarkka jatkuvatoiminen laite referenssimittalaitteeksi. Näiden lisäksi on hankittu kymmenittäin edullisempia jatkuvatoimisia laitteita, jotka kalibroidaan säännöllisesti näiden referenssilaitteiden mukaan.

Pohjois-Amerikassa kitkanmittauslaitteilla ei ole mitään virallista roolia talvihoidossa, vaikka laitteita käytetään melko runsaasti erilaisissa tutkimustehtävissä. Pohjois-Amerikassa vältetään jarrutuskitkaan perustuvien laitteiden käyttöä niiden oletettujen liikenneturvallisuusongelmien vuoksi.

Kitkanmittauslaitteita on testattu eri maissa sekä maantieympäristössä, että kontrolloidummista olosuhteissa lentokentillä tai järven jäällä. Maantieympäristön haaste on olosuhteiden epähomogeenisuus. Testirataolosuhteet ovat homogeenisempia, mutta toisaalta taas varsin keinotekoisia todellisiin maantieolosuhteisiin nähden. Tämän esitutkimusten tulosten perusteella on laadittu tutkimussuunnitelma uusien kiihtyvyyssanturilla varustettujen kitkamittareiden testaamiseksi ja vertaamiseksi perinteiseen jarrutuskitkamittariin sekä ns. optisen anturin mobiiliin versioon. Tutkimuksessa laitteita aiotaan testata sekä maantieympäristössä että koeradalla. Tutkimussuunnitelma on kuvattu erillisessä dokumentissa.

Tutkimuksen yhtenä tuloksena suositellaan, että kalliimmista jatkuvatoimisista kitkanmittauslaitteista tehtäisiin erillinen laaja kustannus-hyötyanalyysi.

Mikko Malmivuo: Utveckling av mätningen av friktionen på vägytan i Finland. Trafikverket, trafikledshållning. Helsingfors 2011. Trafikverkets undersökningar och utredningar 14/2011. 39 sidor och 1 bilaga. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-642-4.

Nyckelord: trafiksäkerhet, halka, friktion, vinterväghållning

Sammanfattning

Man har i många olika undersökningar konstaterat att risken för trafikolyckor är betydligt större vid vinterväglag än sommarföre. Man strävar efter att minska risken genom vinterväghållning. I Finland, Sverige och Norge följer man inom vinterväghållningen principen att vägarna inte behöver vara is- och snöfria bara man på vägytan vintertid uppnår en tillräcklig friktion som definieras i kvalitetskraven för vinterväghållningen. Med denna princip har man strävat efter att begränsa en för riklig användning av salt på landsvägarna. Eftersom valet av metod för att mäta friktionen inverkar på de uppmätta friktionsvärdena har man i dessa länder beslutat med vilka mätare som den friktion som man hänvisar till i kvalitetskraven för vinterväghållningen ska ha mätts. Målet med den här utredningen är att via litteraturstudier och intervjuer kartlägga erfarenheterna av olika nya friktionsmätare i olika länder. Dessutom vill man med utredningen ge tidsenliga bakgrundsuppgifter med tanke på friktionsmätningstest i Finland.

I Finland har mätningen av vägytans friktion under mer än 20 års tid i stor utsträckning baserat sig på ett system där man med hjälp av en tilläggsanordning som installeras på bilen mäter hur fordonets fart avtar under bromsningen på basis av hur rotationshastigheten hos fordonets däck förändras. Det har dock under de senaste åren kommit nya utvecklade mätare ut på marknaden. Dessa mätare är avsedda att mäta friktionen antingen punktvis eller kontinuerligt.

I Finland har man under 2000-talet främst testat friktionsmätare som baserar sig på bromsfriktionen samt s.k. optiska friktionsgivare. Vi har lärt känna kontinuerlig friktionsmätning främst via en apparat som mäter sidofriktionen och som utvecklats av en finsk företagare. Denna apparat har testats både i paketbilar av amerikansk typ och installerad i bussar. Erfarenheterna av kontinuerlig friktionsmätning har dock inte varit särskilt uppmuntrande tills vidare.

I Sverige har man under de senaste åren testat många kontinuerligt fungerande friktionsmätare även om dessa mätare inte ännu har någon officiell status inom styrningen av vinterväghållningen i landet. I skrivande stund verkar det som om svenskarna i detta skede är mera intresserade av den amerikanska tillverkarens mätare (produkt-namn RT3 och RT3 Curve). Testningen av den aktuella tillverkarens mätare fortsätter i Sverige under vintern 2010-2011. I dessa mätare används ett vanligt personbilsdäck som mätthjul. Fördelen i detta fall är att mätthjulet sannolikt uppför sig så likartat som personbilsdäcket som möjligt. Dessutom är det betydligt billigare att förnya än ett specialtillverkat mätthjul.

I detta nu används och testas kontinuerligt fungerande friktionsmätare mest i Norge, där de redan har fått status som officiellt mätinstrument inom vissa vinterväghållningsentreprenader. I Norge har man dessutom anammat principen, enligt vilken man har skaffat några dyra kontinuerligt fungerande och så exakta mätare som

möjligt som referensmätare. Utöver dessa har man skaffat tiotals billigare kontinuerligt fungerande mätare som kalibreras regelbundet enligt dessa referensmätare.

I Nordamerika har friktionsmätare ingen officiell status inom vinterväghållningen även om de används i ganska stor utsträckning i olika undersökningar. I Nordamerika undviker man att använda mätare som baserar sig på bromsfriktionen på grund av deras antagna trafiksäkerhetsproblem.

Friktionsmätare har testats i olika länder både i landsvägsförhållanden och under flera kontrollerade förhållanden på flygfält eller istäckta sjöar. I landsvägsförhållandena består utmaningen av de icke-homogena förhållandena. Förhållandena på testbanorna är mera homogena men å andra sidan synnerligen konstgjorda i förhållande till verkliga landsvägsförhållanden. På basis av resultaten av denna förstudie har man gjort en undersökningsplan för att testa nya friktionsmätare som är försedda med accelerationsgivare och jämföra dem med traditionella bromsfriktionsmätare samt en s.k. mobil version av optisk givare. I undersökningen kommer mätarna att testas både i landsvägsförhållanden och på testbana. Undersökningsplanen beskrivs i ett separat dokument.

Som ett resultat av undersökningen rekommenderas att man gör en särskild, omfattande kostnadsnyttoanalys för den dyrare kontinuerligt fungerande friktionsmätaren.

Mikko Malmivuo: The development of measuring road surface friction in Finland. Finnish Transport Agency, Infrastructure Maintenance and Operations. Helsinki 2011. Research reports of the Finnish Transport Agency 14/2011. 39 pages and 1 appendix. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-642-4.

Keywords: traffic safety, skidding, friction, winter maintenance

Summary

Several different surveys show that the risk of traffic accidents is considerably higher under winter road conditions than summer road conditions. The aim is to reduce this risk by means of winter maintenance. In Finland, Sweden and Norway the winter maintenance policy is that roads do not have to be bare in winter, as long as there is sufficient friction on the road surface in accordance with the quality requirements specified for winter maintenance. By enforcing this principle, excessive use of road salt can be restricted. Since the choice of friction measurement method affects the measured friction values, the above-mentioned countries have specified the devices by means of which the friction referred to in the winter maintenance quality requirements has been measured. This survey aims at charting the experience of the various new friction measuring devices in different countries through literary research and interviews. In addition, the purpose of the survey is to give real-time background information in support of friction measurement tests in Finland.

In Finland the measuring of road surface friction has for more than 20 years largely been based on a system, in which a vehicle-integrated additional device measures the deceleration during braking on the basis of the change in the vehicle wheel rotation speed. However, in the last few years recently developed devices for measuring spot and continuous friction have entered the market.

In Finland it is mainly friction measuring devices based on braking friction and so called optical friction sensors that have been tested in the 21st century. Continuous friction measurement has primarily been introduced through a device which measures side friction, developed by a Finnish entrepreneur. This device has been installed in buses and tested in American-type vans. However, so far the experiences of continuous friction measurement have not been very encouraging.

In Sweden various continuous friction measuring devices have been tested in the last few years, although these devices still have not achieved official status in winter maintenance management. At the time of writing, it seems at this point as if the Swedes are more interested in the devices by an American manufacturer (product names RT3 and RT3 Curve). The testing of the devices by the manufacturer in question continues in Sweden during the winter 2010-2011. In these measuring devices the measuring wheel is an ordinary car tire. The advantage of this is that the measuring wheel is likely to behave in a manner which is as similar as possible to the car tire. In addition, it is considerably cheaper to replace a measuring tire than a specially manufactured measuring tire.

At the moment the continuous friction measuring devices are mostly used and tested in Norway, where they have already been given the status of official measuring device in some areas with contracts for winter maintenance. In Norway a policy has been adopted, according to which a few expensive continuous measuring devices, which

are as accurate as possible, have been acquired to be used as reference measuring devices. In addition to these, tens of cheaper continuous measuring devices have been acquired, which are regularly calibrated against these reference devices.

In North America friction measuring devices do not play an official role in winter maintenance, even though they are used quite extensively in different surveys. In North America measuring devices based on braking friction are avoided due to their implied traffic safety problems.

Friction measuring devices have been tested in various countries both in a road environment and under more controlled circumstances on airports or ice-covered lakes. The road environment is challenging due to its non-homogenous conditions. The conditions on the test tracks are more homogenous, but on the other hand quite artificial in comparison to the actual road conditions. A research plan, based on the results of this preliminary study, has been drawn up for testing new friction measuring devices equipped with acceleration sensors and for comparing these with the traditional braking friction measuring devices and the mobile version of the so-called optical sensor. In this survey the devices will be tested both under road conditions and on a test track. The research plan has been described in a separate document.

As a result of this survey, it is recommended that a separate, extensive cost-benefit analysis will be carried out for the more expensive continuous friction measuring device.

Esipuhe

Suomessa tien pinnan kitkan mittaaminen on perustunut yli 20 vuoden ajan yhteen järjestelmään, jonka kaupallisia sovelluksia ovat mm. C-trip ja Eltrip. Markkinoille on kuitenkin viime vuosina tullut kehittyneitä pistekitkan ja jatkuvan kitkan mittaukseen tarkoitettuja laitteita. Tässä selvityksessä on tarkasteltu kirjallisuustutkimuksen valossa kokemuksia erilaisista uusista kitkanmittauslaitteista eri maissa. Tämän esiselvityksen tavoitteena on myös antaa taustatietoa suomalaisia kitkanmittaustestejä varten.

Selvityksen on tehnyt Mikko Malmivuo Innomikko Oy:stä. Työtä on ohjannut kunnosapitoasiantuntija Tuovi Päiviö-Leppänen Liikennevirastosta. Työn ohjausryhmään ovat kuuluneet myös Heikki Lappalainen, Olli Penttinen ja Reijo Prokkola Liikennevirastosta sekä Yrjö Pilli-Sihvola Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksesta.

Helsingissä maaliskuussa 2011

Liikennevirasto
Väylänpito-osasto

Sisällysluettelo

1	TAUSTA JA TAVOITE	11
1.1	Tausta	11
1.2	Tavoite	12
2	TUTKIMUKSIA JA KOKEMUKSIA ERI KITKANMITTAUSLAITTEISTA	13
2.1	Suomi	13
2.1.1	Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus 2000 (Malmivuo 2001).....	13
2.1.2	Liikkuvan kelinseurantajärjestelmän nykytilanne ja kehitysnäkymät (Malmivuo et al 2005).....	13
2.1.3	Optisen kelianturin ja lämpötila-anturin toimivuuden ja hyödyntämismahdollisuuksien arviointi (Schirokoff et al. 2006).....	14
2.1.4	Kitkamittareiden mittaustarkeuden vertailu 2008 (Virtala 2008).....	15
2.1.5	Muita tutkimuksia.....	18
2.2	Ruotsi.....	20
2.2.1	Testit maaliskuussa 2008 Arjeplogissa (Engström et al 2008).....	20
2.2.2	Yleistä Ruotsin tilanteesta.....	23
2.3	Norja.....	23
2.3.1	Yleistä Norjan tilanteesta	23
2.3.2	Dynatron-testi 2007 (Nonstad 2007A).....	25
2.3.3	Gripman-testi 2008 (Nonstad 2008).....	26
2.3.4	Jatkuvatoimisten mittarien testit Dagalissa (Nonstad 2009).....	28
2.3.5	DSC111 testit Norjassa (Skrautvol 2009)	29
2.3.6	ViaFriction	29
2.4	Pohjois-Amerikka.....	30
2.4.1	Asiantuntijoiden sähköpostihaastattelut	30
2.4.2	Tutkimus: Talvihoidon laadun mittaus kitkaa testaamalla (2009)	32
2.4.3	Hallidayn kitkanmittauslaitteet	34
3	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	36
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	
Liite 1	Arvioita kitkamittareista (Zein 2009)	

1 Tausta ja tavoite

1.1 Tausta

Useissa eri tutkimuksissa on todettu, että liikenneonnettomuuden riski talvikeliolosuhteissa on merkittävästi suurempi kuin kesäkeleillä (Elvik et al 2009). Tätä riskiä pyritään vähentämään teiden talvihoidolla. Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa noudatetaan teiden talvihoidossa politiikkaa, jonka mukaan teiden ei tarvitse olla talviaikana paljaita ja sulia, kunhan talvisella tien pinnalla saavutetaan riittävä, talvihoidon laatuvaatimuksissa määritelty kitka. Tätä periaatetta noudattaen on pyritty rajoittamaan liiallista suolan käyttöä maanteilla. Koska kitkan mittaamenetelmän valinta vaikuttaa mitattuihin kitka-arvoihin, on em. maissa päätetty, millä mittareilla mitattuun kitkaan talvihoidon laatuvaatimuksissa viitataan.

