

Ilmatieteen laitos

Selvitys pääkaupunkiseudun talvikauden sää- ja kelioloista

Ilkka Juga

13.2.2013

1. Johdanto

Talviajan tieliikenteen sujuvuus ja turvallisuus on suuresti riippuvainen vallitsevista sää- ja keliolosuhteista. Tampereen Teknillisen Yliopiston toteuttamassa tutkimuksessa (Salli et al., 2008) havaittiin, että onnettomuusriski (henkilövahingot) on nelinkertainen lumisella ja jäisellä tienpinnalla kuivaan tienpintaan verrattuna. Lisäksi kuljettajat arvioivat kelin usein vähemmän liukkaaksi kuin se todellisuudessa on, ja onnettomuusriskiä lisäävät myös huonokuntoiset renkaat, etenkin ääriolosuhteissa. Renkaat ovatkin olleet eräänä onnettomuuteen johtavista tekijöistä 38 prosentissa lumisella ja jäisellä kelillä sattuneista onnettomuuksista (Autonrengasliitto, 2007). Onnettomuustutkinnassa havaitut rengasriskit liittyivät valtaosin joko huonokuntoisiin renkaisiin (44 %), sopimattomaan rengastukseen (34 %) tai väärin rengaspaineisiin (15 %).

Talven sääolot vaihtelevat suuresti, samoin onnettomuuksien kasaumapäivien määrä.

Onnettomuuksien kasaumapäivänä liikenneonnettomuuksia sattuu vähintään kaksinkertainen määrä talven päiväkohtaiseen keskiarvoon verrattuna. Tällaisten päivien määrä vaihteli 10 talven aikana (1997/1998 – 2006/2007) välillä 3-11 (Sihvola et al., 2008). Usein onnettomuussumat muodostuvat lumisateen ja alhaisen lämpötilan vallitessa, jolloin sekä tienpinnan pito (kitka) että näkyvyys heikkenevät samanaikaisesti. Liikennevirasto havainnoi reaaliaikaisesti tienpinnan kitkakerrointa mm. tiesääasemille sijoitetuilla optisilla DSC111-antureilla. Kitkakerroin vaihtelee välillä 0.1 (jäinen tie) – 0.8 (kuiva asfaltti). Tienpinnan ja renkaan välisellä kitkalla on merkittävä vaikutus jarrutusmatkoihin. Jos ajoneuvon nopeus on 100 km/h ja kitkakerroin putoaa arvosta 0.8 (kuiva tie) arvoon 0.2 (ohuen jääkalvon peittämä tie), jarrutusmatka voi kasvaa jopa nelinkertaiseksi, 50 metristä 200 metriin (Haavasoja ja Pilli-Sihvola, 2010). Huonolla ajokelillä kitkakerroin on alle 0.3 ja erittäin huonolla ajokelillä alle 0.15. Nämä kitkakertoimen rajat ovat yksi tärkeä kriteeri Ilmatieteen laitoksen ylläpitämässä Liikennesää varoituspalvelussa.

Tässä työssä on koottu yhteen pääkaupunkiseudun sää- ja keliolosuhteita kuvaavaa tilasto- ja tutkimusmateriaalia. Työssä on hyödynnetty mm. muutaman edustavan sääaseman (Helsinki Kaisaniemen ja Helsinki-Vantaan lentoaseman) lämpötila- ja sadehavaintoja ja jakaumia, Liikennevakuutuskeskuksen onnettomuustietoa ja Liikenneviraston tiesää- ja kitkahavaintoja Jakomäen ja Pirkkolan tiesääasemilta. Selvitystyö on tehty osana NASTA-tutkimusohjelmaa.

2. Talven sää- ja kelioloista pääkaupunkiseudulla

2.1. Keskimääräiset sääolosuhteet pohjautuen vuosien 1981–2010 tilastoon

Suomessa talviajan säiden vaihtelu on suurta ja ensimmäisten talvisten olosuhteiden ajankohta voi Etelä-Suomessa olla hyvinkin erilainen eri syksyinä. Pitkäaikaisen keskiarvon mukaan marraskuun keskilämpötila on vielä vähän nollan yläpuolella pääkaupunkiseudulla (Taulukko 1). Varsinaisten talvikuukausien, jouluihelmikuun, keskilämpötila on Helsingin keskustassa (Kaisaniemi) -3.5 ja hieman kauempana sisämaassa (Helsinki-Vantaan lentoasema) -4.6 astetta. Tämä ero johtuu pääosin meren lämmittävstä vaikutuksesta etenkin alkutalvella, myös tiiviimmällä kaupunkirakenteella on lämpötiloja kohottava vaikutus. Vuorokauden keskimääräinen

maksimilämpötila onkin joulukuussa Kaisaniemessä vielä hieman plussan puolella, Vantaalla jo hieman pakkasella. Joissain säätilanteissa tämä ilmenee siten, että Helsingin keskusta-alueella sataa vettä tai räntää, sisämaan puolella lunta. Taulukosta 1 nähdään myös, että keskimäärin vuorokauden minimilämpötila on marraskuussa jo hieman pakkasen puolella ja märät tienpinnat voivat jäätyä yöaikaan. Mustan jään tilanteet ovatkin syksyllä merkittävä liikennetiski, jota tehokkaalla teiden kunnossapidolla säähavaintoja ja ennusteita hyödyntäen toki pienennetään. Musta jää on ohut läpinäkyvä jääkerros tienpinnalla. Sitä on vaikea havaita, koska asfaltti näkyy siitä läpi, toisaalta tienpinta saattaa näyttää erehdyttävästi märältä vaikka onkin ohuen jääkalvon peittämä. Maaliskuussa vuorokauden maksimilämpötila on keskimäärin jo vähän plussan puolella, mutta vuorokauden minimi ja kuukauden keskilämpötila on vielä pakkasella. Tällöin sulamisvedet tyypillisesti jäätyvät yöllä. Varsinainen kevät pääsee keskimäärin vauhtiin vasta huhtikuussa.

Keskimääräisistä sademääristä näkyy, että syyskuukaudet ovat selvästi sateisempia kuin talvikuukaudet, loka- ja marraskuussa sademäärä on kaksinkertainen helmi-huhtikuun kuukausisademääriin verrattuna. Syksyllä Etelä-Suomeen saapuva ilmamassa on usein leuto ja sen kosteussisältö on suuri, lisäksi meriveden lämpötila on selvästi plussalla; sade tulee usein vetenä. Talvella sateen tullessa lumena voi sademäärien havainnointiin sisältyä virhettä etenkin voimakkaan tuulen vallitessa. Tällöin satava lumi ei välttämättä kerry tasaisesti mittausastiaan. Tutkahavainnoilla pyritään parantamaan sademittausten luotettavuutta. Alkutilvella tuulen suunnalla on suuri merkitys sateen olomuotoon. Lounaistuuli tuo usein lauhaa merellistä ilmaa Itämereltä, jolloin sade tulee vetenä tai räntänä. Itä- ja kaakkoistuulet puolestaan tuovat usein mantereista kylmempää ilmaa, joka avoimen Suomenlahden vesipinnan ylitettyään voi saada aikaan runsaitakin lumisateita Uudenmaan rannikkoalueelle, kuten esimerkiksi joulukuussa 2012 havaittiin.

Taulukko 1. Eri kuukausien (loka-huhtikuu) lämpötilojen ja sademäärien "normaaliarvot" (keskiarvo 30 v jaksolta, 1981 - 2010) Helsingin Kaisaniemessä ja Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Lyhenteiden selitykset: T_max = keskimääräinen vuorokauden ylin lämpötila, T = keskilämpötila, T_min = keskimääräinen vuorokauden alin lämpötila ja R = keskimääräinen sademäärä. Talvikuukausien eli joulukuun-helmikuun keskilämpötila on Kaisaniemessä -3.5 ja Helsinki-Vantaalla -4.6 astetta ja sademäärä vastaavasti Kaisaniemessä 146 ja Helsinki-Vantaalla 149 mm.

Kuukausi	Helsinki Kaisaniemi							Helsinki-Vantaan lentoasema						
	10	11	12	1	2	3	4	10	11	12	1	2	3	4
T_max	9,0	3.7	0.5	-1.3	-1.9	1.6	7.6	8.6	2.6	-0.7	-2.4	-2.7	1.5	8.7
T	6.6	1.6	-2.0	-3.9	-4.7	-1.3	3.9	5.6	0.4	-3.2	-5.0	-5.7	-1.9	4.1
T_min	4.3	-0.6	-4.5	-6.5	-7.4	-4.1	0.8	2.7	-2.1	-6.0	-8.1	-8.9	-5.4	-0.2
R	76	70	58	52	36	38	32	82	73	58	54	37	37	32

2.2. Talvisäiden vaihtelu, talvet 2002/03 - 2011/12

Viimeisen kymmenen vuoden aikana talvisää on vaihdellut erittäin paljon. Erityisen lauha talvi koettiin 2007/2008, jolloin jouluihelmikuun keskilämpötila oli Helsingin Kaisaniemessä +1.4 astetta (Taulukko 2). Tällöin myös lokakuusta huhtikuuhun ulottuvalla jaksolla jokaisen kuukauden keskilämpötila oli plussan puolella, ja sellaisia päiviä, joiden keskilämpötila oli pakkasen puolella, oli vain 48. Kylmiä talvia puolestaan olivat perättäiset talvet 2009/2010 ja 2010/2011, jolloin jouluihelmikuun keskilämpötila oli molempina talvina lähes sama, eli -7.4 ja -7.3 astetta. Kylmä talvi, -6.9 astetta, oli myös 2002/2003. Tuolloin myös syksy 2002 oli kylmä ja lokakuusta huhtikuuhun ulottuvalla jaksolla oli peräti 130 vuorokautta, joiden keskilämpötila oli pakkasen puolella.

Yksittäiset kuukaudet voivat olla hyvinkin erilaisia eri vuosina. Esimerkiksi Maaliskuut 2005 ja 2006 olivat hyvin talvisia keskilämpötilojen ollessa Helsingissä -5.0 ja -5.4 astetta (Taulukko 2). Pääkaupunkiseudulla sattui paha kolarisuma 17.3.2005, jolloin pitkän kylmän ja poutaisen jakson jälkeen saapunut lumisade huononsi nopeasti kelin aamuruuhkan aikaan. Maaliskuu 2007 puolestaan oli hyvin leuto, keskilämpötila oli +3.1, vuorokauden keskimääräinen maksimi +6.6 astetta ja vuorokauden keskimääräinen minimikin hieman plussan puolella. Peräkkäiset joulukuut 2010 ja 2011 olivat täysin erilaisia. Joulukuussa 2010 keskilämpötila oli -7.5 astetta, sademäärä 87 millimetriä ja sateen tullessa pääosin lumena sitä kertyi kinoksiksi asti. Sen sijaan joulukuun 2011 keskilämpötila oli +3.4 astetta ja sademäärä peräti 121 millimetriä, mutta sateen tullessa enimmäkseen vetenä maa oli paljas lähes koko kuukauden ja talvi pääsi alkamaan vasta tammikuussa 2012.

Taulukosta 2 nähdään, että talvikauden sademäärä vaihtelee paljon, jouluihelmikuun sadesumma oli 272 millimetriä talvella 2011/2012, mutta talvina 2002/2003 ja 2005/2006 vain 69 mm. Sateen pääasiallinen olomuoto luonnollisesti vaikuttaa paljon siihen, miten vaikea talvi on tieliikenteen kannalta. Taulukkoon 2 on koottu tietoa sellaisien päivien lukumääristä, jolloin vuorokauden keskilämpötila on ollut alle nollan, ja lisäksi myös sellaisten päivien lukumäärät, jolloin em. ehdon lisäksi satoi ainakin vähän, ja vielä erikseen runsassateiset päivät. Vuorokauden keskilämpötilan ollessa alle nollan sade tulee pääosin lumena, tai vaikka sataisikin ajoittain vettä tai räntää lämpötilan vaihdeltaessa, vesi tai loska pyrkii jäätyämään jossain vaiheessa vuorokautta ja ainakin on riski sille, että kitka olisi paikoin tai ajoittain alhainen. Nähdään, että tällaisten "lumisadepäivien" (sademäärä $R \geq 0.3$ mm) lukumäärä talvikaudella Helsingin keskustassa on vaihdellut välillä 18 – 47. Erityisen hankalien runsassateisten päivien ($R \geq 5$ mm) määrä on vaihdellut välillä 2 (2006/2007) – 15 (2010/2011), kymmenen vuoden keskiarvon ollessa noin 7 päivää talvikaudessa. Kun vuorokauden keskilämpötila on alle nollan ja sademäärä ylittää 5 mm, vastaa tämä vähintään viiden sentin lumikertymää (sateen tullessa kokonaan lumena). Nämä tilanteet ovat onnettomuusalttiita ja kunnossapidolle haasteellisia. Kauempana sisämaassa tällaisia runsaslumisia päiviä voi olla enemmän, koska maaston kohoaminen kohti Lohjanharjua vaikuttaa sademääriä lisäävästi ja lämpötilakin on keskimäärin vähän alempi kuin rannikolla.

Ensilumen (vähintään 1 cm lunta) ajankohta vaihtelee suuresti vuodesta toiseen (Taulukko 2).

Helsingin Kaisaniemessä ensilumi saatiin syksyllä 2003 jo lokakuun 25 päivänä, mutta talvikaudella 2011/2012 maa oli valkoisena ensimmäisen kerran vasta 3. tammikuuta 2012! Tyypillisin ensilumen ajankohta osuu marraskuulle. Sisämaan puolella ensilumi saattaa tulla useita viikkoja aikaisemmin kuin Helsingin keskustassa.

Vaikka vaihtelu talvien 2002/03 – 2011/12 aikana on ollut suurta ja viime talvet ovat olleet melko kylmiä ja lumisia, ei tämä kymmenen talven jakso eroa juurikaan kolmenkymmenen vuoden ”normaalijaksosta”; eli Taulukossa 2 esitetyistä Helsingin jouluihelmikuun keskilämpötiloista (T_{JTH}) tulee 10 talven keskiarvoksi -3.5 °C eli sama kuin koko 30 vuoden keskiarvo vuosilta 1981-2010 (Taulukon 1 pohjalta). Keskimääräinen talvisademäärä R_{JTH} kymmenen talven aikana oli 156 mm, vähän suurempi kuin koko 30 vuoden jaksolla (146 mm). Tätä edeltävän 30 talvea käsittävän ”normaalijakson” 1971–2000 keskiarvot Kaisaniemessä olivat $T_{JTH} = -3.8$ ja $R_{JTH} = 141$ mm, joten siihen nähden lämpötila on hieman kohonnut ja sademäärä jonkin verran kasvanut.

Taulukko 2. Helsingin Kaisaniemessä tehtyihin säähavaintoihin pohjautuva tilasto talvikausilta 2002/2003 – 2011/2012. Kunkin talven kohdalla on loka – huhtikuulta (kuukaudet 10 – 4) keskimääräinen vuorokauden ylin lämpötila, keskilämpötila, keskimääräinen vuorokauden alin lämpötila sekä kuukauden sademäärä. Lisäksi on niiden päivien lukumäärä, jolloin vuorokauden keskilämpötila T oli alle nollan ($T < 0$), sekä tuohon ehtoon yhdistettynä ne päivät, jolloin satoi ainakin vähän ($T < 0$, sademäärä $R \geq 0.3$ mm) ja runsaasti ($T < 0$, $R \geq 5$ mm), lukumäärä erikseen syys- ja kevätpuoliskolle sekä summattuna koko talvelle. Taulukon oikeassa reunassa on Joulu-helmikuun keskilämpötila (T_{JTH}) ja sademäärä (R_{JTH}) sekä ensilumen ajankohta.