Maanteiden kitkaa voidaan periaatteessa mitata kahdella eri pääjärjestelmällä, pistekohtaisesti ajoneuvoa jarruttamalla tai jatkuvasti käyttämällä erillisellä mittausrankaalla varustettua lisälaitetta. Näiden kahden pääjärjestelmän ohella on viime vuosina kehitetty myös muutamia muita näistä poikkeavia järjestelmiä, joista merkittävien lienee optiseen kitkan tunnistukseen perustuvat järjestelmät.

Pistekohtainen jarrutuskitkamittaus on menetelmistä edullisin. Menetelmä tavallaan korvaa perinteisen jarrutusmatkamittauksen, sillä laite antaa jarrutuksen aikana syntyneen ajoneuvon hetkellisen hidastuvuuden perusteella arvion siitä, miten tehokkaasti tällä kelillä ajoneuvon voisi pysäyttää. Kun jarrutusmatkamittaus edellyttää pitkää jarrutusta pysähtymiseen asti, jarrutuskitkamittareille riittää lyhyt jarrutus, jonka seurauksena nopeus putoaa vain hieman, joten mittaus on helpompi tehdä muun liikenteen seassa.

Jarrutuskitkamittauksen yksi heikkous on, että mittaajan on itse päätettävä, missä kohdassa kitkaa mitataan. Tämän vuoksi on mahdollista, että tien liukas kohta voi jäädä huomaamatta. Tätä ongelmaa ei ole laitteilla, joiden mittaus perustuu jatkuvaan kitkan mittaukseen. Jatkuva kitkan mittaus suoritetaan usein jompaakumpaa kahta eri peruseriaatetta hyödyntäen. Toisen peruseriaatteen mukaisesti käytetään erillistä mittausrengasta, jossa on tietty jatkuva sortokulma ajoneuvon etenemissuuntaan nähden. Tällöin kitka lasketaan mittaamalla mittausrankaaseen vaikuttava sivuttaisvoima. Toisen peruseriaatteen mukaisesti käytetään sellaista erillistä mittausrengasta, jonka luisto voidaan pitää vakiona jarruvoimaa säätämällä. Kitka voidaan laskea, kun tiedetään vakioluistoon vaadittava jarrutusvoima erilaisissa pito-olosuhteissa.

Suomessa tien pinnan kitkan mittaus on perustunut jo yli 20 vuoden ajan pitkälle tiettyyn järjestelmään, jossa kitka arvioidaan ajoneuvon renkaiden pyörimisnopeuden nopeusmuutoksen perusteella jarrutustapahtuman aikana (ns. jarrutuskitkamittaus). Tämän järjestelmän mukaiset kaupalliset laitteet tunnetaan Suomessa mm. nimillä C-trip ja Eltrip. Useat eri tekijät ovat kuitenkin vaikuttaneet tarpeeseen arvioida nykyistä kitkanmittausjärjestelmää uudestaan:

- Markkinoille on tullut hidastuvuusantureihin perustuvia jarrutuskitkamittareita. Nämä vaikuttavat alustavien selvitysten valossa vaikuttavat vähintään yhtä luotettavilta kuin vanhan järjestelmän mukaiset laitteet ja niihin liittyvä

useita muita etuja vanhaan järjestelmään nähden (helppo asennettavuus, moderni datan käsittely ja välitys jne.)

- Edellä kuvattujen, erillistä ajoneuvon jarrutusta vaativien laitteiden lisäksi luotettavan ja kestäväen jatkuvatoimisen kitkamittarin tarve tuntuu jatkuvasti lisääntyvän.
- Nykyisiä esim. talvihoidon laatuvaatimuksissa esitettyjä kitkarajoja on vaikea perustella ja kansanomaistaa suurelle yleisölle. Kitkanmittausjärjestelmän uudelleenarvioinnin yhteydessä tulisi miettiä sitä, miten mahdollista uutta kitkaskaalaa voisi rakentaa voimakkaammin fysiikan peruskäsitteisiin, jarrutusmatkaan ja/tai tunnettuihin sää- ja keliolosuhteisiin perustuvaksi.

Tällä hetkellä vaikuttaa vahvasti siltä, että tulevaisuudessa talvihoidon laatuvaatimuksetkin voitaisiin ilmoittaa tavalla, joka mahdollistaa kitkan mittaamisen usealla eri järjestelmällä. Tämä tarkoittaa sitä, että laatuvaatimusten yhteydessä tulee julkaista muunnostaulukot eri menetelmillä mitatuilla kitkoille.

1.2 Tavoite

Tämän selvityksen tavoitteena on kirjallisuusselvityksenä ja haastatteluin tutkia eri kitkanmittausmenetelmien soveltuvuutta tien pinnan kitkanmittaukseen talviolosuhteissa Suomessa. Tutkimuksen tulosten avulla:

- suunnitellaan kotimaisia kitkanmittauslaitteita koskevia testejä talvella 2010-2011
- arvioidaan kotimaista kitkanmittauslaitteita koskevaa politiikkaa
- luodaan pohjaa laajemmalla pohjoismaiselle kitkanmittausta koskevalle yhteistyölle

2 Tutkimuksia ja kokemuksia eri kitkanmittauslaitteista

Tähän lukuun on kerätty sekä tutkimustuloksia että käyttäjäkokemuksia eri kitkanmittauslaitteista 2000-luvulla. Tutkimusten tarkastelussa lähtökohtana on ollut tiivistää tutkimuksilla saatu tieto suomalaisia jatkotutkimuksia ajatellen.

2.1 Suomi

2.1.1 Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus 2000 (Malmivuo 2001)

Ivalossa, pääosin Testworldin testiradoilla testattiin joulukuussa 2000 C-trip-tyyppistä laitetta eri ajoneuvoissa, eri rengastuksilla, eri nopeuksissa, ABS:n kanssa ja ilman ABS:ää. Vertailussa olivat mukana myös Tiehallinnon omistama, AL-Engineeringin kehittämä keliauto, VTT:n ns. ”kitka-Sisu”, Ivalon lentoaseman BV-11 sekä kävellen työnnettävä Teknillisen korkeakoulun Fiido-merkkinen kitkanmittauslaite.

Kokeiden mukaan nopeuden kasvattaminen 50 km/h nopeudesta 80 km/h nopeuteen nosti C-tripin antamia kitka-arvoja noin 9%. Kitkarenkailla kitkaprofiili oli luonnollisesti erilainen kuin nastarenkailla. Tutkimuksessa vertailtiin myös uusia renkaita noin 30 000 km ajettuihin renkaisiin. Uusia ja vanhoja renkaita vertailtaessa havaittiin, että käytetyissä vanhoissa nastarenkaissa nastaulkonema oli kumin kuluessa kasvanut uusiin verrattuna, jolloin vanhoilla nastarenkailla saatiin sileällä jäällä jopa korkeampia kitka-arvoja kuin uusilla. Tutkimus osoitti, että jos halutaan vertailla kitkoja eri rengastuksilla, tulisi ajokilometrien sijaan keskittyä rengasparametreihin (urasyyvyys ja nastaulkonema).

Tutkimuksessa käytetty BV-11 vastasi toimintaperiaatteeltaan pitkälle uudempia norjalaisia TWO ja ViaFriction laitteita, joista puhutaan tässä selvityksessä jäljempänä. BV-11 tuntui muuten luotettavalta laitteelta, mutta tutkimuksessa löytyi viitteitä siitä, että mittarensa kulumisen saattaa vaikuttaa voimakkaastikin tuloksiin. Lisäksi tuotiin esiin 1990-luvun alussa tehdyn tutkimuksen havainto, jonka mukaan maantiellä BV-11 mittarensaaseen tarttui ja juuttui helposti kiviä, jotka vaikuttivat voimakkaasti tuloksiin.

Tutkimusajankohdaksi valitulle koeviikolle sattui niin pakkaskelejä kuin lähellä nollaa olevia kelejä. Tämän ansiosta mittauksia pystyttiin tekemään erilaista kitkatasoa edustaneilla jääpinnoilla.

2.1.2 Liikkuvan kelinseurantajärjestelmän nykytilanne ja kehitysnäkymät (Malmivuo et al 2005)

Tutkimusajankohtana Tiehallinnolla oli ollut muutaman talven ajan käytössään kaksi linja-autoon asennettua liikkuvaa kelinhavainnointijärjestelmää. Järjestelmät tuottivat ja välittivät tietoa tienpinnan kitkasta sekä tien ja ilman lämpötilasta sekä ilman kosteudesta. Lisäksi järjestelmään kuului kelikamera, joka välitti kuvaa tien olosuhteista. Tutkimuksessa tarkasteltiin pääosin sitä, miten hyvin järjestelmä oli toiminut.

Tutkimuksen mukaan järjestelmässä oli melko paljon häiriöitä. Talviaikaan järjestelmä välitti tietoa kelistä noin joka kolmas päivä. Kitkatietoa oli järjestelmästä saatu keskimäärin vain yhtenä päivänä viikossa. Ongelmat olivat liittyneet sekä itse laitteistoon että langattomaan tiedonsiirtoon kelinseurantajärjestelmän ja Tiehallinnon tietojärjestelmien välillä. Osin näiden ongelmien vuoksi järjestelmää ei myöskään juuri hyödynnetty. Järjestelmien keräämää kitkatietoa verrattiin tiesääasemadataan, mutta vertailussa ei pystytty löytämään yhteyttä näiden datojen välille.

Kitkan mittaus perustui mekaaniseen järjestelmään, jossa pienikokoinen mittausrenkas asennettiin linja-auton alle neljän asteen sortokulmaan linja-auton etenemissuuntaan nähden. Järjestelmän keräämien säätietojen avulla rengasta pyrittiin säästämään siten, että kitkaa mitattiin vain silloin, kun liukkaus oli sääparametrien mukaan mahdollista.

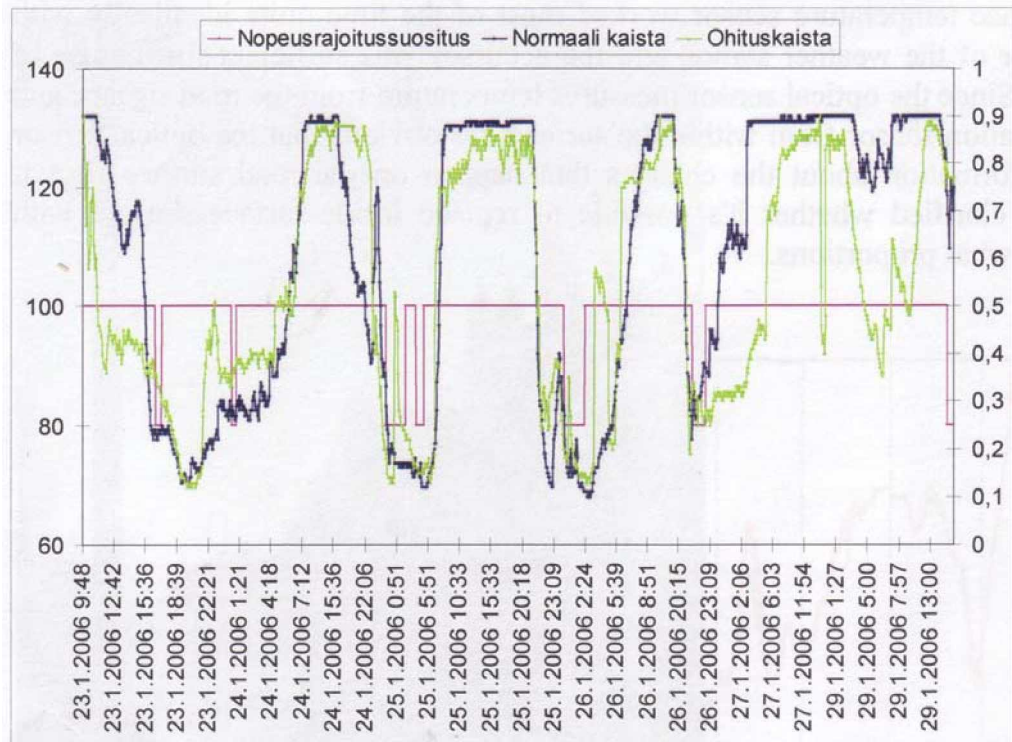
Järjestelmä oli ilmeisesti periaatteessa toimiva, mutta olisi vaatinut enemmän huoltoa kuin mitä linjaliikennekäytössä pystyttiin järjestämään. Huoltoa vaikeutti se, että huollot oli sovittava yhteen linja-auton muun huollon kanssa. Nämä järjestelyvaikeudet myös myötävaikuttivat siihen, etteivät linja-autoyrittäjät olleet kokeilun jälkeen innokkaita jatkamaan yhteistyötä.