Kuukausi Talvi	10	11	12	1	2	3	4	Päiviä, jolloin			T_{JTH}	R_{JTH}	Ensi lumi
							$T < 0$ $R \geq 0.3$	$T < 0$ $R \geq 5$	$T < 0$				
2002/03	4.5 1.5 -1.0 32.5	0.2 -1.9 -4.1 63.0	-4.2 -7.1 -9.2 11.4	-5.0 -8.6 -12.0 45.8	-1.7 -5.1 -7.9 11.8	2.6 -1.2 -4.3 8.7	6.1 2.4 -0.8 30.6	57+73 = 130	16+21 = 37	1+5 = 6	-6.9	69	2.11.2002
2003/04	7.1 4.4 1.8 62.2	5.4 3.7 2.2 59.7	3.0 0.2 -2.8 79.5	-3.0 -5.7 -8.3 45.6	-0.9 -4.0 -6.9 41.9	3.2 -0.5 -4.1 48.3	9.2 4.9 0.4 5.7	24+72 = 96	11+34 = 45	4+5 = 9	-3.2	167	25.10.2003
2004/05	9.5 6.8 4.3 62.6	3.8 1.1 -2.1 90.8	3.5 1.1 -1.8 71.8	2.0 -0.1 -2.3 90.8	-1.8 -4.4 -6.8 17.5	-0.8 -5.0 -9.6 7.2	8.6 4.5 0.7 9.8	23+59 = 82	11+20 = 31	5+2 = 7	-1.1	180	18.11.2004
2005/06	11.1 8.3 5.6 34.9	6.4 4.6 2.7 72.6	0.0 -2.2 -4.3 26.3	-1.3 -3.6 -6.0 19.8	-5.1 -7.9 -10.9 22.7	-1.5 -5.4 -9.1 43.9	6.9 3.6 0.8 37.7	28+76 = 104	11+29 = 40	2+3 = 5	-4.7	69	26.11.2005
2006/07	11.1 8.5 6.2 183.6	4.6 2.7 0.7 61.3	5.6 4.0 2.1 54.9	1.7 -1.1 -4.0 89.3	-4.5 -7.9 -11.0 15.5	6.6 3.1 0.3 38.0	10.1 5.5 1.8 33.9	14+40 = 54	4+14 = 18	1+1 = 2	-1.7	160	2.11.2006
2007/08	9.9 7.3 4.9 48.4	3.5 1.2 -0.8 63.9	3.9 2.4 0.8 85.7	2.0 0.6 -0.9 68.0	3.0 1.1 -0.8 56.1	2.6 0.2 -1.7 55.5	9.9 6.1 2.7 45.2	18+30 = 48	5+14 = 19	1+4 = 5	1.4	210	14.11.2007
2008/09	11.3 9.3 7.3 134.5	5.6 3.7 1.6 91.0	2.8 1.3 -0.1 61.5	-0.3 -2.8 -5.1 33.4	-1.6 -3.6 -5.5 26.9	1.4 -0.9 -3.3 33.8	8.4 4.5 1.3 6.5	13+63 = 76	5+22 = 27	2+6 = 8	-1.7	122	24.11.2008
2009/10	7.1 4.2 1.6 89.8	5.0 3.6 2.1 85.5	-1.2 -3.6 -6.2 51.4	-7.4 -10.4 -13.4 30.4	-5.6 -8.1 -11.0 45.4	1.2 -1.8 -5.0 53.8	8.2 4.6 1.4 42.4	26+75 = 101	13+34 = 47	3+5 = 8	-7.4	127	14.12.2009
2010/11	8.5 6.0 3.4 28.8	1.5 -0.5 -2.3 89.1	-4.7 -7.5 -10.6 87.0	-1.9 -4.4 -7.3 69.9	-6.4 -9.9 -12.9 24.0	1.9 -1.0 -3.8 15.3	9.0 5.6 2.1 29.0	44+71 = 115	22+24 = 46	10+5 = 15	-7.3	181	18.11.2010
2011/12	11.0 8.5 6.1 68.5	7.6 5.3 3.2 26.6	5.0 3.4 1.4 120.8	-1.0 -3.4 -5.6 90.2	-4.1 -6.8 -9.8 61.0	3.7 0.8 -1.9 36.1	7.2 4.1 1.2 55.2	2+63 = 65	0+35 = 35	0+8 = 8	-2.3	272	3.1.2012

3. Talvisään (etenkin lumisateen ja alhaisen lämpötilan) vaikutus onnettomuusmääriin

Tienpinta voi muuttua liukkaaksi kosteuden jäätyessä siihen, kun lämpötila laskee pakkasen puolelle. Pääteillä tienpinnan jäätyminen useimmiten pystytään ehkäisemään oikein ajoitetulla suolauksella, hyödyntämällä sääennuste- ja havaintotietoa. Lumisade pitkään jatkuessaan sen sijaan huonontaa tehokkaasti pitoa tienpinnalla. Etenkin alhaisissa lämpötiloissa liikenne voi kiillottaa lumen jäiseksi kalvoksi tien pintaan, jolloin onnettomuusmäärät kasvavat.

Alhaisen lämpötilan ja lumisateen vaikutusta onnettomuusmääriin voidaan tarkastella edustavia säähavaintoja ja onnettomuustilastoja hyödyntäen. Tässä selvityksessä on käytetty (Länsi-) Uudenmaan liikenneonnettomuusmääriä vuodelta 2008 (tammi-maaliskuu ja marras-joulukuu, lähde Liikennevakuutuskeskus) sekä säähavaintoja Helsinki-Kaisaniemen, Helsinki-Vantaan ja Lohjan havaintoasemilta. Näiltä asemilta on saatavissa vuorokauden sademäärähavainnot aikaväliltä 20-20 paikallista aikaa, mikä on käyttökelpoisempi jakso kuin normaalisti sademäärämittauksissa käytetty aikaväli 08-08, koska tätä jälkimmäistä aikajaksoa käytettäessä osa sateesta voi tulla seuraavan vuorokauden puolella eikä sillä ole yhteyttä jo sattuneisiin onnettomuuksiin. Sen sijaan sademittaus aikajaksolta klo 20–20 mittaa sademäärää ”etupainotteisesti”, eli myöhään edellisiltana ja yöllä tullut sade vaikuttaa aamun liikenteeseen, ja toisaalta sadejakso jatkuu iltaan saakka kattaen suurimman osan ko. vuorokaudesta.

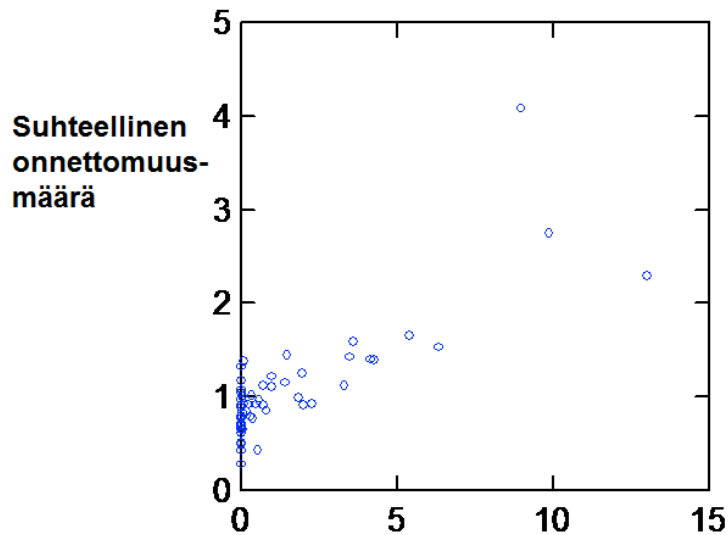
Aluksi Uudenmaan päivittäiset onnettomuusmäärät jaettiin kulloinkin kyseessä olevan viikonpäivän koko aineistosta lasketulla onnettomuuksien keskiarvolla. Näin saatua päivittäistä suhteellista onnettomuusmäärää käyttämällä voitiin eliminoida eri viikonpäivien erilaisten liikennemäärien vaikutus (pienessä aineistossa on kuitenkin mahdollisuus, että yksittäisten tilanteiden vaikutus keskiarvoon korostuu). Kolmen yllämainitun sääaseman vuorokauden keskilämpötiloista ja sademäärästä laskettiin keskiarvo, jota käytettiin edustamaan läntisen Uudenmaan vuorokautisia lämpötila- ja sadeolosuhteita. Tapauksia (päiviä) oli kaikkiaan 152, joista 55 oli sellaisia, jolloin vuorokauden keskilämpötila oli alle 0 °C. Käyttämällä näitä tapauksia voitiin tarkastella alhaisessa lämpötilassa sattuvan sateen vaikutusta keskimääräiseen suhteelliseen onnettomuusmäärään. Taulukossa 3 on esitetty suhteellinen onnettomuusmäärä eri sademäärän kynnsarvoilla. Ensimmäinen rivi pitää sisällään kaikki tapaukset, jolloin $T \leq 0$ °C (pouta sekä sadetilanteet). Seuraavalla rivillä mukana ovat enää tapaukset, joissa on satanut ainakin vähän ($R \geq 0.1$ mm), sitä seuraavalla rivillä tapaukset, joissa on satanut enemmän ($R \geq 1$ mm) jne.. Nähdään, että suhteellinen onnettomuusmäärä kasvaa selvästi (lumi)sateen funktiona, ollen jo yli 1.5 kun mukana ovat vain tapaukset, joissa sademäärä ylittää yhden millin (vastaten vähintään sentin lumikertymää). Hajonta on kuitenkin suurta.

Kuvan 1 hajontakuviassa nähdään kaikki 55 tapausta; suhteellinen onnettomuusmäärä kasvaa sademäärän funktiona (korrelaatiokerroin $r=0.82$). Samantyyppinen riippuvuus saatiin Kymenlaakson maakunnassa isommalla aineistolla, mutta korrelaatio oli alempi (Juga, 2012). Kuvassa 2 nähdään riippuvuus erikseen materiaali- ja henkilövahingoille; suurilla sademäärillä materiaalivahingot näyttäisivät kasvavan henkilövahinkojen määrää enemmän. Tässä esitetyt tulokset ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia pienestä aineistosta johtuen. Tarkassa analyysissä

jokainen onnettomuus tulisi periaatteessa tutkia erikseen lähimmän (tie)sääaseman havaintoja hyödyntäen.

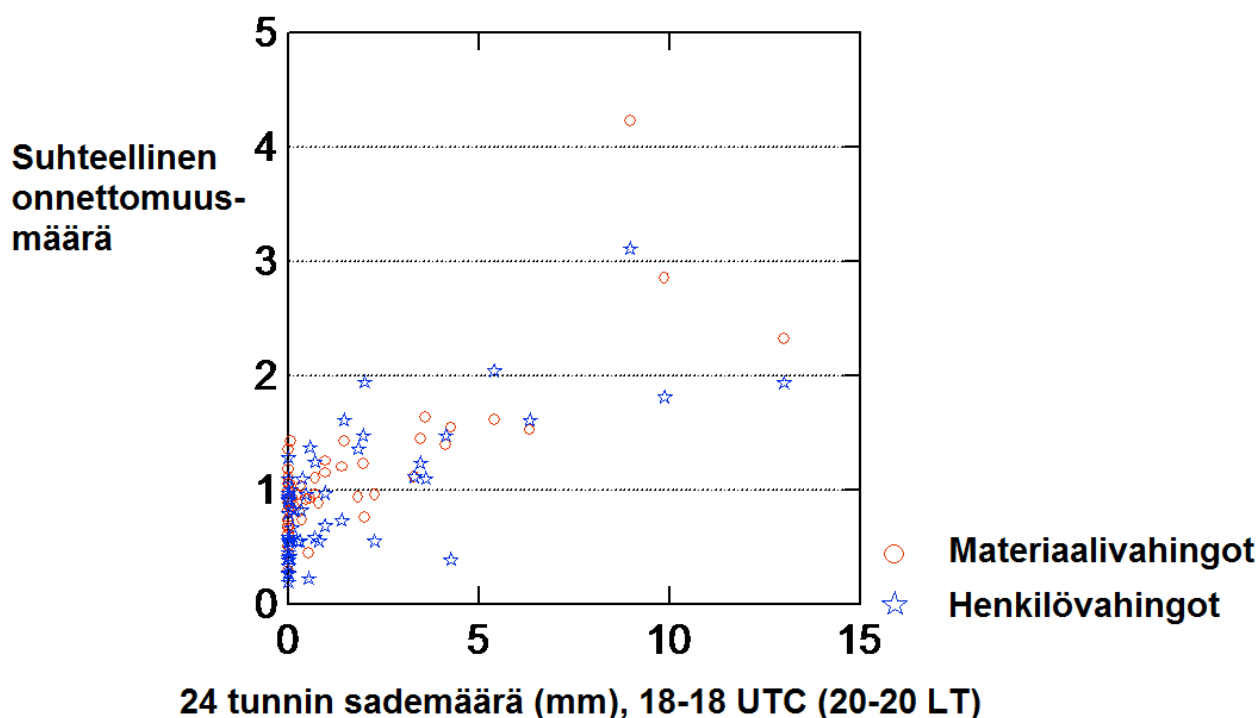
Taulukko 3. Suhteellinen onnettomuusmäärä 24 tunnin sademäärän R eri kynnsarvoilla tilanteissa jolloin vuorokauden keskilämpötila $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ (sade pääosin lunta). Pohjautuu (Länsi-) Uudenmaan sää- ja onnettomuustietoon vuodelta 2008 (Tammi-maaliskuu & Marras-joulukuu)

24h sademäärän 18–18 UTC (20–20 LT) kynns	Tapausten lukumäärä	Keskimääräinen suhteellinen onnettomuusmäärä	Max/min arvo	Keskihajonta
R=0 mm	55	1.07	4.08/ 0.28	0.59
R \geq 0.1 mm	30	1.29	4.08/ 0.43	0.70
R \geq 1 mm	16	1.62	4.08/ 0.91	0.82
R \geq 5 mm	5	2.46	4.08/ 1.53	1.03
R \geq 10 mm	1	2.29	2.29/ 2.29	---



24 tunnin sademäärä (mm), 18-18 UTC (20-20 LT)

Kuva 1. Suhteellinen onnettomuusmäärä 24 tunnin sademäärän funktiona tilanteissa, jolloin vuorokauden keskilämpötila oli alle nollan ($T \leq 0^{\circ}\text{C}$, sade pääosin lunta). Pohjautuu (Länsi-) uudenmaan sää- ja onnettomuustietoon vuodelta 2008 (tammi-maaliskuu & marras-joulukuu). Korrelaatio $r=0.82$.



Kuva 2. Samoin kuin kuva 1, mutta materiaalivahingot ja henkilövahingot eriteltyinä.

4. Huonon ja erittäin huonon ajokelin osuus talven aikana

Ilmatieteen laitos ja Liikennevirasto (aiemmin Tiehallinto) ovat yhteistyössä tuottaneet Liikennesää varoituspalvelua vuodesta 1997 alkaen. Siinä keli luokitellaan maakunnittain normaaliksi, huonoksi tai erittäin huonoksi (Sihvola et al., 2008). Varoitus päivitettiin kevääseen 2003 saakka kolmasti päivässä, tämän jälkeen 4 kertaa/vrk. Tilanteen vaatiessa päivityksiä voidaan tehdä tiheämpäänkin tahtiin. Huonon ajokelin vallitessa voi tulla kohtalaista lumisadetta tai jäätävää tihkua ja näkyvyys on heikentynyt. Erittäin huonon ajokelin aikana lunta voi sataa niin sakeasti, ettei sitä kaikkea ehditä auraamaan edes pääteiltä. Lisäksi tuuli voi olla voimakasta ja pölyävä lumi heikentää merkittävästi näkyvyyttä. Kitkaan pohjautuvat rajat huonolle / erittäin huonolle kelille ovat 0.3 ja 0.15.

Taulukossa 4 on esitetty kahdeksan talvikauden ajalta niiden päivien lukumäärä, jolloin Liikennesää varoituspalvelussa on ollut normaali keli, tai varoitus huonosta tai erittäin huonosta kelistä. Vaihtelu eri talvien kesken on suurta, esimerkiksi lauhan joulukuun 2007 aikana keli oli normaali 24 päivän aikana, joulukuussa 2003 sen sijaan normaali keli vallitsi vain 10 päivänä ja huonosta tai erittäin huonosta kelistä varoitettiin 21 päivänä. Taulukon 4 alimmalta riviltä nähdään, että eniten varoituksia on annettu keskimäärin tammikuussa, jolloin varoitus on ollut

voimassa ainakin yhdessä ennusteessa useammin kuin joka toinen päivä (19/31). Ehkä yllättävää on, että marraskuussa on varoitettu yhtä tiuhaan kuin joulukuussa; tämä selittyy osittain sillä, että ensimmäisistä liukkaista varoitetaan hanakammin, koska syksyiset mustan jään tilanteet ovat petollisia. Huhtikuussa kevät on usein jo pitkällä ja Uudellamaalla huonoista ajo-olosuhteista tarvitsee varoittaa keskimäärin vain muutamana päivänä.