2.1.3 Optisen kelianturin ja lämpötila-anturin toimivuuden ja hyödyntämismahdollisuuksien arviointi (Schirokoff et al. 2006)

Tiehallinto hankki talveksi 2005-2006 yhteensä 11 uutta kitkaa arvioivaa optista DSC111 anturia (kuva 1) ja sijoitti ne kiinteästi tien varteeseen Kaakkois-Suomen alueelle. Tutkimustalven aikana anturien kohdalla tehtiin yli 300 kitkamittausta C-tripityyppisillä jarrutuskitkaan perustuvilla laitteilla. Korrelaatio kitkamittausten ja optisen anturin ilmoittamien kitka-arvojen välillä oli kuitenkin yllättävän heikko. Yhtenä syynä heikkoon korrelaation epäiltiin jarrutuskitkamittausten tarkkuutta. Sen sijaan korrelaatio muuttuvien merkkien ohjauksen ja optisen anturin välillä vaikutti lupaavalta (kuva 2). Anturin arvoja seuranneet kelipäivystäjät pitivät myös anturia varsin lupaavana.



Kuva 1. Optinen kelianturi DSC111 (Vaisala Oyj)



Kuva 2. Nopeusrajoitussuositus (punainen viiva) sekä optisen anturin kitka-arvot (vihreä ja sininen viiva) vastaavana aikana (Schirokoff et al. 2006)

2.1.4 Kitkamittareiden mittaustarkkuuden vertailu 2008 (Virtala 2008)

Testissä oli mukana optinen kelianturi DSC111 (kuva 1), jatkuvatoiminen kitkamittari TWO (kuva 3), perinteinen C-trip, sekä kiihtyvyyssanturilla varustettu Gripman-kitkamittari (kuva 4). Tutkimus sisälsi vertailumittaukset ja toistettavuusmittaukset. Kummassakin osiossa kaikki mittalaitteet oli kiinnitetty yhteen mittausajoneuvoon. Vertailumittausten tavoitteena oli vertailla toisiinsa eri laitteiden ilmoittamia kitkoja. Toistettavuusmittauksissa tarkasteltiin, ilmoittivatko laitteet samoissa tienkohdissa samanlaisia tuloksia, kun samaa koereittiä ajettiin useampaan kertaan läpi. Vertailumittauksia varten ajettiin tieverkolla noin 500 km ja toistettavuusmittauksia varten 36 km.

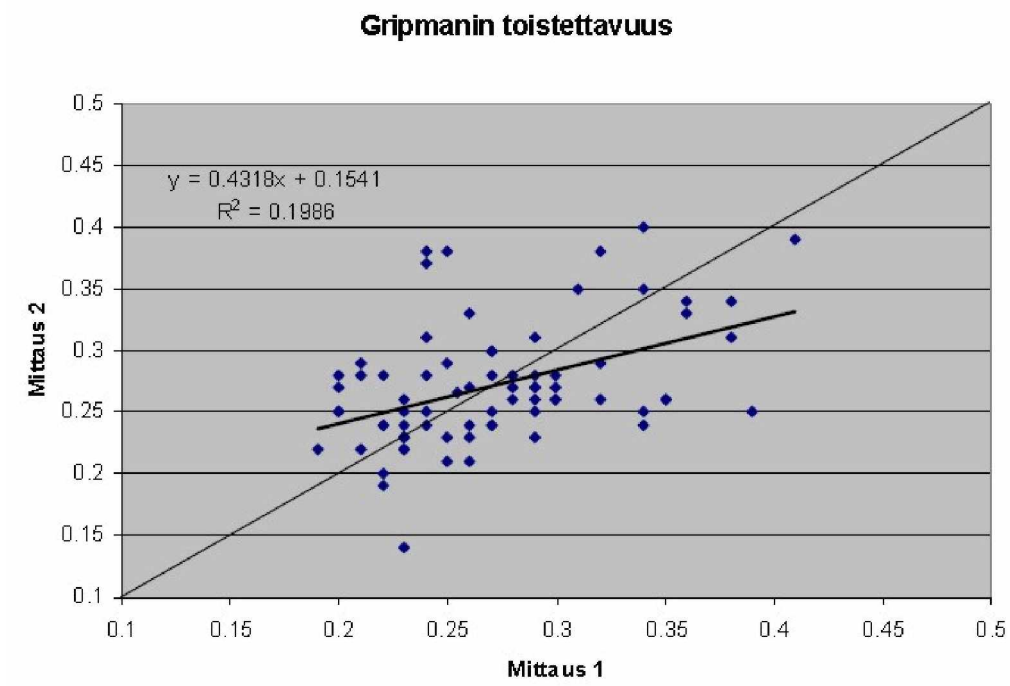


Kuva 3. Jatkuvatoiminen TWO-kitkamittari (Virtala 2008)



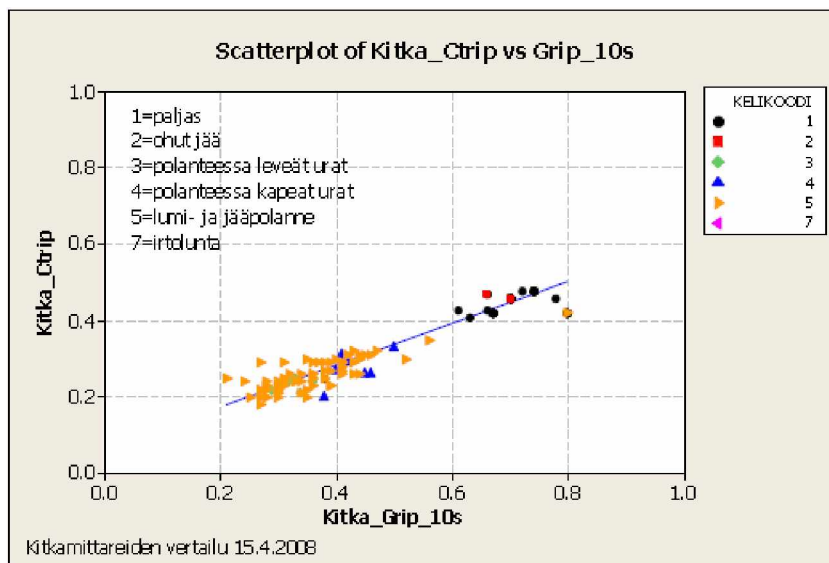
Kuva 4. Kiihtyvyyssanturilla varustettu Gripman-kitkamittari (Virtala 2008)

Tiestön pituus- ja leveysuuntainen epähomogeenisuus vaikeutti jonkin verran analyysien tekoa. Tämä näkyy hyvin esim. toistettavuusmittauksissa. On syytä olettaa, että homogeenisissa olosuhteissa esim. Gripmanin toistettavuus olisi huomattavasti parempi (kuva 5).



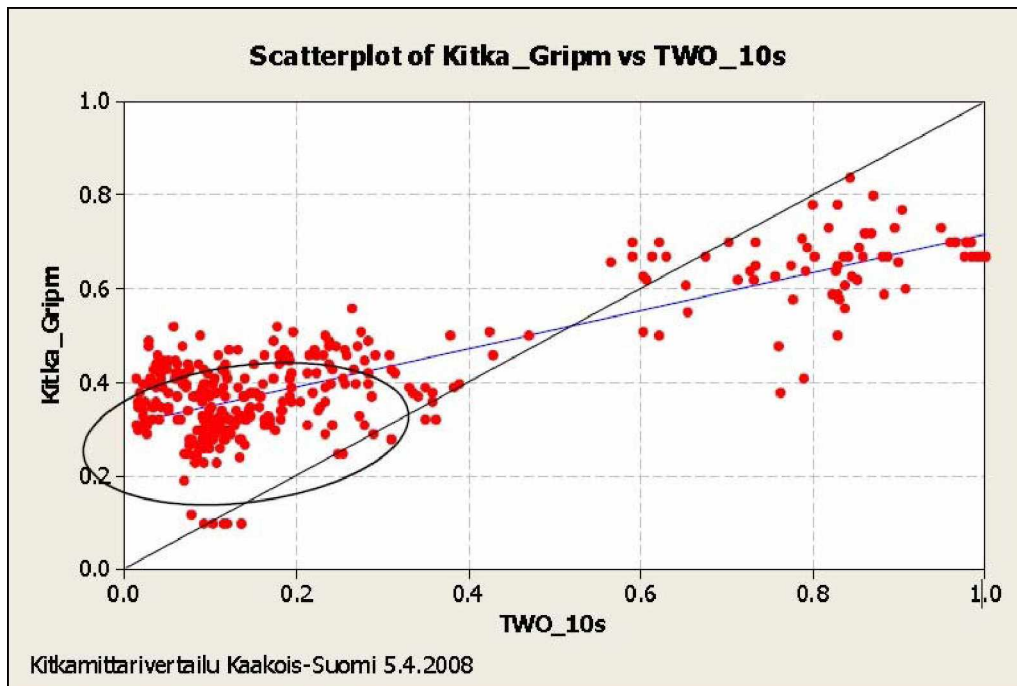
Kuva 5. Gripman-mittausten toistettavuus talven 2008 tutkimuksessa (kitkavot mittauskerralta 1 ja 2) (Virtala 2008)

Kun vertailtiin kahden eri mittalaitteen ilmoittamia kitkoja, C-trip ja Gripman korreloivat keskenään parhaiten (kuva 6). Tämä oli odotettavissa, sillä kummatkin laitteet mittasivat jarrutuskitkaa. Tutkimuksessa myös havaittiin, että ajoneuvon suuntavakaavuuden pettäminen (kääntyminen) vaikutti Gripman tuloksiin. Mittarin ilmoittamat kitkalukemat kasvoivat, jos ajoneuvo kääntyi jarrutuksen aikana.



Kuva 6. C-tripin ja Gripmanin vertailtavuus talven 2008 tutkimuksessa (Virtala 2008)

Kuvassa 7 nähdään millaiseen korrelaation päästiin, kun verrattiin jarrutuskitkamittausta (Gripman) jatkuvatoimiseen TWO-kitkamittariin. Satunnaisvaihtelu on melko suurta.

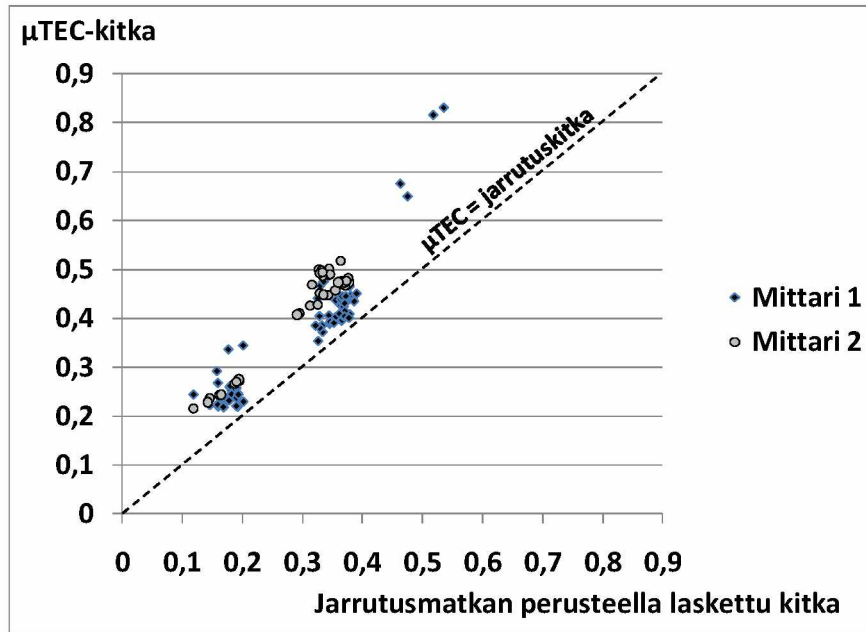


Kuva 7. Gripmanin ja TWO:n vertailua talven 2008 tutkimuksessa (Virtala 2008)

Tutkimuksen johtopäätöksissä todettiin, että mittausasetelma oli hyvin haastava. DSC111 tulosten tarkkuutta häiritsi jonkin verran se, että TWO nosti ilmaan lumipölyä, joka osui DSC111:n kenttään. Lisäksi mittauksen kohdistaminen ja laitteiden erilainen näytteidenottotapa häiritsi analyysiä.