Taulukko 4. Niiden päivien lukumäärä, jolloin Liikennesää varoituspalvelussa on Uudenmaan maakunnassa ollut normaali keli (N), tai ainakin yhdessä päivän aikana laaditussa tiedotteessa joko huonon (H), tai erittäin huonon (EH) ajokelin varoitus. Tiedot ovat talvilta 2000/01 – 2007/08.

	Lokakuu			Marraskuu			Joulukuu			Tammikuu			Helmikuu			Maaliskuu			Huhtikuu		
	N	H	EH	N	H	EH	N	H	EH	N	H	EH	N	H	EH	N	H	EH	N	H	EH
2000/01	29	2	0	28	2	0	23	6	2	15	16	0	12	13	3	19	10	2	27	3	0
2001/02	30	1	0	15	12	3	15	9	7	13	11	7	15	11	2	19	12	0	28	2	0
2002/03	14	13	4	10	18	2	17	13	1	11	15	5	17	11	0	27	4	0	23	5	2
2003/04	22	7	2	20	8	2	10	16	5	13	16	2	8	16	5	19	10	2	27	3	0
2004/05	25	6	0	11	16	3	11	15	5	7	16	8	14	11	3	26	4	1	30	0	0
2005/06	27	2	2	20	5	5	15	11	5	18	8	5	14	12	2	13	11	7	25	4	1
2006/07	26	3	2	20	7	3	22	9	0	7	18	6	18	8	2	20	10	1	27	3	0
2007/08	29	2	0	11	17	2	24	5	2	13	14	4	16	12	1	15	12	4	28	2	0
Ka.	25	5	1	17	11	3	17	11	3	12	14	5	14	12	2	20	9	2	27	3	0

5. Tienpinnan kitka

Kitka on voima, joka vastustaa toisiinsa kontaktissa olevien materiaalien suhteellista liikettä. Tienpinnan kitkakerroin CF kuvaa pitoa renkaiden ja tienpinnan välillä. Se on laaduton luku ja vaihtelee välillä 0 – 1 siten, että mitä pienempi lukema on, sitä huonompi on pito. Kitkakerrointa voidaan mitata mekaanisilla laitteilla, uudemmissa menetelmissä hyödynnetään esimerkiksi hidastuvuusanturia. Tienpinnan tilan optinen havainnointi on myös uudentyypinen tapa määrittää kitkakerroin. Vaisalan optinen DSC111 anturi mittaa optisesti tienpinnalla olevan vesi-, jää- ja lumikerroksen paksuuden ekvivalenttimillimetreinä tarkkuudella 0.01 mm ja antaa mittaustuloksen pohjalta arvion kitkakertoimesta CF (ekvivalenttimillimetri tarkoittaa lumen ja jään vesi-arvoa, eli vesikerroksen paksuutta tien pinnalla, jos lumi/ jää sulaisi). Rinnakkainen

DST111 instrumentti mittaa tienpinnan lämpötilaa. Liikennevirastolla on nykyisin 152 tällaista optista instrumenttia asennettuna tiesääasemien yhteyteen Suomessa (tilanne helmikuussa 2013).

Tässä selvitystyössä on käytetty DSC111 anturilla mitattuja kitkahavaintoja Jakomäen havaintoasemalta talvilta 2007/2008 – 2011/2012. Lisäksi on ollut käytettävissä Pirkkolan tiesääaseman havainnot kahdelta talvelta, 2010/2011 ja 2011/2012. Jakomäen tiesääasema sijaitsee Lahdenväylän varressa, Porvoonväylän liittymän kohdalla. Tämä paikka kuuluu alueeseen, jossa onnettomuusriski on suuri, tilastojen mukaan Helsingin onnettomuusherkin alue on useana vuonna ollut Kehä I:n ja Lahdenväylän liittymän ympäristö (ks. Liikenneonnettomuudet Helsingissä 2009). Jakomäen havaintoaseman tienoilla sattui mittava ketjukolari 3. helmikuuta 2012. Pirkkolan tiesääasema sijaitsee Hämeenlinnanväylän varrella, hieman Kehä I:n eteläpuolella. Molemmat havaintopisteet sijaitsevat päätieosuuksilla, joissa kunnossapitotoimet ovat tehokkaita.

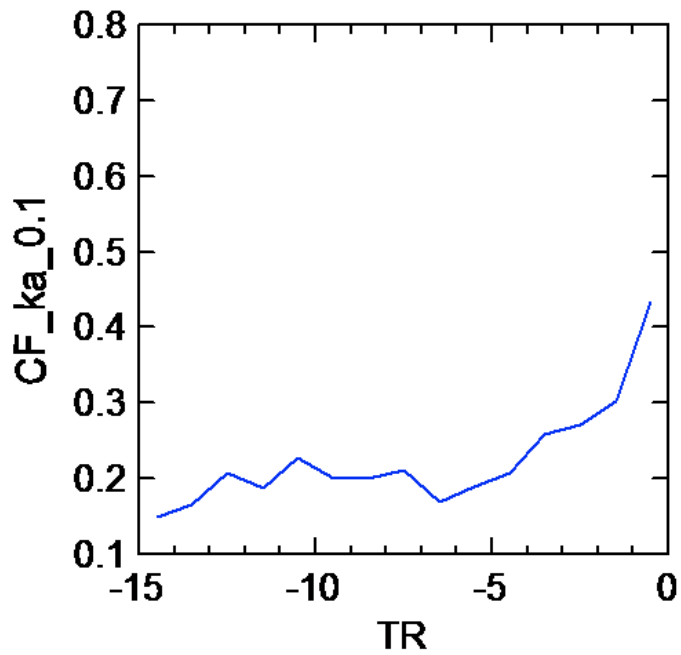
Taulukossa 5 nähdään yhteenveto Jakomäen havainnoista viiden talven osalta, joiden aikana joului-helmikuun havainnoissa keskimääräinen tienpinnan lämpötila TR_ka oli -4.3 astetta, keskimääräinen kitkakerroin CF_ka oli 0.72 ja huonoa pitoa (CF<0.3) esiintyi 7.9 %:ssa havainnoista. Eri talvien kesken oli kuitenkin melkoisia eroja; lauhojen talvien 2007/08 ja 2008/09 aikana alhaisia kitka-arvoja esiintyi vain 1.5 %:ssa havainnoista, sen sijaan näiden jälkeisten kolmen talven aikana alhaista kitkaa esiintyi selvästi enemmän. Talven 2011/2012 tilanne oli sikäli erikoinen, että (kuten aiemmin jo todettiin) joulukuun 2011 oli hyvin lauha keskilämpötilan ollessa Kaisaniemessä +3.4 astetta (ks. Taulukko 2), jolloin liukkaita kelejä ei juuri esiintynyt. Koko kuukauden alin havaittu kitkakertoimen arvo Jakomäessä oli 0.38. Kuitenkin koko talven aikana Jakomäessä alhaista kitkaa oli 16.1 %:ssa tapauksista, joten tammi-helmikuussa 2012 on ollut runsaasti liukkaita kelejä. Tällöin esiintyikin paljon lumisateita lämpötilan ollessa usein selvästi alle nollan, jolloin suolausta ei tyypillisesti käytetä. Etenkin helmikuussa näitä lumisia olosuhteita oli runsaasti; Jakomäen tiesääaseman optinen mittalaite havaitsi tienpinnalla ainakin vähän lunta tai jäätä 45 %:ssa tapauksista ja alhaista kitkaa (CF<0.3) esiintyi 31 %:ssa helmikuun 2012 kaikista havainnoista. Vertailun vuoksi todettakoon, että helmikuussa 2011 alhaista kitkaa esiintyi Jakomäessä vain 6.6 %:ssa tapauksista, vaikka sää oli hyvin kylmää keskilämpötilan ollessa Kaisaniemessä -9.9 astetta (Taulukko 2). Sadetta tuli kuitenkin vain vähän (sademäärä 24 mm, kun se helmikuussa 2012 oli 61 mm), joten Jakomäen tiesääaseman helmikuun 2011 havainnoissa tienpinnalla oli lunta tai jäätä vain 15.5 %:ssa tapauksista. Tämä osaltaan heijastuu myös talvien 2010/11 ja 2011/12 kitka-arvoihin (Taulukko 5).

Kuvasta 3 nähdään tienpinnan lämpötilan vaikutus keskimääräiseen kitkakertoimeen tapauksissa, joissa tienpinnalla Jakomäessä havaittiin lunta ja/ tai jäätä (kerroksen paksuus vähintään 0.1 ekvivalenttimillimetriä; aivan vähäiset lumi-/jäämäärät jätettiin siis tarkastelun ulkopuolelle). Nähdään, että keskimääräinen kitkakerroin on korkein lähellä nollaa (noin 0.4) ja putoaa tasaisesti noin arvoon 0.2 kun lämpötila laskee -7 asteeseen. Vaihtelu yksittäisten tilanteiden välillä on kuitenkin suurta. Teorian mukaan jää on liukkainta (ja kitkakerroin alhaisin) kun lämpötila on 0 °C. Tässä havaittava keskimääräisen kitkakertoimen erilainen riippuvuus lämpötilasta selittynee paljolti suolausten vaikutuksella; suolausta käytetään

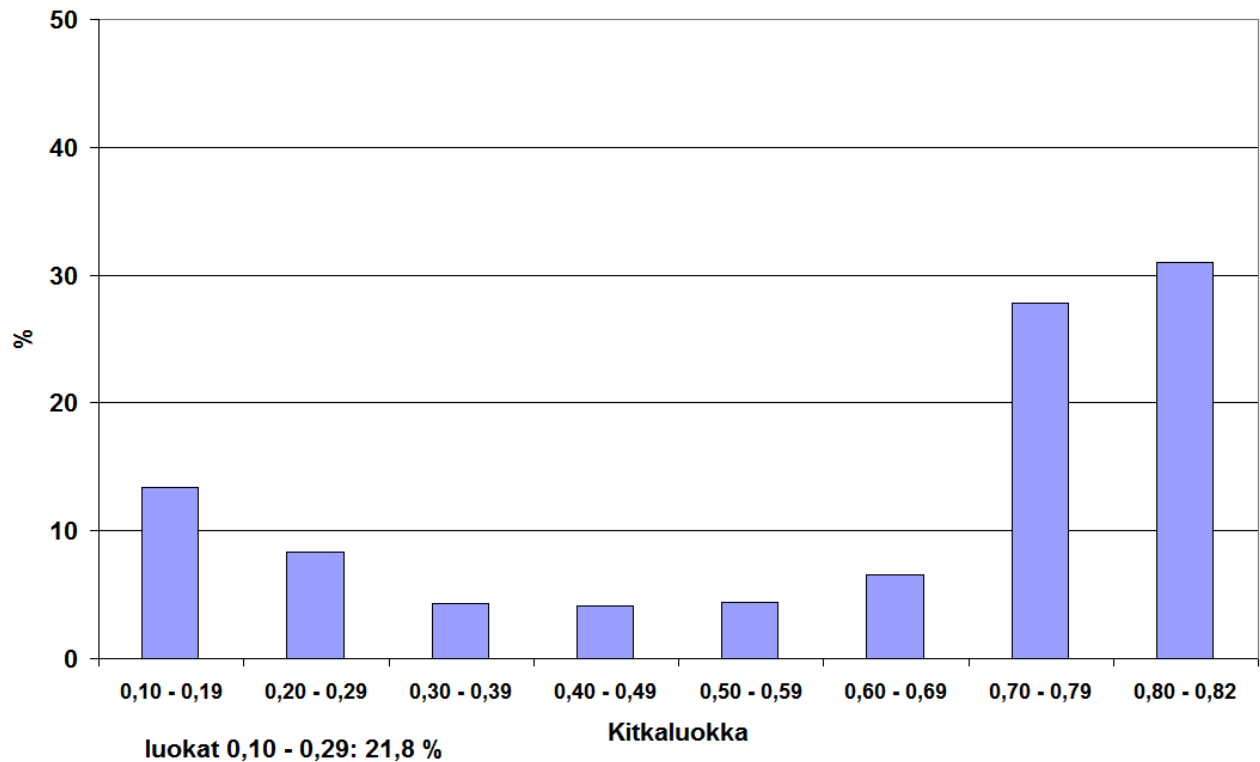
liukkaudentorjunnassa pääteillä etenkin lämpötilavälillä 0...-5 °C, jolloin vähäinenkin suolan määrä voi vaikuttaa lumi-/jääkerroksen kitkakerrointa kohottavasti. Haavasoja ja Pilli-Sihvola (2010) toteavat, että suhteellisen pienen määrän suolaa sisältävä vesikerros voi jopa jäätyä, ja silti sen rakenne on huokoisempaa ja kitkakerroin korkeampi kuin puhtaan jään.

Taulukko 5. Jakomäen tiesääsemalla viiden talven aikana vallinnut keskimääräinen tienpinnan lämpötila (TR_ka), keskimääräinen kitkakerroin (CF_ka) sekä niiden havaintojen prosentuaalinen osuus, jolloin kitkakerroin oli alhainen (CF < 0.3). Mukana tarkastelussa ovat joulu-helmikuun havainnot talvilta 2007/2008 – 2011/2012, kitkakerroin on mitattu optisella DSC111 anturilla (havainnot: Liikennevirasto).

Talvi	TR_ka (°C)	CF_ka	CF < 0.3
2007/2008	0.6	0.79	1.5 %
2008/2009	- 2.7	0.79	1.5 %
2009/2010	- 8.3	0.69	10.4 %
2010/2011	- 8.0	0.70	9.8 %
2011/2012	- 3.2	0.65	16.1 %
5 talvea keskimäärin	- 4.3	0.72	7.9 %



Kuva 3. Keskimääräinen kitkakerroin (CF_ka_0.1) tienpinnan lämpötilan TR funktiona. Keskimääräinen kitkakerroin on laskettu 1 asteen lämpötilaluokittain (0..-1, -1...-2 °C jne.) niiden sisältämien kitkahavaintojen keskiarvoina. Pohjautuu Jakomäen tiesääaseman havaintoihin talvikaudelta 2011/2012 (joulu-helmikuu). Mukana ovat tapaukset, joissa tienpinnalla havaittiin lumi/jääkerroksen paksuudeksi vähintään 0.1 ekvivalenttimillimetriä.



Kuva 4. Pirkkolan tiesääasemalla mitatun kitkakertoimen CF prosentuaalinen jakauma eri luokkiin talvina 2010/2011 ja 2011/2012 (joulukuusta helmikuuhun). Mittaukset on tehty optisella DSC111 mittalaitteella (havainnot: Liikennevirasto).

Kuvassa 4 on esitetty Pirkkolan kitkahavainnoista talvikausilta 2010/2011 ja 2011/2012 saatu prosentuaalinen jakauma kitkaluokittain. Nähdään, että korkeita kitkakertoimen arvoja ($CF \geq 0.7$ eli hyvä pito) havaittiin lähes 60 %:ssa tapauksista. Toisaalta, kitka-asteikon toisessa päässäkin oli melko runsaasti tapauksia, eli pieniä kitkakertoimen arvoja ($CF < 0.3$, huono pito) esiintyi 21,8 %:ssa tapauksista. Eri talville tämä jakautui siten, että talvella 2010/2011 alhaisen kitkan havaintoja oli 25 % ja talvella 2011/2012 18,4 % kaikista havainnoista. Jakomässä vastaavat luvut olivat 9,8 % ja 16,1 %, joten jakauma oli erilainen etenkin talven 2010/2011 osalta.