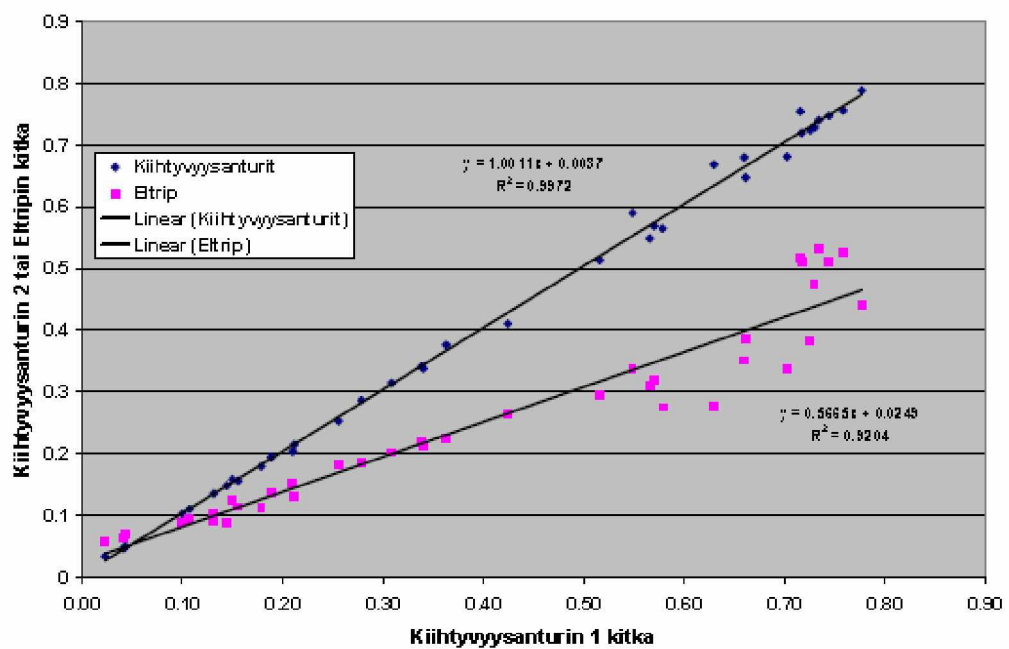
2.1.5 Muita tutkimuksia

Teconer Oy on kehittänyt μ TEC-ohjelmiston, joka yhdessä matkapuhelimella varustetun kiihtyvyyssanturin kanssa arvioi tien pinnan kitkaa. Mittaria testattiin keväällä 2010 Testworldin tekemien talvirengastestien yhteydessä (Malmivuo 2010). Koeeasetelmasta johtuen tulosten analysointia jonkin verran vaikeutti se, ettei varsinaisia koejarrutuksia pystytty täysin luotettavasti erottelemaan muista testikentällä tapahtuneista jarrutuksista. Siitä huolimatta laite vaikutti varsin lupaavalta (kuva 8). Tuloksia tarkasteltaessa on huomattava, että referenssi- eli jarrutusmatkamittaukset tehtiin aina samoilla renkailla kuin μ TEC-mittaukset.



Kuva 8. μ TEC:in kitka ja jarrutusmatkan perusteella laskettu kitka kevättalvella 2010 tehdyissä kokeissa jäällä, lumella ja paljaalla asfaltilla (Malmivuo 2010)

On huomattava, että kiihtyvyyssanturilla varustetulla mittarilla ja perinteisellä C-tripillä voi olla hyvin erilainen kitkaprofiili. Myös erilaisilla kiihtyvyyssanturilla varustetuilla mittareilla voi olla erilainen profiili kiihtyvyyssanturin tyypin ja laskenta-algoritmin mukaisesti. μ TEC:in kehittäjä, Taisto Haavasoja on esittänyt perinteisen Eltripin ja erään kiihtyvyyssanturilla varustetun mittarin välille kuvan 9 mukaista yhteyttä (Virtala 2008).



Kuva 9. Eltripin ja kiihtyvyyssanturilla varustetun laitteen kitkaprofiilien ero Haavasojan mukaan (Virtala 2008)

Koska μ TEC käyttää matkapuhelinten sisäistä kiihtyvyyssanturia, olisi hyvin mielenkiintoista tietää, millaisiksi matkapuhelinvalmistajat itse arvioivat anturiensa suorituskyvyn, tarkkuuden ja luotettavuuden. Tätä selvitystä tehdessä otettiin yhteyttä Nokiaan, jossa kuitenkin todettiin, että kaikki heidän puhelimiensa kiihtyvyyssantureihin liittyvä tieto on luottamuksellista tietoa, jota ei kerrota talon ulkopuolelle.

2.2 Ruotsi

2.2.1 Testit maaliskuussa 2008 Arjeplogissa (Engström et al 2008)

Ruotsissa tehtiin talvella 2008 varsin laaja kitkamittareiden testi Arjeplogin testialueella. Testissä oli mukana 3 erilaista jatkuvatoimista kitkamittaria: RT3 (4 kpl), TWO (2 kpl) ja Viafriction (1 kpl). Laitteet on esitelty kuvissa 10-12. Lisäksi mukana oli perinteinen C-trip, kiihtyvyyssanturilla varustettu Racelogicin VBox III sekä SRIS-järjestelmällä varustettu Volvo. SRIS eli Slippery Road Information System käyttää hyväkseen ajoneuvojen ABS ja EPS-dataa sekä tiesääasematietoja. Lisää tietoa järjestelmästä löytyy osoitteesta www.sris.nu.



Kuva 10. Jatkuvatoiminen kitkamittari RT3 (Engström 2008)



Kuva 11. Jatkuvatoiminen kitkamittari TWO (Engström 2008)



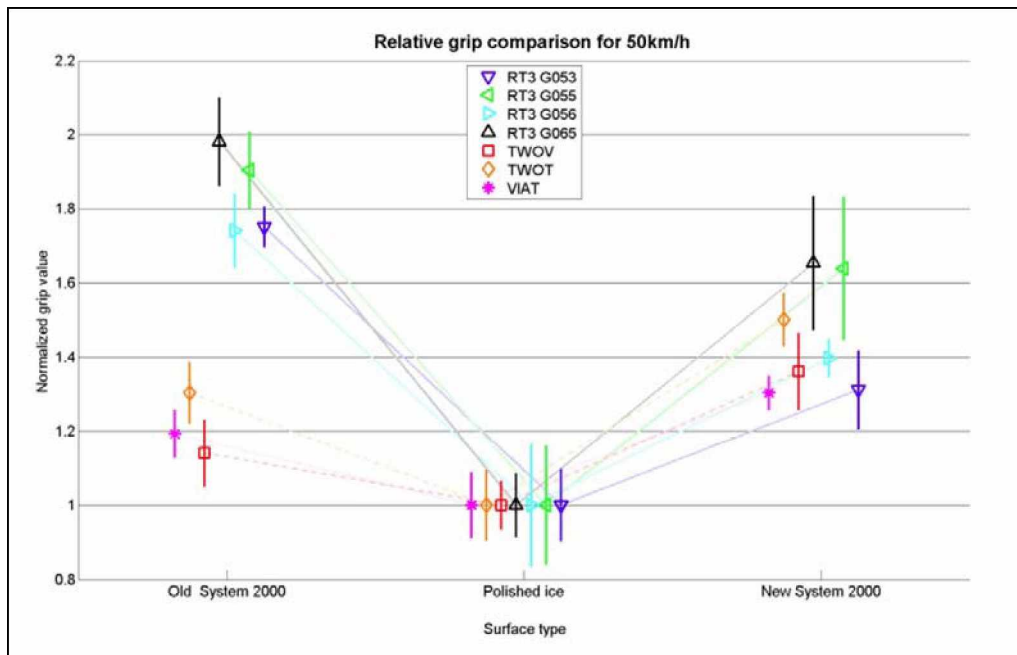
Kuva 12. Jatkuvatoiminen kitkamittari ViaFriction (Engström 2008)

Edellä mainittuja laitteita testattiin neljällä erilaisella jääpinnalla, jotka olivat:

- Ns. "New system 2000" jää, johon oli tehty uurteita, jonka vuoksi jää oli karkeata sekä mikro, että makrotasolla
- Ns. "Old system 2000" jää, joka oli kuten edellä, mutta joka oli ollut pidempään sään ja kulutuksen armoilla, joten jää oli mikrotasolla tasaisempaa, mutta edelleen makrotasolla karkeaa
- vanha kiillotettu jää, jonka päälle oli satanut lunta, joka oli harjattu pois. Pinta oli makrotasolla sileää, mutta mikrotasolla karkeaa.
- kiillotettu jää, joka oli sekä mikro- että makrotasolla sileää.

Testiradalle oli samanaikaisesti tehty kolme eri jäätyyppiä. Rataa ajettiin eri nopeuksilla. Yhtenä referenssimenetelmänä pidettiin jarrutusmatkamittauksia, jotka suoritettiin perinteisesti mittanauhaa käyttäen.

Testeissä havaittiin selvä ero sivuttaisvoimia mittaavien RT3-yksiköiden sekä pitkitäisvoimaa mittaavien TWO:n ja ViaFrictionin välillä (kuva 13).



Kuva 13. Eri kitkamittareiden ilmoittama suhteellinen kitka 50 km/h nopeudessa eri jäätyypeillä (Engström 2008)

Raportin loppuarviot olivat seuraavat:

- RT3: Hyvä tulosten toistettavuus ja riittävä erottelukyky erilaisten jääpintojen erotteluun. Kun verrattiin useampaa RT3-laitetta toisiinsa, esiintyi tasoeroja, mutta kitkaprofiilin muoto oli samankaltainen. Tasoeroista päästään hyvällä kalibroinnilla. Ei sovellu kitkan mittaukseen kaarteissa.
- TWO: Hyvä tulosten toistettavuus, tarkkuus ei aina riittänyt erottelemaan ”Old system 2000” jäätä ja vanhaa kiillotettua jäätä toisistaan. Kahden eri yksikön välillä esiintyi tasoeroja, mutta kitkaprofiili oli samankaltainen. Edellyttää hyvää kalibrointia.
- Viafriction: Hyvä tulosten toistettavuus, tarkkuus riitti yleensä eri jäätyyppien erotteluun.

Lisäksi kiinnitettiin huomiota seuraaviin asioihin:

- RT3 ei mittaa samanlaista kitkaa kuin TWO ja ViaFriction. Kun verrataan ”New system 2000” jäätä ja ”Old system 2000” jäätä RT3 erotteli ne eri tavoin kuin TWO ja Viafriction. Ero selittyy todennäköisimmin laitteiden toimintaperiaatteiden kautta: RT3 mittaa poikittaista voimaa mittaussyörän ollessa tietystä kulmassa etenemissuuntaan nähden. TWO ja ViaFriction taas mittaavat etenemissuunnan mukaista voimaa, kun mittaussyörään vaikuttaa tietty jarrutus.
- TWO ja Viafriction korreloivat hyvin C-tripin kanssa ”Old system 2000” ja ”New system 2000” jääpinnoilla. RT3 korreloi näillä pinnoilla huonommin C-tripin kanssa.
- Mittausnopeus ei vaikuttanut juurikaan RT3:n ja TWO:n lukemiin (mittausnopeudet 30, 50 ja 70 km/h). Viafrictionilla oli sen sijaan vahva nopeusriippuvuus. Raportin mukaan Viatech on kuitenkin tehnyt laitteeseen myöhemmin päivityksiä, joiden pitäisi vähentää ongelmaa. Nopeus saattoi myös vaikuttaa SRIS-järjestelmän antamiin tuloksiin.

- TWO:lla oli jonkin verran vaikeuksia jyrkemmissä kaarteissa, mutta silti laite soveltuu useimpiin maaseututeiden kaarteisiin
- Kaikki laitteet tunnistivat kiillotetun jään liukkaaksi, kun taas ”New ja old system 2000” pinnoilla katsottiin olevan pääosin riittävästi kitkaa.

2.2.2 Yleistä Ruotsin tilanteesta

Kun Mikko Malmivuo syksyllä 2009 haastatteli Ruotsin Tielaitoksen ihmisiä pistokoevalvontaan liittyen (Malmivuo 2010), keskustelu ohjautui Niclas Engströmille Luleån Teknilliseen Yliopistoon. Engström oli juuri se, henkilö, joka oli tehnyt edellisessä luvussa kuvatun kitkamittaritestin. Engström myös kertoi tuolloin, että Ruotsissa aiotaan kehittää talvihoidon laatuvaatimuksia niin, ettei enää jatkossa oltaisi riippuvaisia yhdestä kitkamittarityypistä (C-trip).

Kun syksyllä 2010 Malmivuo otti jälleen yhteyttä Liikennevirastoon (Ruotsissakin tapahtui muutos Tielaitoksesta Liikennevirastoksi), talvihoitoasioista vastaava Björn Svensson kertoi kuitenkin, ettei vaatimusten muokkaaminen Engströmin kuvaaman mallin mukaisesti ole juuri nyt asialistalla. Hän kertoi, että he ovat tehneet RT3-kitkamittarin osalta laatuvaatimusluonnoksen, mutta tällä hetkellä ei ole varmaa miten asian suhteen edetään.

Kitkamittarien testaus vaikuttaa keskittyvän pitkälle Luleån teknilliseen Yliopistoon. Engströmin mukaan he testaavat tulevana talvena uutta laitetta nimeltään RT3-CURVE. Testeissä he tulevat käyttämään ilmeisesti referenssimenetelmänä englantilaisen Racelogic-yhtiön vaatimaan testikäyttöön tarkoitettua VBOX 3i – laitetta. Kyseinen laite antaa paitsi tarkan GPS-tiedon ja nopeuden, myös kiihtyvyyden (ja hidastuvuuden).

Keskusteluissa Engströmin kanssa ilmeni myös, ettei Engström pidä Viafriction kitkanmittauslaitetta kovinkaan hyvänä vaihtoehtona maanteiden kitkanmittaukselle, vaan katsoo laitteen soveltuvan paremmin lentokentille.