Taulukossa 6 nähdään Liikenneviraston kitkamittausyhteenveto kolmelta talvikaudelta (2008/09, 2009/10 ja 2010/11). Koko maan kattavat tiedot on koottu ELY-alueittain, mittaukset on tehty hidastuvuuteen perustuvalla mittalaitteella. Havaitaan, että Uudellamaalla alhaisia kitka-arvoja esiintyi vähemmän kuin kauempana sisämaassa, missä talvisää on muutoinkin keskimäärin ankarampi. Uudellemaalle taulukosta saadaan eri talvikausille seuraavat alhaisen kitkakertoimen ($CF < 0.3$) prosentuaaliset osuudet: 2008/09: 6,2 %, 2009/10: 20,3 % ja 2010/11: 16,7 %. Nämä arvot ovat korkeammat kuin Jakomäen tiesääasemalla havaitut (Taulukko 5), osittain tämä voi selittyä erilaisilla mittausmenetelmillä (optinen/hidastuvuuteen perustuva) ja niiden hieman erilaisilla asteikoilla kitkakertoimelle. Taulukossa 7 on esitetty hidastuvuuteen perustuvan menetelmän antamien kitka-arvojen ja kelin vastaavuus sekä menetelmän kalibrointi. Taulukosta nähdään, että kitkakertoimen arvoilla 0,30–0,44 keli on märkä, mutta pitävä. DSC111 mittalaite voi

antaa tällaisia kitkakertoimen arvoja lumellekin (kuten kuvassa 3, kun lämpötila on hieman alle nollan).

Taulukko 6. Kitkakertoimen prosentuaalinen jakauma kolmen talvikauden aikana eri ELY-alueilla vilkasliikenteisillä pääteillä (Is talvihoitoluokka). Kitkamittaukset on tehty hidastuvuuteen perustuvalla mittalaitteella (Eltrip 45 nkc – kitkamittari) talvien 2010/11, 2009/10 ja 2008/09 aikana käsittäen joulun-maaliskuun (lähde: Liikennevirasto, talvihoidon laadunseurannan loppuraportit).

2010/11 Kitkan jakauma (%) hoitoluokassa Is ELY-alueittain.

Alue	< 0.15	0.15-0.19	0.20-0.21	0.22-0.24	0.25-0.27	0.28-0.29	0.30-0.34	≥ 0.35
Uusimaa	0,0	0,1	1,7	4,7	4,8	5,4	9,5	73,8
Varsinais-Suomi	0,0	0,8	1,4	4,2	5,2	3,8	9,9	74,7
Kaakkois-Suomi	0,0	0,3	1,4	4,0	7,7	6,0	12,2	68,4
Pirkanmaa	0,0	0,7	2,2	6,3	10,2	6,2	11,1	63,3
Pohjois-Savo	0,0	0,8	2,3	6,6	9,4	5,0	11,0	64,8
Keski-Suomi	0,0	2,8	3,8	6,7	7,9	5,8	11,5	61,6
Etelä-Pohjanmaa	0,1	6,2	5,6	10,8	10,5	4,6	4,6	57,7
Pohjois-Pohjanmaa	0,2	1,7	2,1	5,7	12,4	10,2	14,2	53,6
Koko maa	0,0	1,7	2,6	6,2	8,3	5,6	10,2	65,3

2009/10 Kitkan jakauma (%) hoitoluokassa Is ELY-alueittain.

Alue	< 0.15	0.15-0.19	0.20-0.21	0.22-0.24	0.25-0.27	0.28-0.29	0.30-0.34	≥ 0.35
Uusimaa	0,1	1,0	1,1	5,2	9,2	3,7	7,5	72,1
Varsinais-Suomi	0,0	0,9	0,7	4,6	7,7	4,1	11,6	70,5
Kaakkois-Suomi	1,3	4,0	2,6	4,2	9,6	3,1	7,5	67,7
Pirkanmaa	0,0	2,2	4,0	10,6	13,0	5,0	12,2	53,0
Pohjois-Savo	0,0	2,1	2,0	8,3	13,8	9,0	21,0	43,9
Keski-Suomi	0,0	2,6	4,1	11,8	11,5	7,2	15,9	46,8
Etelä-Pohjanmaa	0,4	2,6	3,1	8,1	11,3	5,7	5,8	63,0
Pohjois-Pohjanmaa	0,0	1,0	1,7	3,4	11,9	9,0	14,1	59,0
Koko maa	0,2	2,0	2,4	7,3	10,9	5,8	11,9	59,5

2008/09 Kitkan jakauma (%) hoitoluokassa Is ELY-alueittain.

Alue	< 0.15	0.15-0.19	0.20-0.21	0.22-0.24	0.25-0.27	0.28-0.29	0.30-0.34	≥ 0.35
Uusimaa	0,0	0,2	0,4	0,7	2,3	2,6	9,5	84,4
Varsinais-Suomi	0,0	1,1	1,7	3,7	4,2	5,6	12,0	71,7
Kaakkois-Suomi	0,0	0,2	0,4	1,1	1,7	1,9	6,7	88,0
Pirkanmaa	0,0	2,0	1,7	5,1	12,8	7,1	21,5	49,8
Pohjois-Savo	0,0	0,8	2,3	2,4	5,6	6,1	9,4	73,4
Keski-Suomi	0,2	4,7	2,5	4,1	3,8	3,2	5,3	76,2
Etelä-Pohjanmaa	0,0	4,6	3,3	7,7	10,4	5,3	11,7	57,0
Pohjois-Pohjanmaa	0,0	0,3	0,4	5,0	12,8	4,3	11,9	65,3
Koko maa	0,0	1,8	1,7	3,6	6,1	4,5	10,6	71,8

Taulukko 7. Kitka-arvon ja kelin vastaavuus, kun mittaus on tehty hidastuvuuteen perustuvalla mittalaitteella (lähde: Liikennevirasto).

Kitka-arvon ja kelin vastaavuus.

0,00 - 0,14	0,15 - 0,19	0,20 - 0,24	0,25 - 0,29	0,30 - 0,44	0,45 - 1,00
pääkallokeli, märkä jää, erittäin liukas	jäinen liukas	sileä polanne, tyyydyttävä talvikeli	pitävä jää- ja lumipolanne, hyvä talvikeli	paljas ja märkä, pitävä keli	paljas ja kuiva, pitävä keli

Kitkamittarina käytetään hidastuvuuteen perustuvaa mittauslaitetta. Mittausajoneuvona suositellaan ABS-jarruilla varustettua henkilöautoa. Jarrujen ja talvirenkaiden on oltava asianmukaisessa kunnossa.

Kitkamittarit kalibroidaan näyttämään karkealla lumipolanteella heikolla pakkasella (noin -5 °C) kitka-arvoa 0,29.

Ilmatieteen laitos teki lämpötilamittauksia liikkuvasta ajoneuvosta Helsingin katuverkon alueella kevättalvella 2010 ja muutamana päivänä autoon oli kiinnitetty DSC111 / DST111 optiset anturit. Näin olisi mahdollista vertailla ajoneuvosta mitattuja kitka-arvoja päätiellä tehtyihin kitkahavaintoihin. Ajoneuvomittaukset tapahtuivat pääosin Helsingin keskusta-alueella, eikä reitti suoraan sivunnut Jakomäen tiesääasemaa. Esimerkkinä voi kuitenkin vertailla havaintoja 23.2.2010 aamupäivältä. Tällöin Helsingin keskusta-alueella keskimääräinen lämpötila oli parin tunnin jaksolla -8.7 astetta ja keskimääräinen kitkakerroin oli 0.12 (vaihteluväli 0.10–0.82), Jakomäessä keskimääräinen lämpötila puolestaan oli -11.9 astetta ja keskimääräinen kitkakerroin oli 0.67 (vaihteluväli 0.60-0.79). Tuona kylmänä pakkaspäivänä kaduilla oli monin paikoin lunta tai jäätä, mutta Lahdenväylällä Jakomäen kohdalla tien pinta oli DSC111-instrumentin havaintojen mukaan pääosin paljas (ajoittain pinnalla oli hyvin ohuelti lunta). Tämä esimerkki osoittaa, että vaikka päätiellä keli olisi pitävä, kaduilla keli voi olla talvisen liukas.