2.3 Norja

2.3.1 Yleistä Norjan tilanteesta

Baard Nonstad Norjan Tiehallinnosta on kirjoittanut lyhyen raportin Norjan kokemuksista kitkanmittauksen suhteen: ”The use of friction measurement techniques in winter maintenance in Norway”. Nonstadin kirjoituksesta käy ilmi, että he tuntuvat luotavan kahteen jatkuvatoimiseen kitkamittariin ylitse muiden. Laitteet ovat nimeltään ROAR ja OSCAR. Norjan tiehallinnolla on 5 ROAR-laitetta, tarkemmin tyypiltään ROAR M III. Norjassa tiestö on jaettu 5 eri maantieteelliseen alueeseen ja kuillakin alueella on yksi ROAR. Näitä laitteita käytetään:

- referenssilaitteina muille kitkanmittauslaitteille
- liukkaudentunnistukseen niin kesällä kuin talvella
- kitkanmittaamiseen uudella asfalttipäällysteellä
- kitkanmittaukseen onnettomuuspaikoilla
- kitkanmittaukseen, kun epäillään alhaista kitkaa
- kitkanmittaukseen erilaisessa tutkimus- ja kehitystyössä

Nonstadin mukaan kaikki talvihoidon laadunseurantaan tarkoitetut kitkanmittauslaitteet on Norjassa kalibroitava ROAR:in tai OSCAR:in kanssa. Nonstadin mukaan on ollut yllättävää, että kun C-trip ja Eltrip laitteita on vuosi toisensa jälkeen kalibroitu ROAR:in kanssa, on kalibrointikertoimien keskiarvo suurella aineistolla ollut 1. Roarin käyttö kalibroinnissa ei siten ole muuttanut C-tripin ja Eltripin kitkatasoa mitenkään. ROARin korkea hinta ja suuri koko (kuva 14) on kuitenkin estänyt laitteen laajamittaisemman käytön.



Kuva 14. ROAR-jatkuvatoiminen kitkanmittauslaite (Nonstad)

ROAR:in kehittäjä, Norsemeter AS on kehittänyt yhdessä Norjan tiehallinnon kanssa kitkanmittauslaitteen nimeltään OSCAR. Kyseessä lienee yksittäinen prototyyppi, sillä Norsemeter kertoo valmistaneensa yhden OSCAR:in Norjan tiehallinnolle, muttei muuten markkinoi tuotetta mitenkään. Nonstad kuitenkin kertoo, että OSCAR:iin luotetaan niin pitkälle, että ROAR:it kalibroidaan OSCAR:in avulla. OSCAR:ista on kuitenkin saatavissa hyvin vähän tietoa. Nonstadin mukaan laite mittaa kitkaa kahdella eri tavalla: kiinteällä luistolla ja vaihtelevalla luistolla.

OSCAR:in ja ROAR:in ohella Norjassa käytetään Nonstadin mukaan TWO:ta joka on OSCAR:ia ja ROAR:ia huomattavasti edullisempi, mutta korreloi varsin hyvin ROAR:in kanssa. Norjalaista ViaFrictionia Nonstad ei mainitse selvityksessään jostain syystä ollenkaan.

Bård Nonstad kertoi myös sähköpostitse, että Norjan Tiehallinto on hyväksynyt 4 erilaista jarrutuskitkamittaria mittaamaan talvihoidon laatua (Nonstad 2010). Laitteet ovat Coralba (C-trip), Eltrip, Viatrip ja Dynatron. Näistä kolme ensimmäistä ovat ns. perinteisiä jarrutuskitkamittareita, mutta Dynatron käyttää sisäistä kiihtyvyyssanturia. Norjalaiset ovat testanneet myös Gripmania, todenneet sen varsin luotettavaksi, mutta laite ei ole silti saanut ns. virallista hyväksyntää. Nonstadin mukaan tämä johtuu pääasiassa siitä, että heillä on mielestään jo tarpeeksi hyväksytyjä jarrutuskitkamit-

tareita. Lisäksi viime aikoina kiinnostus jatkuvatoimisia kitkamittareita kohtaan on kasvanut ja joissain urakoissa jo vaaditaan urakoitsijoiltakin näitä mittareita.

2.3.2 Dynatron-testi 2007 (Nonstad 2007A)



Kuva 15. Testissä Dynatron-anturia säilytettiin etupenkkien välisessä tavaratilassa. Käyttöpäätteeksi tarvittiin erillinen kämmentietokone tai kännykkä.

Dynatron kitkamittari on käytännössä anturi, joka pitää liittää esim. kännykkään tai kämmentietokoneeseen (kuva 15). Laajassa Dynatron -jarrutuskitkamittarin testissä laitetta testattiin pääosin maantieolosuhteissa mm. seuraavasti:

- Dynatron-kitka suhteessa C-trippiin, Oscariin ja Roariin.
- Dynatron-kitka kahdessa eri ajoneuvossa,
- kahden eri Dynatronin vertailu toisiinsa samassa autossa
- kitkat eri nopeuksissa, sekä ylä- ja alamäessä
- Dynatron antureita myös käytettiin sijoiteltuna auton eri osiin

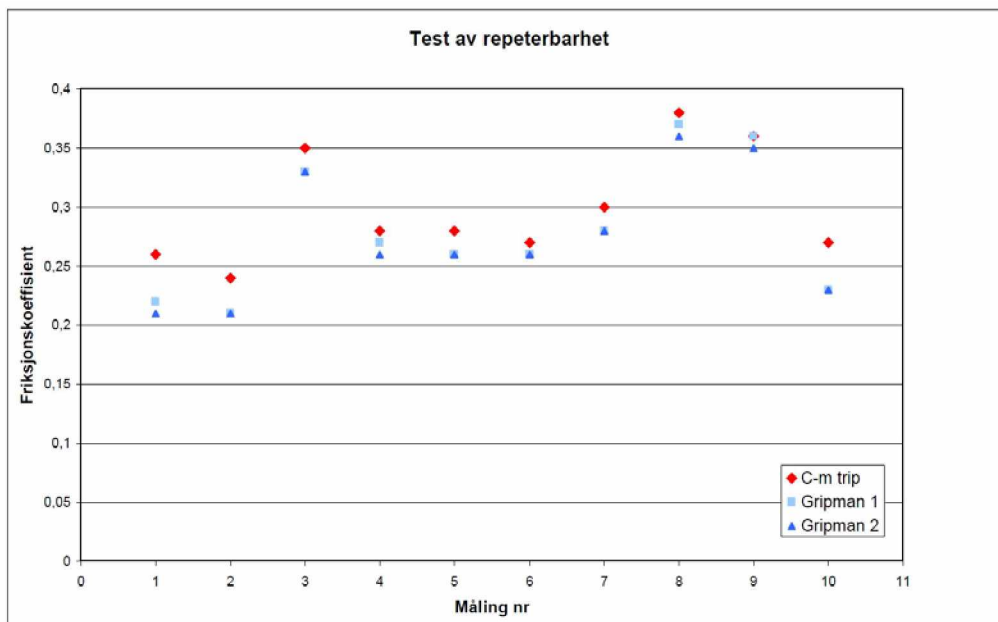
Loppupäätelmien mukaan:

- Dynatronin tulosten hajonta oli suurempi kuin C-tripin. Tämän arveltiin johtuneen siitä, että Dynatron etsii suurinta mahdollista hetkellistä kitkaa kun C-trip laskee kitkan koko jarrituksen ajalta.
- Pienikin Dynatron-anturin asennonmuutos kalibroinnin jälkeen johti selvästi virheellisiin tuloksiin.
- Ilmeisesti Dynatronissa ollut vika johti siihen, ettei laite antanut läheskään aina ollenkaan tulosta, mutta vika korjattiin myöhemmin.
- Laitetta voidaan hyvin käyttää eri ajoneuvoissa, kunhan laite kalibroidaan kussakin ajoneuvossa erikseen
- Laitetta voidaan käyttää ilmeisesti tietyin edellytyksin kitkan mittaukseen mäessä

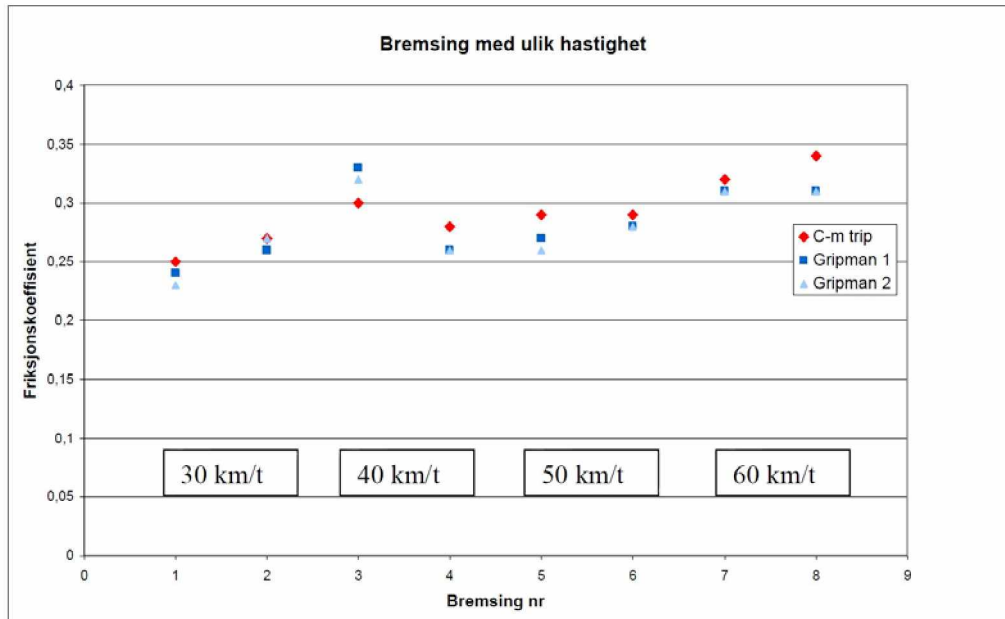
2.3.3 Gripman-testi 2008 (Nonstad 2008)

Testeissä kahta Gripmania verrattiin pääsääntöisesti perinteiseen C-trippiin mm. eri asennoissa, nopeuksissa sekä kaltevalla pinnalla (ylä- ja alamäessä) maantieolosuhteissa. Gripmanilla todettiin olevan normaalissa käytössä varsin hyvä toistettavuus (kuva 16). Vertailtaessa laitetta eri asennoissa toista laitetta käännettiin huomattavasti yli sallitun asennon (mikä kyllä tuotiin raportissa esille). Laite toimi varsin luotettavasti kun laitetta kallistettiin jommalle kummalle kyljelle, eli niin kauan, kun laitteen etupuoli oli 90 asteen kulmassa ajoneuvon etenemissuuntaan nähden. Kun tähän kulmaan puututtiin, eroa syntyi. Tulokset olivat varsin loogisia, kun muistetaan, että laitteessa on yksi yksisuuntainen kiihtyvyyssanturi.

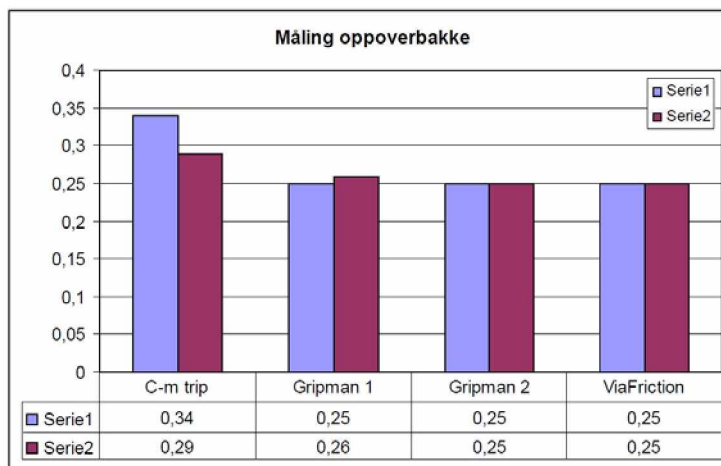
Verrattaessa Gripmaneja C-trippiin eri nopeuksissa havaittiin, että kaikilla laitteilla kitkataso hieman kasvoi nopeuden noustessa, mutta muutokset olivat yhteneviä ja loogisia (kuva 17). Ylä- ja alamäessä verrattiin laitteiden lukemia jatkuvatoimiseen Viafrictioniin. Gripmanin lukemat olivat ylä- ja alamäessä lähempänä sekä toisiaan että Viafrictionia kuin C-trippiä (kuvat 18 ja 19). Mäkitesteissä Gripmanin siis katsottiin toimineen selvästi C-trippiä paremmin. Anssi Lampisen mukaan kiihtyvyyssanturimittari ottaa automaattisesti mukaan aina maan vetovoiman komponentin ja sen vuoksi kiihtyvyyssanturimittarit häiriintyvät tien pinnan kaltevuudesta perinteisiä jarrutuskitkamittareita vähemmän. Loppuyhteenvedossa todettiin, ettei Gripmanin suhteen näytä olevan mitään ongelmia ja laite vaikuttaa varsin hyvältä.



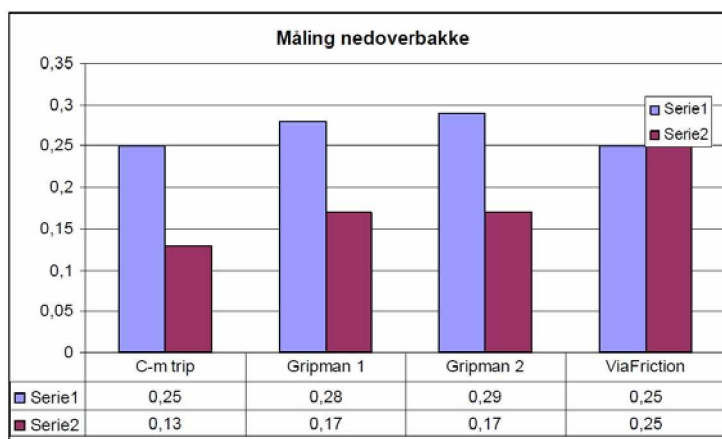
Kuva 16. C-trip arvojen sekä kahden eri Gripmanin arvojen vertailua 11 eri mittauksessa (Nonstad 2008).



Kuva 17. C-tripin arvojen sekä kahden eri Gripmanin arvojen vertailua eri lähtönopeuksista 9 eri mittauksessa (Nonstad 2008).



Kuva 18. C-tripin, Gripmanin ja ViaFrictionin vertailua ylämäessä.



Kuva 19. C-tripin, Gripmanin ja ViaFrictionin vertailua alamäessä.

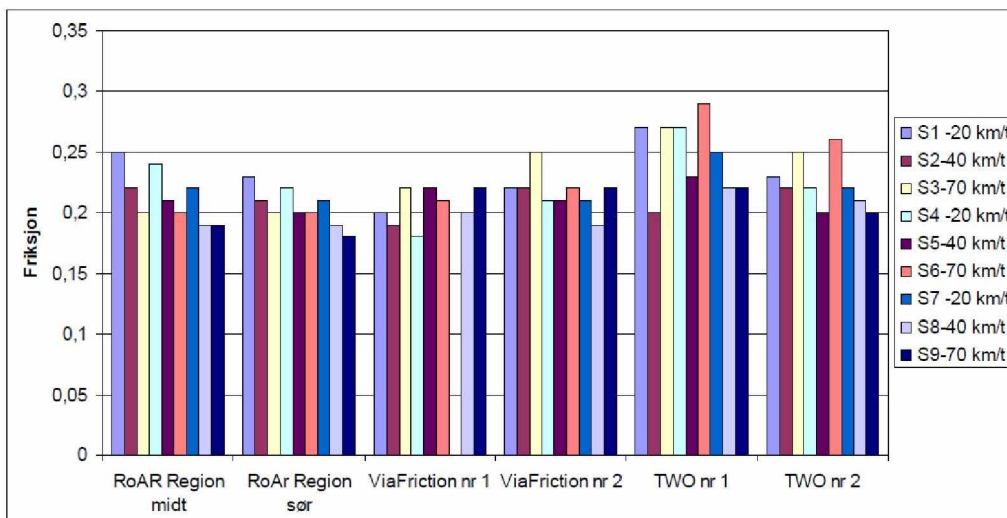
2.3.4 Jatkuvatoimisten mittarien testit Dagalissa (Nonstad 2009)

Talvella 2009 testattiin Dagalin lentokentällä, läheisen järven jäällä sekä maantiellä kolmea eri tyyppistä jatkuvaan kitkanmittaukseen tarkoitettua laitetta: Roaria, TWO:ta ja ViaFrictionia. Kutakin laitetta oli mukana 2 yksikköä (kuva 20).



Kuva 20. Vertailun laitteet

Kokeissa testattiin laitteiden kitka-arvon toistokykyä (arvojen hajontaa) sekä mitta- uskykyä eri nopeuksissa. Tarkasteltaessa mitta- uskykyä eri nopeuksissa ja hieman eri kitkatasoilla saatettiin nähdä, että TWO:lla tulokset vaihtelivat eniten (kuva 21). Ku- vaa tarkkailtaessa on muistettava, että ROAR:ejä pidetään Norjassa referenssilaittei- na.



Kuva 21. Roarien, Viafrictionien ja TWO:n laitteiden vertailua.

Lumipyry vaikeutti mittauksia useana päivänä. Sekä ViaFrictionin että TWO:n katsot- tiin pärjänneen testeissä varsin hyvin suhteessa Roareihin. Mitään erityistä vikaa ei tuotu esiin.

2.3.5 DSC111 testit Norjassa (Skrautvol 2009)

Nonstadin mukaan he aikovat tulevana talvena testata Vaisalan optista DSC111:tä. Optista anturia aiotaan testata sekä Roar:in että TWO:n kanssa niin, että DSC111:tä tullaan vertaamaan kummankin laitteen antamiin kitkoihin. Kokeiden yhteydessä otetaan myös runsaasti kuvia, jotta nähdään millaisilla keleillä DSC111 antaa hyviä ja millaisilla huonoja tuloksia.

Kuitenkin jo talvella 2008-2009 Norjassa tehtiin ensimmäiset kokeet DSC111:n ja ROAR:in kesken (kuva 22). Vertailu tehtiin maantieolosuhteissa ja tulosten mukaan DSC111 antoi jonkin verran liian korkeita kitka-arvoja, kun lumi- tai jääpinta oli likainen. Nonstad katsoi sen johtuvan siitä, että DSC111 tulkitsee tuolloin pinnan paljaaksi. Testiolosuhteiden suuri vaihtelu koettiin kokeen kannalta ongelmalliseksi ja raportissa ehdotettiin kokeiden uusimista kontrolloidummissa olosuhteissa (Skrautvol 2009).



Kuva 22. Norjalaisten vertailutesti Roar:in ja DSC111:n välillä (Skrautvol 2009) Tutkimusraportin kuvatekstin mukaan DSC111 näkyy kuvassa valkoisena laatikkona pakettiauton katolla. DSC111:n suuntaus vaikuttaa hieman oudolta, ilmeisesti se on suunnattu vetoauton ja Roar:in väliin.

2.3.6 ViaFriction

Tämän selvityksen puitteissa ollaan oltu yhteydessä ViaTech-yhtiöiden Vidar Djønneen, lähinnä sen merkeissä vuokrataanko vai hankitaanko Suomeen ViaTech yhtiöiden ViaFriction-kitkamittari jatkoselvityksiä silmällä pitäen. Vidarin mukaan heidän kitkamittarinsa kustannukset olisivat:

Vuokraus 11 000 NOK/kk = 1340 €/kk
 Kuljetus Norjasta Suomeen 11 000 NOK = 1340 €
 Laitteen ostohinta 100 000 NOK = 12 200 €

Djønneen mukaan mainittujen hintojen päälle joutuu Suomessa vielä maksamaan arvonlisäveron. Mikäli laite vuokrataan, saa palautettaessa arvonlisäveron takaisin.

Djønne myös lupasi, että mikäli laite ensin vuokrataan ja päätetään myöhemmin ostaa, vuokrahinta hyvitetään ostohinnassa.

Road Consulting Oy ja Juha-Matti Vainio testasivat viime talvena jonkin verran ViaFriction mittaria. Vainion mukaan mittari tuntui sinänsä luotettavalta, mutta hän epäili sitä, miten kauan mittapyörä kestää paljaalla asfaltilla ajoa, ennen kuin pyörä kuluu puhki (Vainio 2010). Mikäli esim. halutaan havaita paikallisia mustan jään kohtia päteillä, on hyvin tyypillistä, että mittapyörää on pidettävä tiessä kiinni myös paljaalla asfaltilla. Kun Malmivuo tiedusteli tätä kysymystä Djønnetä, hän totesi, että laitteessa on ns. ”detection mode”. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteeseen voidaan syöttää ennalta se kitkataso, mistä ollaan kiinnostuneita. Tällöin laite mittaa aktiivisesti kitkaa vain silloin, kun ollaan asetetun kitkatason alapuolella. Djønne ei kuitenkaan suostunut arvioimaan, kuinka kauan rengas tällaisessa käytössä kestäisi. Uuden renkaan hinnaksi hän kertoi 370 €.

Djønne myös lähetti kopion kahdesta tutkimuksesta, jotka oli tehty ViaFriction-kitkanmittauslaitteella.

Ensimmäinen tutkimus oli Bård Nonstadin Norjan tielaitokselle vuonna 2007 tekemä tutkimus (Nonstad 2007B). Kyseisessä tutkimuksessa oli 4,5 km tieosuudella, pääosin jäisellä lumipolanteella vertailtu TWO:ta, ROAR:ia ja ViaFrictionia. Raportin kuvien mukaan koetie näytti varsin uraiselta ja epähomogeeniselta. Huolimatta tien epähomogeenisuudesta, kaikilla laitteilla saatiin yllättävän hyvän oloisia toistettavuustuloksia. Myös eri laitteiden antamat kitkakäyrät vastasivat yllättävän hyvin toisiaan. Loppupäätelmissä korostettiin erityisesti ViaFrictionin ja TWO:n hyvää toistettavuutta.

Toinen tutkimus koski muutaman eri kitkanmittauslaitteen kalibrointia Dagali:n lentokentällä kesäkuussa 2009 (Viatech 2009). Kalibrointi tehtiin Norjan tieviranomaisen tilauksen mukaan. Kyseisellä lentokentällä on juuri tällaisia kalibrointitarkoituksia varten erityinen kesäaikaan toimiva liukasrata. Vertailussa oli mukana OSCAR, ROAR MK3 (5 kpl), ROAR MK2 sekä Viafriction. Keskeisenä tuloksena todettiin, että ViaFriction arvojen toistettavuus oli joukon huippuluokkaa. Matalissa ajonopeuksissa ViaFriction näytti korkeampaa kitkaa kuin OSCAR, mutta korkeammassa nopeuksissa kitkat olivat verrannollisempia.

2.4 Pohjois-Amerikka

2.4.1 Asiantuntijoiden sähköpostihaastattelut

Tätä selvitystä tehtäessä tavoiteltiin alan ihmisiä Pohjois-Amerikassa lähettämällä asiaa koskeva avoin kysely ns. ”Snow-Ice ” sähköpostilistalle. Kyseinen avoin talvihoitoalan asiantuntijoiden keskustelukanavaksi tarkoitettu lista perustettiin vuonna 1996 Nevadan kansainvälisen talvihoitosymposiumin jälkimainingeissa. Sitä ylläpitää SICOP (Snow and Ice Pooled Fund Cooperative Program). Kyselyyn saatiin useita vastauksia (alla).

Kanadassa Ontarion osavaltion Liikenneministeriössä työskentelevä, Transport Research Boardin (TRB) talvihoitokomitean nykyinen puheenjohtaja Max Perchanok kertoi auliisti omia näkemyksiään kitkamittareiden käytöstä. Hän kertoi, että he Kanadassa käyttävät TWO:ta, RT3:a ja C-trip:piä arvioidessaan erilaisten auratyyppeiden ja

jäänestokemikaalien tehokkuutta. Perchanok kuitenkin katsoi, että C-trip tyyppisten laitteiden edellyttämä jarruttelu vaarantaa niin pahasti liikenneturvallisuutta, että C-trippiä voidaan käyttää vain hyvin marginaalisissa kohteissa (Malmivuo 2010B).

Ontarion alueen talvihoitovaatimuksissa määritellään lähinnä aika, kuinka pian paljas päällyste tulee lumisateen jälkeen saavuttaa, eikä kitka näyttele vaatimuksissa keskeistä roolia.

Perchanok kertoi, että heillä on parhaillaan menossa suurempi tutkimusprojekti Waterloo yliopiston ja AURORA-konsortion (tieviranomaisten yhteenliittymä) kanssa. Ensi vaiheessa heillä on tavoitteena arvioida, vertailla ja tehdä suosituksia kitkanmittauslaitteista, jotka voisivat helpottaa kelinseurannan automatisointia ja raportointimenettelyjä talvimyrskyjen aikana sekä tuottaa entistä objektiivisempaa tietoa keleistä. Toisessa vaiheessa heillä on tavoitteena määritellä tarkemmin talvihoitovaatimusten, liikenneturvallisuuden, sujuvuuden ja kitkan yhteyttä. Ensimmäisiä tuloksia hankkeesta on esitetty TRB:ssä 2009 ja PIARC:ssa 2010.

George Comfort BMT Fleet technology-yrityksestä kertoi, että Kanadan lentokentillä on pitkään käytetty useita kiihtyvyyssanturiin perustuvia kitkanmittauslaitteita. Lentokenttiä vaaditaan sisällyttämään CRFI-arvo kiitoratojen kuntoraportteihin. Kyseinen CRFI-arvo, eli Canadian Runway Friction Index on kansallinen kitkaindeksi. Comfortin mainitsemat laitteet ovat kuitenkin ainakin suomalaisille teiden talvihoidosta vastaaville melko tuntemattomia:

- James Brake Decelerometer
- Mechanical or Electronic Tapley meters
- Mechanical or Electronic Bowmonk
- Electronic Recording Decelerometers produced by TES

Robert Roszell Tuff Tech Bags -yhtiöstä kertoi, että hän on vetänyt projektia, jossa on testattu erilaisten suolausmenetelmien vaikutusta parkkipaikkojen (parking lot) kitkaan. Matalien ajonopeuksia vuoksi monet perinteiset tiekitkan mittauksen tarkoitetut menetelmät eivät sopineet heidän tarkoituksiinsa. He päätyivät kuvan 23 mukaiseen laitteeseen, jota pitivät varsin luotettavana.