6. Ilmastonmuutoksen mahdollinen vaikutus tuleviin keleihin

Ilmasto on keskimäärin lämmennyt viimeisten vuosikymmenien aikana ja suuntauksen on ennustettu jatkuvan myös tulevina vuosikymmeninä. Vaikutukset eivät kuitenkaan jakaudu tasaisesti ja vuosittainen vaihtelu säilyy. Ilmaston muutoksen seuraukset liikennesektorille voivat olla sekä positiivisia että negatiivisia. Euroopan komission 7. puiteohjelman rahoittamassa EWENT-projektissa (Extreme Weather impacts on European Networks of Transport) tutkittiin äärisääilmiöiden vaikutuksia Euroopan liikennejärjestelmään (Vajda et al., 2011). Hankkeessa selvitettiin haitallisten ilmiöiden esiintymistodennäköisyyksiä nykyilmastossa ja kartoitettiin yleiskuva muutoksista tulevassa ilmastossa aina vuoteen 2070 asti käyttäen kuuden korkean

erotuskyvyn alueellisen ilmastomallin tuottamia tuloksia. Tutkittavia sääilmiöitä olivat mm. tuuli, lumisade, rankkasateet sekä kylmät ja kuumat jaksot.

Usean ilmastomallin keskiarvot näyttävät selvää lämpenemistä ääriämpötilojen osalta. Sekä alhaiset lämpötilat että lumisateet muuttuisivat harvinaisemmiksi Pohjois-Euroopassa, jossa erittäin kylmiä päiviä saattaa esiintyä 30–40 vuorokautta nykyistä vähemmän 2050-luvulla. Toisaalta runsaiden lumisateiden (yli 10 cm /vrk) ei arvioida harvinaistuvan, niiden määrä voisi päinvastoin olla vähän nykyistä suurempi. Kaiken kaikkiaan, talvikauden kesto siis lyhenisi, mutta vaihtelu olisi suurta ja voimakkaisiin talvimyräköihin pitäisi edelleen liikkenteessä (ja kunnossapidossa) varautua.

7. Johtopäätökset

Tässä selvityksessä on tarkasteltu Uudenmaan ja etenkin pääkaupunkiseudun sää- ja keliolosuhteita maantieliikennettä ajatellen. Säätilastot osoittavat, että vaihtelu vuodesta toiseen on suurta. Tutkitun kymmenen vuoden jaksolla talvisten päivien ($T < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) vuotuinen määrä vaihteli välillä 48 (talvikausi 2007/08) – 130 (2002/03). Turvallisen talviliikenteen toimivuus täytyy siis taata hyvin erilaisissa oloissa. Keskimäärin talvikaudella (loka-huhtikuu) oli 16 päivää, jolloin Liikennesää varoituspalvelussa Uudellamaalla varoitettiin erittäin huonosta ajokelistä (eli n. 2.3 päivänä/kk). Huonosta kelistä varoitettiin keskimäärin 65 päivänä (eli 9.3 päivänä/kk). Varoitus huonosta tai erittäin huonosta ajokelistä on ollut voimassa siis keskimäärin 81 päivänä talvikaudella, eli 38 %:ssa loka-huhtikuun päivistä. Varoitus koskee kuitenkin koko maakuntaa, eli yhdessä pisteessä (esim. Helsinki) huonoja tai erittäin huonoja kelejä ei välttämättä tarvitse olla tuota määrää. Toisaalta, monet liikkuvat pitkin Uuttamaata (ja kauempanakin), joten vaihtuviin keleihin matkan varrella tulee varautua.

Erityisen haastavat olosuhteet ovat kyseessä silloin, kun lunta sataa runsaasti alhaisissa lämpötiloissa ($T < -5\text{ }^{\circ}\text{C}$), jolloin pakkaslumi pölyyää heikentäen näkyvyyttä merkittävästi. Samanaikaisesti tienpinnan kitkakerroin alenee lumisella tai polanteisella pinnalla ja jarrutusmatkat kasvavat. Tämäntyyppisissä olosuhteissa tapahtuivat viime vuosien pahimmat kolarisumat pääkaupunkiseudulla, 17.3.2005 ja 3.2.2012, jolloin satoja ajoneuvoja oli kolareissa osallisina. Vilkas liikenne saattaa myös kiillottaa lumipolanteen jäiseksi kalvoksi. Huonon näkyvyyden vallitessa kitkan rooli korostuu, koska edessä mahdollisesti olevaa estettä ei näe kauempaa ja reaktioaika saattaa jäädä lyhyeksi, jolloin alentuneella kitkalla jarrutusmatka ei ehkä riitäkään. Karkeasti jarrutusmatkoja eri kitkaluokissa voi kuvata siten, että kitkakertoimen alittaessa arvon 0.3 jarrutusmatka on kaksi- ja puolikertainen ja kitkakertoimen alittaessa arvon 0.15 noin viisinkertainen verrattuna kuivalla asfaltilla (kitkakerroin 0.8) tarvittavaan jarrutusmatkaan (Haavasoja ja Pilli-Sihvola, 2010).

Tiesääasemilta saatavat kitkahavainnot osoittavat, että pääteillä pito on hyvä suurimman osan ajasta, etenkin lauhojen talvien aikana. Toisaalta, pieniä kitkakertoimen arvoja ($CF < 0.3$) havaittiin viimeisen parin–kolmen talven aikana 10–20 prosentissa havainnoista ja sivuteillä pito voi olla

heikko useamminkin. Kitkan mittaamiseen käytetyllä menetelmällä voi olla jonkin verran vaikutusta siihen, miten usein alhaista kitkaa havaitaan. Eri kitkamittareiden vertailutesteissä on havaittu, että erot eri menetelmien toimivuudessa ja niiden tuottamissa kitkahavainnoissa voivat olla joissain tapauksissa suuriakin (Malmivuo, 2011). Optisen mittalaitteen osalta havaintoihin saattaa vaikuttaa se, onko anturi kohdennettu mittaamaan olosuhdetta siitä kohtaa, mistä suurin osa ajoneuvoista ajaa (ajouran kohdalta) vai hieman tämän vierestä.

8. Lähteet

- Autonrengasliitto 2007. Henkilö- ja pakettiautojen rengasriskit 2000-luvulla. Autonrengasliitto ry. 16 s, www.autonrengasliitto.fi/index.php?s=file_download&id=70.
- Haavasoja T, Pilli-Sihvola Y. 2010. Friction as a measure of slippery road surfaces. SIRWEC 15th International Road Weather Conference, 5-7 February 2010, Quebec City, <http://www.sirwec.org/Papers/quebec/11.pdf>.
- Juga I. 2012. The effect of snowfall and low temperature on road traffic accident rates in southern Finland. SIRWEC 16th International Road Weather Conference, 23-25 May 2012, Helsinki, http://www.sirwec2012.fi/Extended_Abstracts/011_Juga.pdf.
- Liikenneonnettomuudet Helsingissä 2009. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2011:1. ISSN 0787-9067, http://www.hel2.fi/ksv/julkaisut/los_2011-1.pdf.
- Malmivuo M. 2011. Kitkamittareiden vertailututkimus 2011. Liikennevirasto Helsinki. ISSN 1798-6664 (PDF), ISBN 978-952-255-731-5, http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-48_kitkamittareiden_vertailututkimus_web.pdf.
- Salli R, Lintusaari M, Tiikkaja H, Pöllänen M. 2008. Keliolosuhteet ja henkilöautoliikenteen riskit. Tampereen Teknillinen Yliopisto, Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos, Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät. Tutkimusraportti 68. ISBN 978-952-15-1966-6 (PDF), <http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/keliriskit.pdf>.
- Sihvola N, Rämä P, Juga I. 2008. Liikennesäätiedotuksen toteutuminen ja arviointi 2004–2007 ja yhteenveto 1997–2007. Tiehallinnon selvityksiä 15/2008. ISBN 978-952-221-068-5 (PDF), <http://www.liikennevirasto.fi/julkaisut>.
- Vajda A, Tuomenvirta H, Jokinen P, Luomaranta A, Makkonen L, Tikanmäki M, Groenemeijer P, Saarikivi P, Michaelides S, Papadakis M, Tymvios F, Athanasatos S. 2011. Probabilities of adverse weather affecting transport in Europe: climatology and scenarios up to the 2050s. *Reports 2011:9, Finnish Meteorological Institute*. 85 pp. ISBN 978-951-697-762-4 (PDF).