Kuva 23. T2 Go, ensisijaisesti lentokenttien kitkanmittaukseen tarkoitettu laite (ASFT)

2.4.2 Tutkimus: Talvihoidon laadun mittaus kitkaa testaamalla (2009)

Transport Association of Canada julkaisi 2009 varsin laajan kirjallisuus- ja haastattelututkimuksen kitkan mittauksesta (Zein 2009). CD:llä julkaistu raportti ostettiin tämän selvityksen tarpeisiin. Kyseisessä selvityksessä perehdytään kitkanmittauksen tekniikoihin sekä kitkan käyttöön talvihoidon laatuvaatimuksissa ympäri maailman. Selvityksessä tuotiin esiin, että kitkanmittaus on olennainen osa talvihoidon laatuvaatimuksia Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Islannissa ja Japanissa. Sveitsissä kehitellään vaatimuksia siihen suuntaan, että sielläkin kitkan mittaus otetaan osaksi talvihoitoa. Selvityksessä esitellään varsin kattavasti eri kitkanmittausmenetelmiä, lisäksi Vaisalan DSC111 ja EU:n Apollo-projekti (suomalaisvetoinen älyrengashanke) on saanut runsaasti palstatilaa.

Selvityksen ytimen muodostaa laaja kitkanmittausta koskeva kysely, joka lähetettiin 70:een eri osavaltioon ja maahan ympäri maailman. Vastauksia saatiin 50:ltä. Tähän kyselyyn pohjautuen esitettiin näkemys kitkanmittauslaitteista (taulukko 1) ja kitkanmittauksen roolista (taulukko 2) eri osavaltioissa ja maissa. Lisäksi selvityksessä esitettiin varsin kattava yhteenveto eri kitkanmittauslaitteiden hyödyistä ja haitoista (taulukot 1-6 liitteessä 1).

Selvityksen johtopäätöksissä todetaan mm., että eri kitkanmittauslaitteiden hintahaitari on valtava (muutamasta sadasta eurosta sataan tuhanteen euroon) ja sen vuoksi maailmalla kaivataankin hyviä kustannus/hyöty -analyysijä erilaisista kitkanmittauslaitteista. Tällaisten analyysien perusteella voitaisiin mahdollisia hankintoja perustella huomattavasti paremmin.

Eräänä mielenkiintoisena väitteenä mainittakoon, että selvityksen mukaan Suomessa on todettu, että nopeus ei vaikuta kitka-arvoon kitkaa mitatessa, mikäli käytetään tasaista uritettua ("grooved") rengasta, mutta talvirenkailla kitka on voimakkaammin riippuvainen mittausnopeudesta. Selvitys ei kuitenkaan paljasta tietolähdettä.

Taulukko 1. Eri maissa käytettyjä kitkanmittauslaitteita (Zein 2009)

Road Agency*	Friction Device
Norway Road Administration	<ul style="list-style-type: none"> • Norsemeter ROAR • Regular vehicles with ABS and instrumentation to measure deceleration during braking • Digi-slope • OSCAR** • Coralba • Kofriks
Sweden Road Administration	<ul style="list-style-type: none"> • BV11 • BV14 • Saab Friction Tester • Regular vehicles with ABS and instrumentation to measure deceleration during braking • RT3 • Coralba**
United Kingdom Highways Agency	<ul style="list-style-type: none"> • SCRIM • GripTester
Finland Road Administration	<ul style="list-style-type: none"> • Friction measurement truck (TIE 475) • C-trip** • DSC111
Minnesota DOT	<ul style="list-style-type: none"> • Norsemeter ROAR • English GripTester
Iowa DOT	<ul style="list-style-type: none"> • Norsemeter ROAR • SALTAR
Michigan DOT	<ul style="list-style-type: none"> • Norsemeter ROAR
Ohio DOT	<ul style="list-style-type: none"> • RT3
Virginia DOT	<ul style="list-style-type: none"> • RT3
Utah DOT	<ul style="list-style-type: none"> • RT3
Wyoming DOT	<ul style="list-style-type: none"> • RT3
Ontario MOT	<ul style="list-style-type: none"> • RT3
Japan	<ul style="list-style-type: none"> • Bus type full-locked wheel tester • RT3

* Note that these road agencies are the road agencies found in the literature review. This is not an extensive list; other road agencies contacted through the current practices survey have also used or tested friction devices.

Taulukko 2. Kitkanmittauksen rooli eri osavaltioiden ja maiden tien hoidossa (Zein 2009)

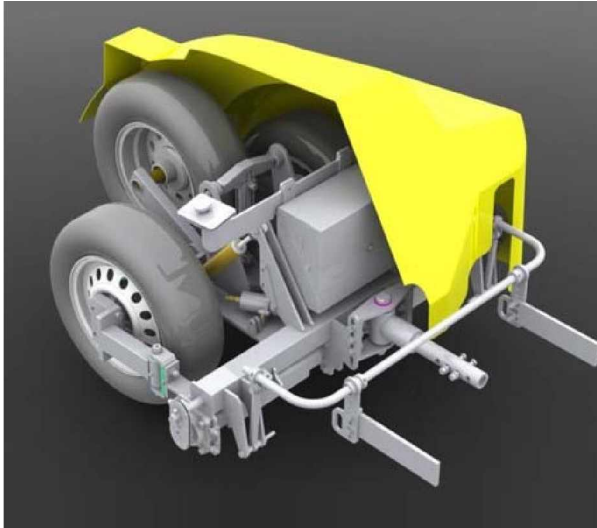
Road Agency (International)	Use RWIS?	Use Friction as Decision-Making Tool for Winter Maintenance Activities	Conducted Winter Friction Measurements in Research and/or Pilot Tests
Australia Roads and Traffic Authority (New South Wales)	Yes	No	No
Danish Road Directorate	Yes	No	No
Finnish Road Administration	Yes	Yes	Yes
Germany Federal Highway Research Institute (BAST)	Yes	No	Yes
Iowa DOT	Yes	No	Yes
Japan Civil Engineering Research Institute for Cold Region	Yes	No	Yes
Ohio DOT	Yes	Yes	Yes
Norwegian Public Roads Administration	Yes	Yes	Yes
Netherlands Ministry of Transport	Yes	No	No
New Zealand Transport Agency	Yes	No	No
Swedish National Road Administration	Yes	Yes	Yes
United Kingdom Highways Agency	Yes	No	No
Wisconsin DOT	Yes	No	Yes

2.4.3 Hallidayn kitkanmittauslaitteet

Amerikassa Halliday Technologies on vahva vaikuttaja jatkuvatoimisten kitkamittareiden kehittäjänä. Halliday on valmistanut mm. RT3 kitkanmittauslaitetta, jota on testailtu Ruotsissa (kuva 10). Halliday on lisäksi kehittänyt hiljattain RT3 Curve mallin (kuva 24), joka soveltuu paremmin kitkan mittaukseen kaarteisilla tieosuuksilla kuin RT3. Hallidayn laitteiden etuna on se, että heidän laitteissaan mittausrenkaina käytetään normaaleja henkilöauton renkaita. Tällöin voidaan varmistua siitä, että rengas käyttäytyy mahdollisimman samankaltaisesti henkilöauton renkaan kanssa. Lisäksi standardimallisten autonrenkaiden hinta tuntuu olevan aina selvästi edullisempi kuin erityisesti testikäyttöön suunniteltujen renkaiden. Kaikissa jatkuvatoimisissa laitteissa renkaiden uusimiskustannukset muodostavat merkittävän osan laitteiden käyttökustannuksista.

Tämän selvityksen tekijä tiedusteli Hallidaylta (Halliday 2010) sähköpostin välityksellä lisätietoja heidän laitteistaan. Tämän seurauksena yrityksen omistaja Don Halliday otti suoraan yhteyttä selvityksen tekijään (Halliday 2010). Halliday suositteli kovasti uuden RT3 Curve mallin hankintaa ja perusteli sitä sillä, että laite on huomattavasti käyttäjäystävällisempi kuin pelkkä RT3. RT3 Curve mallista saatava data on hänen mukaansa helpommin ymmärrettävää ja hyödynnettävää. Halliday myös vahvisti lait-

teiden hinnat: RT3 maksaa 35 000 \$ ja RT3 Curve selvästi enemmän, 69 000 \$. Halliday ei ollut kiinnostunut lainaamaan tai vuokraamaan laitteita testikäyttöä varten. Laitteiden kuljetuksen Suomeen hän uskoi maksavan muutaman tuhat dollaria.



Kuva 24. RT3 Curve mallin havainnekuva. Kyseessä on kolmella renkaalla varustettu trailerityyppinen mittalaite, jota on tarkoitus mm. testata Ruotsissa talvella 2010-2011 (Halliday Technologies)

3 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä selvityksessä on tarkasteltu eri kitkanmittauslaitteiden käyttöä ja testausta Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Pohjois-Amerikassa. Jatkuvatomisia kitkanmittauslaitteita käytetään selvästi eniten Norjassa, missä laitteita on myös testattu runsaasti. Myös Ruotsissa laitteita testataan tällä hetkellä aktiivisesti, mutta käyttö on toistaiseksi ollut vähäistä. Suomessa jatkuvatomisia kitkanmittauslaitteita on viime vuosina testattu hyvin vähän ja kitkamittareiden testaus on keskittynyt enemmän pistekohtaisia mittauksia tekeviin ns. jarrutuskitkalaitteisiin. Tämän tutkimuksen johtoryhmä onkin tehnyt päätöksen, jonka mukaan Suomi pyrkii aktiiviseen tiedonvaihtoon jatkuvatomisia laitteita testaavien tahojen kanssa, mutta keskittyy itse jarrutuskitkalaitteisiin. Tähän päätökseen osalta vaikuttaa se, että viime vuosina on markkinoille tullut runsaasti erityyppisiä jatkuvaa kitkaa mittaavia laitteita ja kehitys tuntuu olevan tässä suhteessa erityisessä murrotilassa.

Vaikka Pohjois-Amerikassa kitkan mittaus ei ole samalla tavalla osana talvihoidon laatuvaatimuksia kuin Suomessa ja Skandinaviassa, myös Pohjois-Amerikalla on tärkeä rooli alan kehityksessä. Kitkanmittausta käytetään erilaisissa tutkimushankkeissa ja lisäksi mantereella on merkittävää alan tuotekehitystoimintaa.

Mainittakoon, että etenkin Pohjois-Amerikassa tunnutaan jossain määrin ylenkatsovan jarrutuskitkamittareita sen vuoksi, että niiden käytön katsotaan vaarantavan liikenneturvallisuutta. Suomessa näitä mittareita on käytetty aktiivisesti yli 20 vuoden ajan, eikä tänä aikana ole raportoitu yhdestäkään onnettomuudesta tai merkittävästä vaaratilanteesta (Lappalainen 2010).

Kitkanmittauslaitteita on testattu eri maissa sekä maantieympäristössä, että kontrolloidummissa olosuhteissa lentokentillä tai järven jäällä. Maantieympäristön heikkous on olosuhteiden epähomogeenisuus. Mikäli verrataan toisiinsa laitteita, jotka mittaavat kitkaa tien poikkileikkauksen suhteen hieman eri kohdasta, tai joiden mittaustuloksen kohdistaminen tien etenemissuunnan suhteen ei ole täysin aukotonta, on tulosten vertailu maantieolosuhteissa vaikeata. Kontrolloitujen olosuhteiden ongelma on taas usein se, että olosuhteet ovat keinotekoisia, eikä lumipolanne tai jää ole samanlaista kuin maantiellä suolan ja liikenteen kulutuksen jälkeen. Tämän vuoksi Suomessa tehdään suunniteltuja jarrutuskitkamittareiden vertailutestejä sekä pistokoelaadunseurannan yhteydessä maantieolosuhteissa, että kontrolloiduissa olosuhteissa Testworldin radoilla Ivalossa.

Tutkimusten tulosten perusteella on laadittu tutkimussuunnitelma kiihtyvyyssanturilla varustettujen kitkamittareiden: Gripman, Eltrip 7k, ja μ TEC testaamiseksi ja vertaamiseksi C-trip laitteeseen ja DSC111-anturin mobiiliin versioon. Tutkimussuunnitelma on kuvattu erillisessä dokumentissa.

Norjassa, missä jatkuvatomisia kitkanmittauslaitteita käytetään eniten, on omaksuttu politiikka, jonka mukaan maahan on hankittu muutama kallis ja mahdollisimman tarkka laite referenssimittalaitteeksi. Sen lisäksi on hankittu kymmenittäin edullisempia jatkuvatomisia laitteita, joita kalibroidaan säännöllisesti näiden referenssilaitteiden mukaan. Myös Suomen lähtökohdista tulisi pohtia vastaavan järjestelmän kehittämistä. On syytä muistuttaa, että kyseinen referenssilaitte sopisi myös jarrutuskitkalaitteiden kalibrointiin.

Yhtenä johtopäätöksenä kuitenkin suositellaan, että etenkin kalliimpien jatkuvatoimisten kitkanmittauslaitteiden osalta tehtäisiin erillinen kustannus-hyötyanalyysi, jossa arvioitaisiin eri laitteiden kustannuksia ja taloudellisia hyötyjä.

Lähteet

Elvik, Rune; Høy, Alena; Vaa, Truls; Sørensen, Michael 2009: The handbook of road safety measures. Second edition. 1124 s.

Engström, Niklas; Andrén, Henrik; Nybacka, Mikael; Fransson, Lennart; Larsson, Roland 2008: Road grip test in Arjeplog. Luleå university of technology. Technical report. 104 s.

Halliday, Don 2010: Halliday technologies –yrityksen omistajan, Don Hallidayn haastattelu 8.11.2010.

Lappalainen, Heikki 2010: Liikenneviraston talvihoitoasiantuntija Heikki Lappalaisen haastattelu 16.12.2010.

Malmivuo, Mikko 2001: Kitkamittauslaitteiden vertailututkimus 2000. Tiehallinnon selvityksiä 6/2001. Tiehallinto. 53 s. + liitt. 19 s.

Malmivuo, Mikko; Kallio, Mikko; Tapio, Juha; Mäkinen, Tapani 2004: Liikkuvan kelinseurantajärjestelmän nykytilanne ja kehitysnäkymät. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 31/2004. 55 s. + liitt. 3 s.

Malmivuo, Mikko 2010: µTEC-kitkamittarin testaus Testworld Oy:n talvirengastestien yhteydessä Ivalossa keväällä 2010. Luottamuksellinen raportti. 27 s. + liitt. 15 s.

Malmivuo, Mikko 2010b: Eräiden Snow-ice-listan jäsenten sähköpostihaastattelut loka-marraskuussa 2010.

Nonstad, Baard 2007A: Test av Dynatron Road friksjonsmåler. Statens vegvesen 27 s.

Nonstad, Baard 2007B: Test av kontinuerlige friksjonmålere Røros uke 13, 2007. Statens Vegvesen, 17 s.

Nonstad, Bård: The use of friction measurement techniques in winter maintenance in Norway.

Nonstad, Bård 2008: Test av Gripman friksjonsmåler. Statens vegvesen. 11 s.

Nonstad, Bård 2009: Test av friksjonsmålere på Dagali uke 6-2009. Statens Vegvesen. 33 s.

Nonstad, Bård 2010: Sähköpostihaastattelu 22.11.-30.11.2010.

Schirokoff, Anna; Malmivuo, Mikko; Virtanen, Niina; Kulmala, Risto 2006: Optisen kelianturin ja lämpötila-anturin toimivuuden ja hyödyntämismahdollisuuksien arviointi –yhteenvetoraportti. Tiehallinto. 8 s.

Skrautvol, Eivind 2009: Vaisala Rremote Road Surface Sensor DSC111 og Norsemeter ROAR mk3 – sammenligning av måledata fra vinteren 2008/2009. 16 s.

Vainio, Juha-Matti 2010: Roadconsulting Oy:n toimistopäällikkö Juha-Matti Vainion haastattelu 1.11.2010.

Viatech: ViaFriction calibration Dagali 16th June 2009. 10 s.

Virtala, Pertti 2008: Kitkamittareiden mittaustarkeyden vertailu. Tiehallinto. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 28/ 2008. 76 s. + liitt.

Zein, Sany 2009: Winter Maintenance Performance Measurement Using Friction Testing. Transportation Association of Canada. 79 s. + liitt. 295 s.

Arvioita kitkamittareista

Tähän liitteeseen on koottu kanadalaisessa selvityksessä ”Winter maintenance performance measurement using friction testing” (Zein 2009) arvioita eri kitkamittarien eduista ja haitoista

Taulukko 1. Kanadalaisten tieviranomaisten arvioita eri kitkamittauslaitteista (Zein 2009)

DEVICE	EXTENT OF USE	SCALE	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
Deceleration Devices:				
VC3000	<ul style="list-style-type: none"> Quebec (currently being tested) 	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency 	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency
Tapley meter	<ul style="list-style-type: none"> Ontario (used in the past) 	0 (low) - 100 (high)	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency 	<ul style="list-style-type: none"> Dangerous to operate on a highway
VC2000PC	<ul style="list-style-type: none"> Alberta (used in the past) 	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency 	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency
Side Force Devices (also called Constant Slip Angle Devices):				
Halliday RT3 Grip Tester	<ul style="list-style-type: none"> Quebec (currently being tested) Alberta (was tested) Ontario (currently being tested) 	0 (low) - 100 (high)	<ul style="list-style-type: none"> Easy to read Good feedback Consistent and repeatable results Works well and easy to use Minimal tire wear on dry pavement 	<ul style="list-style-type: none"> Centre mounted wheel not true representation of wheel tracks, not accurate through curves Not directly converted to coefficient of friction Large data files Affected by pavement texture Does not always correspond to Alberta Motor Association road report Relative scale based on lateral force measurement requires calibration to a known surface Measurements are sensitive to steering angle
IceChek Friction Tester	<ul style="list-style-type: none"> Quebec (currently being tested) Alberta (was tested) 	0 (low) – 1.0 (high)	<ul style="list-style-type: none"> Small data files Tire is in wheel tracks Useful light display Takes 2 measurements per second (compared to Halliday RT3, which takes 1 measurement/second) Results are repeatable if weather conditions remain the same 	<ul style="list-style-type: none"> Not accurate through curves Affected by pavement texture Not sure results are repeatable on dry pavement Not easily converted to a friction coefficient because the downward force on the tire is not measured The equipment is not robust enough for constant and daily use (in Alberta, there was a loose bolt, exposed wires, and make-shift connections, and they also had trouble getting the GPS to "talk" to the software, etc.) IceChek Instruments is a small and young company; only sold about 5 units for use; equipment needs more testing

Taulukko 2. Kanadalaisten tieviranomaisten arvioita eri kitkanmittauslaitteista (Zein 2009)

DEVICE	EXTENT OF USE	SCALE	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
Fixed slip device:				
Findlay Irvine Griptester	<ul style="list-style-type: none"> Ontario (used in the past) 	0 (low) -1 (high)	<ul style="list-style-type: none"> None provided 	<ul style="list-style-type: none"> Low normal force results in excessive loss of contact at highway speeds
Pon-Cat Traction Watcher One (TWO)	<ul style="list-style-type: none"> Ontario (currently being tested) Quebec (currently being tested) 	None provided	<ul style="list-style-type: none"> Works well and easy to use 	<ul style="list-style-type: none"> Excessive tire wear on dry pavement
Fixed/Variable slip device:				
Horsemeter ROAR Mark I and II	<ul style="list-style-type: none"> Ontario (used in the past) 	0 (low) -1 (high)	<ul style="list-style-type: none"> Under uniform conditions it provides very detailed and representative characterization of friction over a range of wheel slip speeds that can be used to estimate snowcover conditions accurately Each sample takes approximately 2 to 3 seconds of travel 	<ul style="list-style-type: none"> Mechanically complex device requires skilled maintenance Under non-uniform snow conditions, within the tire footprint it gives a reading that may be biased
Other devices:				
Nordaxe	<ul style="list-style-type: none"> Quebec 	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency 	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency
Vaisala DSC111 and DST111	<ul style="list-style-type: none"> Ontario (testing only) Nova Scotia (recently installed) 	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency 	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency

Taulukko 3. Eri maiden tieviranomaisten arvioita eri kitkanmittauslaitteista (Zein 2009)

DEVICE	EXTENT OF USE	SCALE	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
Deceleration Devices:				
Greatek C-Trip (C-trip-u, Coralba) used with ABS vehicles	<p>Finland (the national quality standard is based on this device).</p> <ul style="list-style-type: none"> Used at weather monitoring stations and during night patrol operations. Has been used for many years and the operators are used to it. <p>Sweden (has been used in the past, but they are phasing them out)</p> <p>Iowa (tested in the early 1990s)</p> <p>Norway (first device approved by the Public Road Administration)</p>	<p>0 (low) to 1.0 (high)</p> <p>In normal use the scale is 0 to 0.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> The method is simple and relatively inexpensive. 	<ul style="list-style-type: none"> In their latest studies Finland has found that these values are not quite consistent with the real physical friction value (between 0.0 - 1.0). It is unsafe to brake hard in slippery conditions
Coralba µ, Dynatron og ELTRIP type 45 nk and 45 nkl	Norway (all approved devices)	<ul style="list-style-type: none"> Information provided in Norwegian language only 		
ViaTrip µ	Norway (approved device)	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> Calculates distance as well as additional sensors, such as GPS, temperature sensor and humidity sensor Installed in a standard car without any additional mechanical components Data verification 	<ul style="list-style-type: none"> Needs braking

Taulukko 4. Eri maiden tieviranomaisten arvioita eri kitkanmittauslaitteista (Zein 2009)

DEVICE	EXTENT OF USE	SCALE	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
Gripman Tester	Finland (was tested in Friction Pilot projects 2004-2008)	0 (low) to 0.8 (high)	<ul style="list-style-type: none"> • Very easy to install into any kind of vehicle, the device only needs a 12 V current (out of the cigarette lighter) but it is not in any other way connected to the car. • Quite easy to use • It gives physically right friction values (right scale) • Inexpensive 	<ul style="list-style-type: none"> • Needs braking • Variation in friction values • Dependent on the tires (type and studs) • Somewhat dependent also of the driver • Braking must be done on even road section
Side Force Devices (also called Constant Slip Angle Devices):				
Mobile monitoring station	Finland (used in the past)	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> • The equipment gave friction information continuously along the road • It was possible to mount the measuring device to a van or bus and it did not hinder the driver • Quite reliable on icy road surface 	<ul style="list-style-type: none"> • The measuring device needed to be mounted onto the bus (or below the bus) • The measuring tire was wearing out quickly • The system needed frequent maintenance • Wide dispersion of friction values • On snowy roads unexpected friction values were generated
Halliday RT3 GripTester	<p>Sweden (has been tested for two winters)</p> <p>Japan (just finished two-year test)</p> <p>Ohio (currently in use)</p> <p>Sweden, Japan, and Ohio will likely start using the website feature of the RT3 system so that drivers can get real time road surface conditions.</p>	0-100	<ul style="list-style-type: none"> • Provides more detail than other devices (according to Halliday, up to 8 times the resolution of other devices) • Is a useful tool for adjusting the amount of maintenance treatment • Device gives accurate readings and is durable • In addition, the tires, which are normally tires of a regular commercial passenger vehicle, do not wear out as quickly as the angle is quite small, usually at approximately 1.5 degrees. 	<ul style="list-style-type: none"> • It does not measure around sharp curves as it was designed to measure along a straight line • Periodic routine maintenance is needed

Taulukko 5. Eri maiden tieviranomaisten arvioita eri kitkanmittauslaitteista (Zein 2009)

DEVICE	EXTENT OF USE	SCALE	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
Sideways-force Coefficient Routine Investigatory Machine (SCRIM)	United Kingdom (routinely used for monitoring road friction values over the summer months, has been in use since the 1970's)	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency 	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency
Fixed Slip Devices				
Pon-Cat Traction Watcher One (TWO)	Finland <ul style="list-style-type: none"> Used in regular maintenance quality control in FinnRA Norway (an approved device)	0 (low) to 1.0 (high)	<ul style="list-style-type: none"> Quite reliable friction values It is combined with GPS equipment and good data storage Measuring can be done without braking 	<ul style="list-style-type: none"> Not usable for high friction values over 0.5 as the tires wear out and the device can be damaged if there are long intervals of high friction measurements
ASFT T2Go	Norway (an approved device)	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> Small, portable, hand pushed Displays mean μ value/BPN/SRT per every desired distance length Compatible with GPS and PDA 	<ul style="list-style-type: none"> Hand pushed (not suitable for large regional areas) Does not work below -25°C
ViaFriction	Norway (an approved device)	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> Small dimensions Measurements can be done at typical traffic speed (80 km/h) Uses an electric brake 	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency
GripTester	United Kingdom (has been in use since the 1980's)	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency 	<ul style="list-style-type: none"> None provided by agency
Pavement Friction Tester	United Kingdom (used for testing of anti icing treatments in 2007)	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> Allows tests to be carried out at higher slip speeds Tests can be carried out on a dry surface 	<ul style="list-style-type: none"> Does not test continuously

Taulukko 6. Eri maiden tieviranomaisen arvioita eri kitkanmittauslaitteista (Zein 2009)

DEVICE	EXTENT OF USE	SCALE	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
Fixed/Variable slip devices:				
Norsemeter RoAR Mark I and II	Iowa (Tested in late 1990s as part of the Concept Highway Maintenance Vehicle project)	0 (low) -1 (high)	<ul style="list-style-type: none"> Under uniform conditions it provides very detailed and representative characterization of friction over a range of wheel slip speeds that can be used to estimate snow cover conditions accurately Each sample takes approximately 2 to 3 seconds of travel 	<ul style="list-style-type: none"> Mechanically complex device requires skilled maintenance Under non-uniform snow conditions, within the tire footprint it gives a reading that may be biased ROAR device was not designed for application in the harsh snow and ice removal environment
Norsemeter RoAR Mill, OSCAR	Norway (approved devices used for calibration of other devices)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Information provided in Norwegian language only</i> 		
Norsemeter SALTAR	Iowa (Tested in late 1990s and early 2000s in a concept vehicle, as part of the Concept Highway Maintenance Vehicle project)	None provided by agency	<ul style="list-style-type: none"> It is a smaller unit than ROAR so it did not interfere with the underbody blade as the ROAR It is a more robust unit than ROAR It employs a simplified electronic system 	<ul style="list-style-type: none"> The tests showed that the SALTAR might be temperature sensitive
Other devices:				
Vaisala DSC111	Finland (currently being tested for winter conditions) Germany (was tested)	0 (low) to 1.0 (high)	<ul style="list-style-type: none"> It gives physically right friction values (scale is right) Usable on stand alone and also for floating car measurements Easy to install by the road side 	<ul style="list-style-type: none"> Variation in the friction values During white snow circumstances, it gives friction values that are too low Variation in repeatability

Liik
enne
virasto

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-642-4

www.liikennevirasto.fi